



รายงาน

การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ ๕ The 5th National Soil and Fertilizer Conference

ขับเคลื่อนนวัตกรรมด้านดินและปุ๋ย ก้าวสู่...เกษตร ๔.๐
Driving Soil and Fertilizer Innovations toward Agriculture 4.0

วันที่ ๑ - ๒ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๐

โรงแรมเซ็นทรา บาย เซ็นทารา ศูนย์ราชการและคอนเวนชันเซ็นเตอร์ แจ้งวัฒนะ
กรุงเทพมหานคร



รายงาน

การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ ๕

The 5th National Soil and Fertilizer Conference

ขับเคลื่อนนวัตกรรมด้านดินและปุ๋ย ก้าวสู่...เกษตร ๔.๐

Driving Soil and Fertilizer Innovations toward Agriculture 4.0

วันที่ ๑ - ๒ สิงหาคม พ.ศ. ๒๕๖๐

โรงแรมเซ็นทารา บาย เซ็นทารา ศูนย์ราชการและคอนเวนชันเซ็นเตอร์ แจ้งวัฒนะ

กรุงเทพมหานคร

คำนำ

กรมพัฒนาที่ดินให้ความสำคัญในการขับเคลื่อน “นโยบายประชารัฐด้านการเกษตร” จึงร่วมกับสมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทยและสมาคมอนุรักษ์ดินและน้ำแห่งประเทศไทย จัดการประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 5 ขึ้น ในหัวข้อ “ขับเคลื่อนนวัตกรรมด้านดินและปุ๋ย ก้าวสู่...เกษตร 4.0” ระหว่างวันที่ 1-2 สิงหาคม พ.ศ. 2560 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย แลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็น และประสบการณ์ การวิจัยในสาขาวิชาการด้านดินและปุ๋ยของนักวิชาการภาครัฐ เอกชน และองค์กรอื่นๆ นอกจากนี้เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการวิจัยการจัดการดินและการใช้ปุ๋ย ที่สอดคล้องกับการเพิ่มความสามารถการผลิตและการแข่งขันของภาคการเกษตรด้วยนวัตกรรม และมีการบริหารจัดการทรัพยากรดินอย่างสมดุลและยั่งยืน รวมถึงเพื่อสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่ที่มีคุณภาพและมีความรอบรู้ทั้งในด้านเทคนิคการวิจัยและการทดลองในระดับที่สูงขึ้น และก่อให้เกิดการใช้ทรัพยากรในเชิงวิชาการร่วมกันอย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนเพื่อให้เกษตรกรและผู้สนใจด้านการเกษตรได้ทราบถึงแนวทางในการจัดการดินและปุ๋ยโดยใช้เทคโนโลยีที่ถูกต้องและเหมาะสม รูปแบบของการประชุมประกอบด้วย การเสวนา การบรรยายจากผู้ทรงคุณวุฒิ การนำเสนอผลงานภาคบรรยายและภาคนิทรรศการเผยแพร่ผลงานของหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐ เอกชน และองค์กรอื่นๆ ทั่วประเทศ

ในการประชุมวิชาการครั้งนี้ มีบทความวิจัยที่นำเสนอในภาคบรรยายและภาคนิทรรศการ รวมทั้งสิ้น 68 เรื่อง ใน 6 สาขา คือ สาขาเคมีดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน และธาตุอาหารพืช สาขาเทคโนโลยีการผลิตและการใช้ปุ๋ย สาขาจุลชีววิทยาและเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน สาขาสีงแวดล้อมและมลพิษทางดิน สาขาฟิสิกส์ดินและการอนุรักษ์ดินและน้ำ และสาขาการสำรวจดิน ข้อสนเทศทางดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยบทความวิจัยทั้งหมดได้ผ่านการตรวจสอบและให้คำแนะนำในการปรับปรุงจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิประจำสาขา

กรมพัฒนาที่ดินในฐานะเจ้าภาพจัดการประชุมทางวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 5 ขอขอบคุณกรรมการจัดการประชุมทุกฝ่าย ผู้ทรงคุณวุฒิทุกหน่วยงาน และบุคลากรภาครัฐและเอกชนที่สนับสนุนช่วยเหลือให้การประชุมครั้งนี้ ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ทุกประการ

นายสุรเดช เตียวตระกูล
อธิบดีกรมพัฒนาที่ดิน

คำนำ

สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย มีความยินดีเป็นอย่างยิ่งในการจัดประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 5 โดยกรมพัฒนาที่ดินเป็นเจ้าภาพหลักในครั้งนี้ ซึ่งมีจุดประสงค์หลักเพื่อเป็นการเปิดโอกาสให้นักวิชาการจาก สถาบันการศึกษา หน่วยงานภาครัฐ ภาคเอกชน และองค์กรอื่นๆ ทั่วประเทศ ใช้เป็นเวทีเผยแพร่ผลงานวิจัย แลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็น และประสบการณ์ในสาขาวิชาด้านดินและปุ๋ย สนับสนุนและส่งเสริมการพัฒนานักวิจัยรุ่นใหม่ที่มีคุณภาพในการนำเสนอผลงานวิจัย รวมทั้งเป็นเวทีการอภิปรายเสวนาทางวิชาการอีกด้วย

ความก้าวหน้าของวิทยาการด้านดินและปุ๋ยนั้นจัดว่าเป็นวิทยาการที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตทางการเกษตรของประเทศ นักวิชาการด้านดินและปุ๋ยที่อยู่ในองค์กรต่างๆ ทั้งในภาครัฐและเอกชน จึงได้มีการศึกษาค้นคว้าและวิจัยกันอย่างกว้างขวางและมีจำนวนมาก สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย เห็นว่าวิทยาการดังกล่าวเป็นศาสตร์ที่มีลักษณะเชิงลึกเฉพาะด้าน เพื่อให้สาระทางวิชาการเหล่านั้นได้เผยแพร่และแลกเปลี่ยนองค์ความรู้กันอย่างเข้มข้นระหว่างนักปฐพีวิทยาและผู้ที่เกี่ยวข้อง จึงได้มีการหารือกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และให้มีการจัดการประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติขึ้น ตั้งแต่ พ.ศ. 2552 เป็นต้นมา โดยกำหนดให้มีการจัดประชุมทุกๆ สองปี และให้หน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องด้านดินและปุ๋ยเป็นเจ้าภาพจัดการประชุมวิชาการดังกล่าว โดยสมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทยจะทำหน้าที่สนับสนุนและการประสานงานความร่วมมือกับองค์กรต่างๆ

สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย ขอขอบพระคุณกรมพัฒนาที่ดิน ผู้ทรงคุณวุฒิจากหน่วยงานภาครัฐ และเอกชน นักวิชาการ และองค์กรและบุคคลที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนการประชุมวิชาการครั้งนี้ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลจากการประชุมครั้งนี้ จะเสริมสร้างความรู้ ความเข้าใจ และความเข้มแข็งทางวิชาการด้านดินและปุ๋ย เพื่อกำหนดแนวทางการขับเคลื่อนนวัตกรรมด้านดินและปุ๋ย สู่เกษตร 4.0 ให้กับประเทศต่อไป

นายพิทยากร ลิ้มทอง

นายกสมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย

คำนำ

ดินเป็นทรัพยากรที่สำคัญต่อภาคการเกษตรของประเทศไทย เนื่องจากเป็นแหล่งผลิตอาหารพืชพลังงานทดแทน และวัตถุดิบอุตสาหกรรมทางการเกษตร ซึ่งมีบทบาทหลักต่อการเสริมสร้างความมั่นคงทางอาหารและภูมิคุ้มกันของประเทศ ปัจจุบันมีการใช้ประโยชน์ทรัพยากรดินอย่างเข้มข้น มีการขยายพื้นที่ผลิตและบุกเบิกพื้นที่ป่าไม้ ส่งผลให้เกิดปัญหาดินเสื่อมโทรมและการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่ถูกต้องเหมาะสมเพิ่มมากขึ้น การจัดการดินและปุ๋ยตามหลักวิชาการที่เหมาะสมสามารถรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทำให้ดินมีศักยภาพการผลิตสูงขึ้นและผลผลิตมีคุณภาพดีขึ้นได้ และยังมีบทบาทสำคัญในการอนุรักษ์ทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมของประเทศ ดังนั้นการวิจัยพัฒนาความรู้และเทคโนโลยีด้านดินและปุ๋ย จึงจำเป็นต้องมีการส่งเสริม สนับสนุน และสร้างความเข้าใจอย่างต่อเนื่องในทุกภาคส่วน

ปัจจุบันสังคมไทยให้ความสนใจเรื่อง “การปฏิรูปภาคการเกษตรของไทย สู่เกษตร 4.0: เกษตรกร มั่งคั่ง ประเทศมั่นคงด้านอาหาร และเกษตรกรรมยั่งยืน” ซึ่งมีความสอดคล้องกับ “โมเดลไทยแลนด์ 4.0” ซึ่งเน้นโครงสร้างเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม เทคโนโลยี ความคิดสร้างสรรค์ และสร้างมูลค่า โดยเพิ่มขีดความสามารถของภาคการเกษตร ด้วยการพัฒนาเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตและลดต้นทุนการผลิตอย่างจริงจัง ขณะเดียวกันก็ส่งเสริมให้เกษตรกรเข้าถึงข้อมูลข่าวสาร แล้วนำความรู้มาใช้ในการบริหารจัดการฟาร์มได้อย่างเหมาะสม หากพิจารณาเฉพาะภาคการผลิตพืช การพัฒนาเทคโนโลยีและสร้างนวัตกรรมด้านดินและปุ๋ย เป็นปัจจัยสำคัญที่จะช่วยให้การผลิตพืชมีประสิทธิภาพอย่างยั่งยืน

ในนามสมาคมอนุรักษ์ดินและน้ำแห่งประเทศไทยขอขอบคุณคณาจารย์ นักวิจัย นักวิชาการ และนักศึกษาที่ได้นำผลงานมานำเสนอ ตลอดจนผู้ที่สนใจเข้าร่วมการประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิหน่วยงานภาครัฐและเอกชน คณะกรรมการ คณะอนุกรรมการ และคณะทำงานจัดการประชุมทุกฝ่ายที่ทำให้การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 5 นี้ ประสบความสำเร็จด้วยดีทุกประการ

นายเข้มแข็ง ยุติธรรมดำรง

นายกสมาคมอนุรักษ์ดินและน้ำแห่งประเทศไทย

สารบัญ

ภาคบรรยาย	หน้า
1 อิทธิพลระยะยาวของการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อการกระจายขนาดของเม็ดดินและอินทรีย์วัตถุในดินที่ปลูกอ้อย <i>ไอลดา จำปาทอง, ปุณณิศา ตระกูลยิ่งเจริญ และกมุท สังขศิลา</i>	1
2 ผลของชนิดและปริมาณผงเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟโรบัสตา <i>สุพิชญา เหลืองธนาวัฒน์, ธงชัย มาลา และศุภชัย อำคา</i>	9
3 การติดตามการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้โดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ <i>วัชรวิทย์ แซ่เต้ และวิทยา ตรีโลเกศ</i>	23
4 การตอบสนองของอ้อยต่อ FGD ยิปซัมในดินที่ขาดแคลน Ca และ S <i>ปริญญ์ สุทธิกุลบุตร, สมชาย องค์กรประเสริฐ, จีราภรณ์ อินทสาร, จักรพงษ์ ไชยวงศ์ และวันวิสาข์ จันทิก้า</i>	34
5 ผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ <i>เกียรติศักดิ์ สนศรี และชัยสิทธิ์ ทองจู</i>	41
6 ผลของการใช้ลิโอนาร์ไดต์และปุ๋ยมูลโคต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตของดอกดาวเรืองและการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินหลังปลูก <i>ภาสินี สืบสวน, ศรัณย์ สืบกระแสน์, ศตวรรษ บัญมี และสุกัญญา แยมประชา</i>	52
7 ผลของการขาดไนโตรเจน โพแทสเซียม และกำมะถัน ต่อการเจริญเติบโตและการดูดตั้งธาตุอาหารในมันสำปะหลัง <i>วรางคณา ธรรมนารถสกุล, นุชรีพร พรานัก, นุกุล ถวิลถึง, วลัยย์ อมรพล, สมฤทัย ต้นเจริญ และสุกัญญา แยมประชา</i>	62
8 ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน <i>ณัฐชัชธร ชัดติยะพุมิเมธ และชุลีมาศ บุญไทย อิวาย</i>	69
9 การประเมินอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินตาคลี <i>พรนภา ขาวมาก, สุชัยญา เจริญแสง, สุภาพร สุภิส และอรรณณิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์</i>	75
10 ผลของการใช้สารชีวภัณฑ์ชนิดกันต่อองค์ประกอบผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105 <i>จิราพร บุตรศรี</i>	83
11 ผลการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวและการใช้ปุ๋ยน้ำสกัดต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวในการทำนาในพื้นที่น้ำฝน <i>ธีรวุฒิ ลาภตระกูล, ศศิธร กุสุวรรณวิจิตร, สุตารัตน์ ตรีเพชรกุล, แสงชัย เอกประทุมชัย และทรงพล คุณศรีสุข</i>	89
12 การจัดการปุ๋ยมันสำปะหลังเฉพาะพื้นที่ในแหล่งปลูกจังหวัดอุทัยธานี <i>สุภาพร สุขโต, สมบัติ บวรพรเมธี, กำพลศักดิ์ สุขโต, สกิด ดวงแก้ว, ปัญญา พุกสุน และนิลุบล ทวีกุล</i>	98
13 ผลของระยะเวลาการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพด <i>ชูเกียรติ พระดาเวซ, ณัฐพล คงดี และวันวิสาข์ ปันศักดิ์</i>	110
14 อัตราส่วนของดินเนื้อละเอียดผสมกับหินฟองน้ำชนิดปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต การสะสมธาตุอาหาร และสมบัติบางประการของดินในการปลูกดาวเรือง <i>จิราภรณ์ การุณ, บังอร อุบล, สันชัย ภูเงิน และศุภชัย อำคา</i>	119
15 การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มา <i>พลฤทธิ์ ทองคลี</i>	126

	หน้า
ภาคบรรยาย	
16 การคัดเลือกแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายกากมันสำปะหลังและกากตะกอน เยื่อกระดาษ ชนัญฐ์ วงษ์ชีวะสกุล และสิรินภา ช่วงโอภาส	136
17 ความสามารถของแบคทีเรียละลายโพแทสเซียมต่อการงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ใน ห้องปฏิบัติการ กมลชนก ห่วงมี, พิชญ์นันท์ กังแฮ, วันวิสาข์ ปั่นศักดิ์ และวิภา หอมหวล	145
18 การสำรวจปริมาณของจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตรในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง จังหวัดชลบุรี บุษราพร ไชยพันธ์, กรรณิกา มาลา และภัทรารัตน์ เทียมแก้ว	156
19 อิทธิพลของกลบเผดต่อการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากมูลสุกรร่วมกับเปลือกมันสำปะหลัง และขุยมะพร้าว อาภรณ์ ทองบุราณ และสุลีมาศ บุญไทยอวย	165
20 การศึกษาสมบัติดินที่มีวัตถุต้นกำเนิดดินต่างกันต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำของ ดินเนื้อหยาบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ชาญณรงค์ เขตแดน, อรรณพ พุทธิโส, ธงชัย คงหนองลาน, โกศล เคนทะ, อภิชาติ บุญเกษม และ วิภาวรรณ อินทร์สมบูรณ์	176
21 การประยุกต์เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินศักยภาพการกักเก็บน้ำของพื้นที่ สำหรับสร้างแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทานของจังหวัดบุรีรัมย์ กรวรรณ อาจเลิศ	187
22 การทดสอบต้นแบบเรดาร์ทะลุทะลวงผิวดินในการระบุชั้นดิน นววิทย์ พงศ์อนันต์, กมล เขมะรังษี, กฤษณ์ อธิกุลวงศ์, พิชร ประเสริฐกุล, ปิยนันท์ พิพัฒน์ศิริ, กัญญารัตน์ ท้าวทา, สุเมธ คงภักดี, กำพล สกุลสีรุ่งโรจน์ และอภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ	196
23 สำรวจความอุดมสมบูรณ์ดินด้วยเทคนิควิเคราะห์ข้อมูลระยะไกล สุทัศน์ สุรวาณิช, ประณต มณีอินทร์, ชัยวัฒน์ นันทโชติ และพชรอร แก้วเจริญ	207
24 ระดับของธาตุอาหารของอะลูมิเนียมในกลุ่มชุดดินหลักที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนที่ดอน ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ปราโมทย์ สวมชัยภูมิ, ภาควงศ์ วงศ์แสนไชย, จักรพงษ์ ไชยวงศ์, จีราภรณ์ อินทรสาร, ปฎิภาณ สุทธิกุลบุตร และสมชาย องค์กรประเสริฐ	218

ภาคโปสเตอร์

1	การตอบสนองของถั่วลิสงต่อ FGD ยิปซัมในดินที่ขาดแคลน S และ B จิราภรณ์ อินทสาร, ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร, สมชาย องค์ประเสริฐ, จักรพงษ์ ไชยวงศ์ และ วันวิสาข์ จันทิกา	224
2	ผลของการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในดินที่มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลาง ต่อข้าวโพดหวาน พันธุ์หวาน 54 ประภัสสร เจริญไทย และชูชาติ สันทรทรัพย์	232
3	ผลของการใช้ปุ๋ยหมักวัสดุอินทรีย์จากป่าพรุต่อการเจริญเติบโตของพืช ศราณี วงศ์กระจ่าง และปัญญา รัตน์ทุ	241
4	รูปแบบการปลูกข้าวหม่นเวียนที่มีผลต่อปริมาณและการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ส่วนต่างๆ ในดิน ศุภิดา อ่ำทอง แทนไท กล่อมจินดา และปวีณนุช ปวงวงศ์คำ	246
5	ข้อมูลสารสนเทศผลผลิตภาพของดินในพื้นที่อำเภอมะแตงและอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ศุภิดา อ่ำทอง, แทนไท กล่อมจินดา และปวีณนุช ปวงวงศ์คำ	259
6	สถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินและความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันปลูกบน ชุดดินแกลงยกร่อง ในอำเภอบำบอน จังหวัดพัทลุง อัญชนะ วิจะลิกะ, พรทิพา กัญยวงศ์หา และนุจรี บุญแปลง	268
7	ลักษณะของดินปลูกยางพาราที่มีชั้นส่วนหยาบในจังหวัดระยอง พรทิพา กัญยวงศ์หา	274
8	การใช้ตะกรันเหล็กเป็นวัสดุปรับปรุงดินกรดจัดในพื้นที่ปลูกข้าวนาชลประทานจังหวัดฉะเชิงเทรา นพดล ประยูรสุข, เยาวลักษณ์ เนตรสิงห์ และเสาวนุช ถาวรพฤษ	284
9	การสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณอินทรีย์ คาร์บอนในดินเค็มเนื้อทรายภายใต้การใส่วัสดุอินทรีย์ต่างชนิดกัน ศกุนตลา สุภาสัย, วิทยา ตรีโลเกศ และอรรณพ พุทธโส	290
10	ผลของการออกซินและไซโตไคนินต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหนุ่กล้วย้าแผลกลุ่มและดอน พัชรินทร์ นันทากุล, พัทยากร ลิ้มทอง, กฤษณา รุ่งโรจน์วณิชย์ และพงศ์พันธุ์ เอียรทริฎ	298
11	ผลของยิปซัมและโดโลไมท์ต่อผลผลิตของถั่วลิสงที่ปลูกในดินทุ่งหว่า อมรรรัตน์ ชุมทอง	308
12	สัดส่วนกำไรต่อต้นทุนเพิ่มจากปริมาณการใช้ FGD ยิปซัมในอ้อยและถั่วลิสง ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร, สมชาย องค์ประเสริฐ, จิราภรณ์ อินทสาร, จักรพงษ์ ไชยวงศ์ และ วันวิสาข์ จันทิกา	313
13	ผลของการใช้ปุ๋ยหมักจากวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ทางการเกษตรต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของผักกาดเขียวกวาดตั้ง ปัญญา รัตน์ทุ และศราณี วงศ์กระจ่าง	319
14	ผลของความสูงต่อการเตรียมวัสดุรองพื้นเพื่อเป็นอาหารและ ที่อยู่อาศัย (Bedding) ในการ ผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้เตอดิน ณัฐกิตติ์ เพชรหมื่นไว, ชลิมาศ บุญไทย อิวาย และมงคล ต๊ะอูน	326
15	การประยุกต์ใช้อัตราและสูตรปุ๋ยเคมีที่แตกต่างกัน ในการปลูกมันสำปะหลัง KU 50 ในดินทราย เอนกพงศ์ จำปา และวิทยา ตรีโลเกศ	332
16	ผลของระยะเวลาในการหมักต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักเทศบาล (กทม) จากการหมักด้วยไส้เดือนดินสีแดง (Eudrilus eugeniae) เกษมณัส ศรสวรรค์ และ นกุล ถวิลถึง	339
17	ผลการใช้ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วันต่อการลดต้นทุนการผลิตข้าวโพดหวาน กัลยกร โปร่งจันทิก, ภัสชญภณ หมื่นแจ้ง, นงลักษณ์ ปันลาย และวีระพงษ์ เย็นอ่วม	346

ภาคโปสเตอร์	หน้า
18 การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณ ประสิทธิภาพและการจัดจำแนกชนิดของ ไรโซเบียมในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม อำนาจ เอี่ยมวิจารณ์, อมรรัตน์ ใจยะเสน, จิตรา เกาะแก้ว, มนต์ชัย มนัสสิลา และภัสชญภณ หมั่นแจ้ง	355
19 โลหะหนักใน FGD ยิปซัม ดินและอ้อยที่ได้รับ FGD ยิปซัม สมชาย องค์กรประเสริฐ , ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร, จีราภรณ์ อินทสาร, จักรพงษ์ ไชยวงศ์ และวันวิ สาห์ จันทิกา	365
20 อิทธิพลของไกลโฟเสท แคดเมียมและตะกั่วต่อการเคลื่อนย้ายธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ตามชั้นความลึกดิน ทิฆัมพร นิลุบล และวภากร ศิริวงศ์	373
21 อิทธิพลของดินเค็มต่อพฤติกรรมการหลีกเลี่ยง อัตราการตาย การเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ ของไส้เดือนดินสายพันธุ์ <i>Eisenia foetida</i> และ <i>Drawida beddardi</i> ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย, อัจฉรวาดี เครือภักดี และวิไลวรรณ ด้วงเจริญ	381
22 การส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข 49 ด้วยแบคทีเรียละลายฟอสเฟต ในสภาพเรือน ทดลอง ธัญลักษณ์ เขียวคำ, รัชฎาภรณ์ ต่อยนึ่ง, พิชญ์นันท์ กังแฮ และวิภา หอมหวล	389



อิทธิพลระยะยาวของการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อการกระจายขนาดของเม็ดดินและอินทรีย์วัตถุในดินที่ปลูกอ้อย

Long term effect of organic materials on aggregate size distribution and organic matter in soil of sugarcane land use

ไอลดา จำปาทอง^{1*}, ปุญญา ตระกูลยิ่งเจริญ¹ และกมุท สังขศิลา¹

Ailada Jampathong^{1*}, Punyisa Trakoonyingcharoen¹ and Kumut Sangkhasila¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะเวลาในการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อเนื่อง 0, 1, 3 และ 5 ปี ต่อ 1) การกระจายขนาดเม็ดดิน และ 2) การกักเก็บคาร์บอนในดิน ในเนื้อดิน 2 กลุ่ม โดยเก็บตัวอย่างดินจากแปลงเกษตรกรที่อยู่ในเขตจังหวัดนครราชสีมาและบุรีรัมย์ ผลการศึกษาพบว่าดินเนื้อหยาบและเนื้อปานกลางจะพบเม็ดดินขนาดเล็กที่สุด ทั้งดินบนและดินล่าง การกักเก็บคาร์บอนในดินเนื้อปานกลางจะมีการกักเก็บคาร์บอนมากกว่าดินเนื้อหยาบทั้งดินบนและดินล่าง ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ระยะเวลาในการใส่วัสดุอินทรีย์ที่ดินบนและดินล่างจะเกิดเม็ดดินขนาดเล็กที่สุด รองลงมาคือเม็ดดินขนาดใหญ่เม็ดเล็ก เม็ดดินขนาด <0.053 mm. และเม็ดดินขนาดใหญ่เม็ดโต การกักเก็บคาร์บอนในดินบนการใส่ต่อเนื่องสูงสุด 1 ปี จะมีการสะสมคาร์บอนสูงสุด 0.32% ดินล่างการใส่ต่อเนื่องที่ 3 ปี พบสูงสุด 0.24% นอกจากนี้ไม่พบอิทธิพลร่วมระหว่างเนื้อดินกับระยะเวลาในการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อการกระจายขนาดของเม็ดดินและปริมาณคาร์บอนในดิน

คำสำคัญ: อินทรีย์วัตถุในดิน, คาร์บอนในดิน, เม็ดดิน

Abstract

The objective of this was to study the effect of continuous application organic material time for 0, 1, 3 and 5 years on 1) soil aggregate size distribution 2) soil carbon stock. Soil samples were collected from sugarcane fields located in Nakhon Ratchasima and Buriram provinces. Results showed that the coarse and medium soils found the microaggregate soil which had highest. Both top and sub soil. Carbon stock in medium soils will result in carbon stock rather than coarse soils, both top and sub soils. This difference is statistically significant. Long term of organic materials on top and sub soil will form the microaggregate soil followed by small macroaggregate, < 0.053 mm and large macroaggregate. Soil carbon stock in top soil continuous flow for a maximum of 1 year uptake of 0.32%. Sub soil for 3 years is 0.24%. The soil with organic matter, application time of the aggregate size and quantity carbon in the soil didn't interaction.

Keywords: organic matter, soil carbon sequestration, soil aggregate

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

¹ Department of Soil Science, Faculty of Agriculture Kamphaeng Sean, Kasetsart University Kamphaeng Sean Campus, Nakhon Pathom 73140

* Corresponding author ailada26@hotmail.com

บทนำ

อินทรีย์วัตถุในดิน หมายถึงสิ่งที่ได้มาจากการย่อยสลายของซากพืช ซากสัตว์ รวมไปถึงมูลของสิ่งมีชีวิต ตลอดจนถึงเซลล์ของจุลินทรีย์ที่สลายตัว เมื่ออินทรีย์วัตถุในดินย่อยสลายจะเป็นที่สะสมธาตุอาหารพืช ช่วยปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ เคมี ชีวภาพของดิน อินทรีย์วัตถุทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมในดิน ซึ่งเมื่อรวมกันกับแร่ดินเหนียวซิลิเกต และแร่ออกไซด์ของเหล็ก แมงกานีส และอลูมิเนียม จะทำให้อนุภาคดินเชื่อมยึดติดกันเป็นเม็ดดิน อินทรีย์วัตถุในดินจึงเป็นสารประกอบที่มีประสิทธิภาพสูงในการยึดเกาะหรือรวมตัวกันกับอนุภาคต่างๆ โดยเฉพาะอนุภาคดินเหนียวหรือเซลล์จุลินทรีย์ ทำให้อนุภาคดิน (soil particle) ยึดตัวกันเป็นเม็ดดิน (soil aggregates) ทำให้เกิดเป็นโครงสร้างดิน (soil structure) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) Golchin et al. (1994) รายงานว่า จุลินทรีย์จะผลิตสารเชื่อมระหว่างชิ้นส่วนของอินทรีย์วัตถุกับอนุภาคดินเหนียวจนเกิดเป็นเม็ดดิน ในดินแต่ละประเภทจะมีอินทรีย์วัตถุในดิน อนุภาคดินเหนียวและเซลล์จุลินทรีย์ในปริมาณที่มากน้อยแตกต่างกัน เช่น ในดินทรายซึ่งเป็นดินเนื้อหยาบจะมีสารเชื่อม น้อยมาก เป็นผลมาจากการชะล้างที่น้ำพาเอาอนุภาคอื่นๆ ไปจากดิน เนื่องจากไม่มีวัสดุและพืชคลุมดิน (อำนาจและณัฐพล, 2548) เม็ดดินที่เกิดจากการเชื่อมอนุภาคด้วยอินทรีย์วัตถุหรือผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุจะทำให้เม็ดดินมีศักยภาพในการกักเก็บคาร์บอน พื้นที่เกษตรกรรมจึงมีบทบาทในด้าน การเป็นแหล่งสะสมคาร์บอน ที่เกิดจากการคาร์บอนในมวลชีวภาพบนพื้นดินและในดินจากเศษซากพืชที่เน่าเปื่อย และย่อยสลาย (อุเทนและภูวดล, 2559) คาร์บอนจะถูกกักเก็บอยู่ในเม็ดดินขนาดต่างๆ แต่จะพบมากในเม็ดดินขนาดใหญ่ (macroaggregates) มากกว่าเม็ดดินขนาดเล็ก (microaggregates) (อรธณพ, 2555) อินทรีย์วัตถุในดินส่วนใหญ่ได้มาจากการเติมวัสดุอินทรีย์แก่ดิน จุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาผลระยะเวลาในการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อเนื่อง 0, 1, 3 และ 5 ปี ต่อ 1) การกระจายขนาดเม็ดดิน และ 2) การกักเก็บคาร์บอนในดินที่ใช้ปลูกอ้อยในภาคอีสานตอนใต้

วิธีการศึกษา

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการเก็บตัวอย่างดินเพื่อการศึกษาแบบ combined experiment เก็บตัวอย่างดินจากแปลงปลูกอ้อยของเกษตรกรที่รับการส่งเสริมปลูกอ้อยจากโรงงานน้ำตาลบุรีรัมย์ จำนวน 40 แปลง ที่ตั้งอยู่ในเขตจังหวัดนครราชสีมาและบุรีรัมย์ (Figure 1) ปัจจุบันแรก คือ เนื้อดิน มี 2 ระดับ ดินเนื้อหยาบ (coarse texture) และดินเนื้อปานกลาง (medium texture) ปัจจุบันที่สอง คือ ความต่อเนื่องของการใส่วัสดุอินทรีย์ มี 4 เวลา 1) ไม่ใส่วัสดุอินทรีย์ (0 year) ใส่กากตะกอนหมักกรองและปุ๋ยมูลไก่อย่างต่อเนื่องนาน 1 ปี (1 year), 3 ปี (3 year) และ 5 ปี (5 year) โดยจะมีการใส่วัสดุอินทรีย์ แก่ดินปีละ 1 ครั้งเฉลี่ยในอัตรา 300 กก./ไร่ เก็บตัวอย่างดิน 5 ซ้ำและเก็บดินในช่วงเดือนธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่ไม่มีมีการจัดการแปลงปลูกอ้อยและเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยแล้ว เก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 15 ซม. และ 45 ซม. จากผิวดิน เพื่อเป็นตัวแทนชั้นดินบน (0-30 ซม.) และชั้นดินล่าง (30-60 ซม.) เก็บทั้งแบบรบกวนโครงสร้าง (disturbed) และไม่รบกวนโครงสร้างดิน (undisturbed soil samplings) เก็บตัวอย่างดินโดยใช้ soil core



Figure 1 Sites of soil sampling at Nakhon Ratchasima (coarse texture) and Buriram (medium texture)



การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

วิเคราะห์อินทรีย์วัตถุในดินใช้วิธี wet digestion (Walkley and Black, 1934) (ทศนีย์และจรงค์, 2542) ค่าปฏิกิริยาดินวิเคราะห์ด้วย pH meter ที่อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1 ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation exchange capacity, CEC) ค่าการนำไฟฟ้า (electric conductivity, EC_e) ปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในดิน (Total C) วิธี combustion method ปริมาณเหล็ก (Fe_2O_3) และแมงกานีส (Mn_2O_3) โดยการสกัดด้วย DTPA, ปริมาณอะลูมิเนียม (Al_2O_3) วิเคราะห์โดยการสกัดด้วย 1N KCl สมบัติดินเหล่านี้จะใช้ดินที่เก็บแบบรบกวนโครงสร้าง นำไปตากให้แห้งแล้วบดร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 mm. ส่วนความหนาแน่นรวมของดิน (ρ_b) หาโดยวิธี undisturbed core method การกระจายขนาดเม็ดดินโดยวิธี wet sieving หากจากดินที่เก็บแบบไม่รบกวนโครงสร้างโดยร่อนดินผ่านตะแกรง 4 ขนาด (5, 2, 0.25 และ 0.053 mm) จะได้เม็ดดิน 4 ขนาด ได้แก่ เม็ดดินขนาดใหญ่เม็ดโต (large macroaggregate; LMA มีขนาด $>2,000 \mu m$) ซึ่งดินจะค้างในตะแกรงขนาด 5 และ 2 mm. เม็ดดินขนาดใหญ่เม็ดเล็ก (small macroaggregate; SMA มีขนาด $250-2,000 \mu m$) ดินจะค้างในตะแกรงขนาด 0.25 mm. เม็ดดินขนาดเล็ก (microaggregate; MiA มีขนาด $53-250 \mu m$) ดินจะค้างในตะแกรงขนาด 0.053 mm. และขนาดเม็ดดินที่เล็กกว่า 0.053 mm. (μ_{53A}) ปริมาณเม็ดดินแต่ละขนาดนำไปคำนวณค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย (Mean weight diameter; MWD หน่วยเป็น mm.) ซึ่งจะใช้เป็นดัชนีที่บ่งบอกความคงทนของเม็ดดิน สมบัติดินทั้งหมดที่ได้จะนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติตามแนวทางแบบการจัดเก็บข้อมูลที่ออกแบบไว้ การวิเคราะห์สถิติจะใช้โปรแกรม SPSS

ผลการศึกษาและวิจารณ์

อนุภาคปฐมภูมิของดินที่ศึกษา

ดินบน ของดินเนื้อหยาบ มีปริมาณอนุภาคทรายอยู่ในช่วง 65.73-83.77% อนุภาคทรายแบ่งอยู่ในช่วง 2.97-21.77% อนุภาคดินเหนียวอยู่ในช่วง 4.94-16.99% (Table 1) มีเนื้อดินแบบร่วนปนทราย (sandy loam) และทรายปนร่วน (loamy sand) และดินบนของดินเนื้อปานกลาง มีปริมาณอนุภาคทรายอยู่ในช่วง 39.20-58.61% อนุภาคทรายแบ่งอยู่ในช่วง 16.56-38.08% อนุภาคดินเหนียวอยู่ในช่วง 21.88-28.96% (Table 1) มีเนื้อดินแบบร่วน (loam) ร่วนปนทราย และร่วนปนดินเหนียว (clay loam)

ดินล่าง ของดินเนื้อหยาบ มีอนุภาคทรายอยู่ในช่วง 63.15-83.20% อนุภาคทรายแบ่งอยู่ในช่วง 5.95-27.92% อนุภาคดินเหนียวอยู่ในช่วง 5.65-20.34% (Table 1) มีเนื้อดินแบบร่วนปนทราย ทรายปนดินร่วนและร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) และดินล่างของดินเนื้อปานกลาง มีอนุภาคทรายอยู่ในช่วง 25.04-54.32% อนุภาคทรายแบ่งอยู่ในช่วง 17.11-39.17% อนุภาคดินเหนียวอยู่ในช่วง 27.14-42.47% (Table 1) จะมีเนื้อดินแบบ ร่วน (loam) ร่วนปนทราย ร่วนปนดินเหนียว และเหนียว (clay) เมื่อดินลึกมากขึ้นจะมีอนุภาคดินเหนียวเพิ่มขึ้นในทั้งเนื้อดินปานกลางและเนื้อดินหยาบ เกิดจากการที่อนุภาคดินเหนียวเคลื่อนย้ายไปสะสมในดินที่อยู่ชั้นลึกไปจากผิวดิน การเคลื่อนย้ายเกิดขึ้นตามธรรมชาติจากการชะล้างของฝน (เอิบ, 2548)

Table 1 Particle fraction of topsoils and subsoils used in this analysis

		Depth 0-30 cm			Depth 30-60 cm		
		%sand	%silt	%clay	%sand	%silt	%clay
Coarse texture (CT)	max	83.77	21.77	16.99	83.2	27.92	20.34
	min	65.73	2.97	4.94	63.15	5.95	5.65
	avg	76.89	11.56	11.54	73.51	11.77	14.72
Medium texture (MT)	max	58.61	38.08	28.96	54.32	39.17	42.47
	min	39.2	16.56	21.88	25.04	17.11	27.14
	avg	48.01	27.41	24.59	41.57	24.96	33.47



สมบัติทางเคมีดินบางประการ

ดินเหนียวและดินเหนียวปานกลางไม่ทำให้ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) มีความแตกต่างกันทั้งดินบนและดินล่าง ระยะเวลาในการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อเนื่องไม่ทำให้ค่า pH และ EC_e แตกต่างกันทั้งสองระดับความลึก ที่ดินบน pH อยู่ในช่วง 5.39-6.58 (Table 2) และดินล่างอยู่ในช่วง 5.22-6.90 ซึ่งจัดอยู่ในช่วงเป็นกรดจัดถึงปานกลาง ค่า EC_e มีค่าอยู่ในช่วง 0.14-0.30 ds/m ที่ดินบน (Table 2) และดินล่างอยู่ในช่วง 0.10-0.29 ds/m (Table 3) ซึ่งจัดอยู่ในช่วงไม่มีผลกระทบต่อพืช

ปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณคาร์บอนในดิน

ดินบนและดินล่างของสองเนื้อดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter : OM) และปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในดิน (Total C) มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p-value <0.01) ระยะเวลาในการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อเนื่องไม่ทำให้ OM ทั้งดินบนและดินล่างมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยปริมาณ OM จะพบสูงสุดที่มีการใส่ 5 ปี มีค่าเท่ากับ 0.65% และดินล่างพบที่ไม่มีการใส่วัสดุอินทรีย์จะมีค่าสูงสุด เท่ากับ 0.62% ที่ดินบนระยะเวลาในการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อเนื่องทำให้ปริมาณ Total C แตกต่างกันทางสถิติ (p-value 0.02) พบว่าที่ 1 ปี มีปริมาณคาร์บอนสูงสุด เท่ากับ 0.32% (Table 2) และดินล่างระยะเวลาในการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อเนื่องไม่ทำให้ปริมาณ Total C แตกต่างกันทางสถิติ พบว่า 3 ปีมีปริมาณสูงสุด เท่ากับ 0.24% (Table 3) ซึ่งทั้ง OM และ Total C จัดอยู่ในปริมาณที่ต่ำ เนื่องจากตะกอนออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำกว่า 0.08% (อรณพ และคณะ, 2559) และปริมาณ OM และ Total C ในแปลงพืชไร่จะมีปริมาณน้อยกว่าระบบวนเกษตร (อรณพ และคณะ, 2555) เกิดจากกิจกรรมการปฏิบัติในแปลงของเกษตรกรโดยเฉพาะการไถพรวนเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรส่งผลให้ดินเกิดความเสื่อมโทรมและสูญเสียคาร์บอนในดิน ซึ่งสอดคล้องกับ Chen et al. (2015) รายงานว่าการไถพรวนที่บ่อยครั้งอาจส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคาร์บอนในดิน อย่างไรก็ตามการใส่วัสดุอินทรีย์ เช่น กาสับพืชสด การลดการไถพรวนหรือกระทั่งไม่ไถพรวนในแปลงเกษตรกรเป็นวิธีที่ช่วยเพิ่มคาร์บอนอินทรีย์ในดินได้ (Ogle et al., 2005) ปัจจัยเหล่านี้มีผลต่อปริมาณคาร์บอนในดิน ซึ่งปริมาณคาร์บอนในดินนั้นขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาคดิน โดยเฉพาะดินที่มีอนุภาทรายจะมีปริมาณคาร์บอนต่ำ นอกจากนี้ปริมาณคาร์บอนในเม็ดดินก็มีบทบาทในการเกิดเม็ดดิน ปริมาณในแต่ละขนาดของเม็ดดินทำหน้าที่ในการเชื่อมยึดอนุภาคของเม็ดดินให้เกิดเป็นเม็ดดิน และคาร์บอนดังกล่าวอาจมีแหล่งมาจากชิ้นส่วนจากการสลายตัวของซากอินทรีย์ ตลอดจนซากของสิ่งมีชีวิตในดินทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ซึ่งมีบทบาทต่อการเกิดเม็ดดิน (Six et al. 2004) ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินขึ้นอยู่กับหลายปัจจัยหลายอย่าง เช่น ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน วิธีการปฏิบัติในแปลงเกษตรนั้นๆ คุณสมบัติทางกายภาพ ชีวภาพ และทางเคมี (อุเทน และภูวดล, 2559)

ปริมาณแร่ออกไซด์และความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ในดิน

ปริมาณแมงกานีสออกไซด์ (Mn_2O_3) เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) และอลูมินัมออกไซด์ (Al_2O_3) ในเนื้อดินเหนียวและเนื้อดินปานกลางของดินบนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) ในดินล่างค่า Mn_2O_3 และ Fe_2O_3 ไม่มีแตกต่างกันระหว่างสองเนื้อดิน แต่ค่า Al_2O_3 มีความแตกต่างกันระหว่างสองเนื้อดิน (p-value <0.01) (Table 3) ระยะเวลาในการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อเนื่องของดินบนไม่ทำให้ Mn_2O_3 , Fe_2O_3 และ Al_2O_3 มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยปริมาณ Mn_2O_3 จะพบในการใส่ต่อเนื่อง 5 ปี สูงสุด มีค่าเท่ากับ 42.27 mg/kg, Fe_2O_3 ที่มีการใส่ต่อเนื่อง 3 ปี สูงสุด มีค่าเท่ากับ 95.61 mg/kg และ Al_2O_3 ที่มีการใส่ต่อเนื่อง 5 ปี สูงสุด เท่ากับ 89.80 mg/kg (Table 2) ดินล่างจะพบว่าระยะเวลาในการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อเนื่องไม่ทำให้ปริมาณ Mn_2O_3 และ Fe_2O_3 มีความแตกต่างกัน โดยค่า Mn_2O_3 ที่มีการใส่ต่อเนื่อง 2 ปี สูงสุด เท่ากับ 24.72 mg/kg และ Fe_2O_3 ที่มีการใส่ต่อเนื่อง 5 ปี สูงสุด เท่ากับ 34.72 mg/kg ระยะเวลาในการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อเนื่องทำให้ Al_2O_3 มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p-value 0.02) (Table 3) ที่มีการใส่ต่อเนื่อง 3 ปี สูงสุด เท่ากับ 337.09 mg/kg (Table 3) และพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างเนื้อดินและระยะเวลาในการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อปริมาณ Al_2O_3 เนื่องจากอะลูมิเนียมจะละลายออกมาเมื่อ pH <5 แต่เมื่อ pH มีการเพิ่มขึ้นถึง 7 อะลูมิเนียมจะตกตะกอนเป็นสารประกอบซึ่งไม่ละลายน้ำ (Landon, 1991) ถ้า pH ดินอยู่ในช่วง 4.7-7.0 การละลายได้ของ Al_2O_3 จะต่ำ (Sparks, 1995) ดังนั้นเมื่อ pH ของดิน อยู่ในช่วง 5.22-6.90 การละลายของอะลูมิเนียมจะต่ำ จึงพบปริมาณอะลูมิเนียมในรูป Al_2O_3 ที่สูงในดินล่าง จากผลการศึกษาพบว่าปริมาณ Mn_2O_3 , Fe_2O_3 และ Al_2O_3 จัดอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก ซึ่งเมื่อมีแร่ออกไซด์เหล่านี้สูงจะทำให้เกิดสารเชื่อมที่ให้อนุภาคดินเชื่อมยึดติดกันเป็นเม็ดดิน (เอิบ, 2548) และผลการศึกษาจะเห็นว่าเมื่อมีแร่ออกไซด์สูงจะทำให้ปริมาณคาร์บอนในดินจะมีน้อยลง



นอกจากนี้ค่า CEC ของดินบนและดินล่างมีความแตกต่างกันระหว่างเนื้อดินหยาบและเนื้อดินปานกลาง (p -value < 0.01) ระยะเวลาในการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อเนื่องทั้งดินบนและดินล่างไม่มีความแตกต่างกัน จะพบว่าที่มีการใส่ต่อเนื่อง 1 ปี มีค่าสูงกว่าปีอื่นๆ ทั้งดินบนและดินล่าง เท่ากับ 11.39 cmol/kg (Table 2) และ 11.82 cmol/kg (Table 3) ซึ่งจัดอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง ถ้าดินมีปริมาณคาร์บอนในดินต่ำจะส่งผลให้ค่า CEC ต่ำด้วย ซึ่งสอดคล้องกับ ปัทมาและคณะ, (2554) ที่รายงานว่าในดินเนื้อทรายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่าปริมาณคาร์บอนมีอิทธิพลทางบวกกับค่า CEC และเนื่องจากคาร์บอนในดินมีบทบาทต่อการเพิ่มประจุลบในดิน โดยเฉพาะคาร์บอนในดินที่มาจากสารละลายตัวจากเศษซากพืชที่มีองค์ประกอบทางเคมีจำพวกกลีซินและโพลีฟีนอลสูง ซึ่งสารนี้เป็นส่วนของสารตั้งต้นที่มีการพัฒนาต่อไปจนได้สารฮิวมัสหรือสารประกอบฮิวมิกในที่สุด โดยสารฮิวมิกเป็นอินทรีย์วัตถุส่วนที่มีการเสถียรภาพสูง ซึ่งจะช่วยเพิ่มประจุลบให้กับดินส่งเสริมต่อการเพิ่มพื้นที่ในการรองรับธาตุอาหารในดิน (Puttaso et al., 2011)

ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density, ρ_b)

กลุ่มเนื้อดินทั้ง 2 ชนิด และระยะเวลาในการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อเนื่องที่ต่างกันไม่มีทำให้ ρ_b ของดินบน มีความแตกต่างกันทางสถิติ พบว่าการที่ไม่ใส่วัสดุอินทรีย์มีค่า ρ_b สูงกว่าการใส่ปีอื่นๆ เท่ากับ 1.62 g/cm³ (Table 4) เนื่องจากการที่ไม่มีการใส่อินทรีย์วัตถุลงในดินทำให้ความหนาแน่นของมีสูง เพราะอินทรีย์วัตถุในดินมีบทบาทในการส่งเสริมทำให้ดินมีโครงสร้างของดินดีขึ้น แต่ดินล่างพบว่าเนื้อดินหยาบและเนื้อดินปานกลางมีค่า ρ_b ที่แตกต่างกัน (p -value 0.02) ระยะเวลาในการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อเนื่อง 1 ปี สูงกว่าปีอื่นๆ เท่ากับ 1.57 g/cm³ ซึ่งเป็นค่าที่อยู่ในช่วงดินแน่นชั้นไถพรวนทั่วไป และพบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างเนื้อดินและระยะเวลาในการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อเม็ดดินขนาดเล็ก

การกระจายขนาดของเม็ดดิน

ดินบน พบว่าดินเนื้อหยาบและดินเนื้อปานกลางไม่ทำให้ค่าเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเม็ดดิน (MWD), ปริมาณเม็ดดินขนาดใหญ่เม็ดโต (LMA > 2000 μ m) ปริมาณเม็ดดินขนาดใหญ่เม็ดเล็ก (SMA 250-2000 μ m) และปริมาณของเม็ดดินขนาดเล็ก (MiA 53-250 μ m) ของดินบนมีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ทำให้มีปริมาณขนาดเล็กกว่า 53 μ m (μ_{53A}) แตกต่างทางสถิติ (p -value < 0.01) (Table 4) ระยะเวลาในการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อเนื่องที่ต่างกันไม่ทำให้ MWD, LMA, SMA และ MiA มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทำให้มีปริมาณขนาดเล็กกว่า 53 μ m (μ_{53A}) แตกต่างทางสถิติ (p -value < 0.01) และพบปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างเนื้อดินและระยะเวลาในการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อปริมาณขนาดเล็กกว่า 53 μ m (Table 4) ดินล่าง พบว่าดินเนื้อหยาบและดินเนื้อปานกลางมีค่า MWD, LMA MiA และ μ_{53A} ที่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ SMA ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ระยะเวลาในการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อเนื่องที่ต่างกันไม่ทำให้ MWD, LMA, SMA MiA และ μ_{53A} มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากผลการศึกษาพบว่าเมื่อใส่วัสดุอินทรีย์ลงไปในระยะเวลานานขึ้นทำให้เกิดเม็ดดินขนาดเล็ก MiA มากกว่าเม็ดดินขนาดอื่นๆ ทั้งดินบนและดินล่าง และเนื่องจากสภาพแวดล้อมในเขตร้อนชื้นทำให้อินทรีย์วัตถุมีการย่อยสลายตลอดเวลา ปริมาณวัสดุอินทรีย์ที่ใส่ลงไปหลังการเก็บเกี่ยวอาจไม่เพิ่มขึ้น (ธงชัย, 2558) และดินบนยังเป็นดินชั้นไถพรวนทำให้เม็ดดินมีการแตกกระจายจึงพบเม็ดดินขนาดเล็กมากกว่าเม็ดดินขนาดใหญ่ และการใช้ประโยชน์ที่ดินจะส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณเม็ดดิน ปริมาณเม็ดดินขนาดเล็กส่วนใหญ่พบในแปลงพืชผัก พืชไร่ หญ้าแฝก และไม้ผล (อรรณพ และคณะ, 2555)



Table 2 Effect of soil texture and duration of organic matter application on some chemical properties in the 0-30 cm

Treatments		Depth 0-30 cm						
Texture	%OM	pH (1:1)	Total C (%)	ECe (dS/m)	CEC (cmo/kg)	Mn ₂ O ₃ (mg/kg)	Fe ₂ O ₃ (mg/kg)	Al ₂ O ₃ (mg/kg)
Coarse texture	0.41 ^b	5.99	0.17 ^b	0.20	3.64 ^b	46.04	84.88	16.96
Medium texture	0.88 ^a	6.05	0.37 ^a	0.18	13.67 ^a	37.86	69.92	100.88
p-value	0.02	0.80	<0.01	0.70	<0.01	0.46	0.24	0.07
Duration of organic matter application								
0 year	0.54	5.39	0.28 ^{ab}	0.14	6.45	40.25	71.90	44.75
1 year	0.72	6.58	0.32 ^a	0.30	11.39	42.12	67.02	48.12
3 year	0.62	5.88	0.28 ^{ab}	0.14	7.75	42.10	95.61	54.97
5 year	0.65	6.24	0.18 ^b	0.18	8.44	42.27	80.03	89.80
p-value	0.81	0.10	0.02	0.22	0.08	0.99	0.56	0.81
AxB	0.88	0.36	0.30	0.95	0.12	0.96	0.45	0.67

Means followed by the same letters were not statistically different (P<0.05) from others according to DMRT.

Table 3 Effect of soil texture and duration of organic matter application on some chemical properties in the 30-60 cm

Treatments		Depth 30-60 cm						
Texture	%OM	pH (1:1)	Total C (%)	ECe (dS/m)	CEC (cmo/kg)	Mn ₂ O ₃ (mg/kg)	Fe ₂ O ₃ (mg/kg)	Al ₂ O ₃ (mg/kg)
Coarse texture	0.23 ^b	6.10	0.10 ^b	0.22	5.02	25.73	25.33	38.20 ^b
Medium texture	0.76 ^a	6.119	0.31 ^a	0.16	15.05	13.01	25.28	368.04 ^a
p-value	0.02	0.76	<0.01	0.33	0.09	0.09	0.99	0.03
Duration of organic matter application								
0 year	0.62	5.22	0.16	0.15	8.11	21.89	20.81	110.21 ^{bc}
1 year	0.47	6.90	0.16	0.29	11.82	24.72	23.67	37.37 ^c
3 year	0.33	6.01	0.24	0.10	9.35	18.39	24.67	337.09 ^a
5 year	0.52	6.44	0.22	0.25	10.17	14.11	34.72	310.75 ^{ab}
p-value	0.76	0.06	0.31	0.10	0.44	0.55	0.27	0.02
AxB	0.87	0.25	0.79	0.44	0.41	0.30	0.32	0.02

Means followed by the same letters were not statistically different (P<0.05) from others according to DMRT.



Table 4 Effect of soil texture and organic matter application time on amounts of the bulk density, Mean weight diameter (MWD), large macroaggregate (LMA), small macroaggregate (SMA) and microaggregate (MiA) in the depth 0-30 cm.

Treatments	Depth 0-30 cm					
Texture	$\rho_b(\text{g/cm}^3)$	MWD (mm)	LMA (%)	SMA (%)	MiA (%)	$\mu_{53} A (\%)$
Coarse texture	1.54	0.48	0.98	31.30	52.16	15.56 ^b
Medium texture	1.56	0.50	1.84	31.32	42.30	24.55 ^a
p-value	0.62	0.67	0.33	0.95	0.14	<0.01
Duration of organic matter application						
0 year	1.61	0.50	1.19	33.13	43.44	22.24 ^{ab}
1 year	1.52	0.48	1.83	30.20	43.18	24.79 ^a
3 year	1.53	0.44	1.15	27.29	56.96	14.60 ^c
5 year	1.54	0.50	1.25	32.62	47.96	18.17 ^{bc}
p-value	0.27	0.91	0.63	0.90	0.16	<0.01
AxB	0.42	0.99	0.37	0.91	0.71	<0.01

Means followed by the same letters were not statistically different ($P < 0.05$) from others according to DMRT.

Table 5 Effect of soil texture and organic matter application time on amounts of the bulk density, Mean weight diameter (MWD), large macroaggregate (LMA), small macroaggregate (SMA) and microaggregate (MiA) in the depth 30-60 cm

Treatments	Depth 30-60 cm					
Texture	$\rho_b(\text{g/cm}^3)$	MWD (mm)	LMA (%)	SMA (%)	MiA (%)	$\mu_{53} A (\%)$
Coarse texture	1.59	0.39	0.23	25.88	56.16	17.74 ^b
Medium texture	1.39	0.51	1.99	32.55	38.57	26.89 ^a
p-value	0.02	0.03	<0.01	0.06	<0.01	0.04
Duration of organic matter application						
0 year	1.46	0.49	0.41	35.69	42.10	21.80
1 year	1.57	0.43	2.55	22.34	48.51	26.60
3 year	1.52	0.46	0.73	31.04	48.39	19.84
5 year	1.41	0.42	0.56	28.07	51.18	20.19
p-value	0.46	0.55	0.06	0.15	0.41	0.25
AxB	0.27	0.27	0.08	0.83	0.25	0.37

Means followed by the same letters were not statistically different ($P < 0.05$) from others according to DMRT.



สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาระยะเวลาในการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อเนื่องของดินเนื้อหยาบและดินเนื้อปานกลางที่ความลึกทั้งสองระดับ พบว่าจะเกิดเม็ดดินขนาดเล็กสูงสุดต่างจากเม็ดดินขนาดอื่น และเมื่อมีการใส่วัสดุอินทรีย์ต่อเนื่องนานขึ้นการกักเก็บคาร์บอนในดินที่ความลึก 0-30 ซม. จะมีการสะสมคาร์บอนสูงกว่าที่ความลึก 30-60 ซม. เพราะเกิดจากปริมาณคาร์บอนที่สะสมในระดับชั้นที่มีการไถพรวน (0-15 ซม.) โดยที่เกิดจากการใส่วัสดุอินทรีย์ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการสะสมคาร์บอน นอกจากนี้ กิจกรรมการไถกลบเศษเหลือภายในแปลงเป็นอีกกิจกรรมที่ส่งเสริมให้เกิดการสะสมคาร์บอนให้แก่ดิน จากผลการศึกษาชี้ว่าการเพิ่มวัสดุอินทรีย์ลงไปแปลงปลูกสามารถทำให้เกิดการสะสมของคาร์บอนในดินได้และยังช่วยลดสภาวะโลกร้อนอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และ จงรัช จันทรเจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินและพืช. พิมพ์ครั้งที่ 7. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ธงชัย มาลา. 2558. อินทรีย์วัตถุและจุลินทรีย์ดินเพื่อการเพาะปลูก. ในคัมภีร์ดินและปุ๋ยไทยสมาคมการค้า ผู้ผลิตปุ๋ยไทย. หน้า 60-69. Tor Term Serm Tang.co., LTD, กรุงเทพมหานคร.
- อรณพ พุทธโส โกศล เคนทะ นิลาภัทร คงพ่วง และศุภฤกษ์ กลิ่นทวล. 2555. สมบัติของดิน ปริมาณและแหล่งกักเก็บคาร์บอนและไนโตรเจนในดินภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน. วารสารมหาวิทยาลัยนครพนม หน้า 8: 304-311.
- อรณพ พุทธโส นวรัตน์ ประภูษัง และศรายุทธ นวลเนา. 2559. การสะสมคาร์บอนในดินที่มีประเภทดิน วัตถุต้นกำเนิดดิน และเนื้อดินต่างกันในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ 31: 52-62.
- อำนาจ ชิดไธสง และณัฐพล ลิไชยกุล. 2548. การกักเก็บและปลดปล่อยคาร์บอนในดินป่าดิบแล้ง ดินป่าปลูก และดินทำการเกษตร. รายงาน การประชุมวิชาการการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศทางด้านป่าไม้ "ศักยภาพการสนับสนุนพิธีสารเกียวโต". โรงแรมมารวย การ์เดน กรุงเทพฯ. หน้า 95-105.
- อุเทน จันละบุตร และภูวดล โกมณเทียร. 2559. ปริมาณคาร์บอนสะสมในดินในพื้นที่เกษตรกรรมในลุ่มน้ำชีตอนกลาง จังหวัดมหาสารคาม. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 34 : 1 (79 - 88)
- เอิบ เขียวรีนรมณ์. 2548. พิมพ์ครั้งที่ 2. การสำรวจดิน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- Chen, Z.D., S.B. Dikgwatlhe, J.F. Xue, H.L. Zhang, F. Chen and X.P. Xiao. 2015. Tillage impacts on net carbon flux in paddy soil of the Southern China. Journal of Cleaner Production. 103: 70-76
- Golchin, A., Oades, J.M., Skjemsted, J.O. and P. Clarkle. (1994). "Soil structure and carbon cycling" Aust. J. Soil Res. 32: 377- 400.
- Landon, J.R.. 1991. Booker of Tropical Soil Manual. Booker Tate, Longman Scientific and technical, London.
- Ogle, S.M., F.J. Breidt, and K. Paustian. 2005. Agricultural management impacts on soil organic carbon storage under moist and dry climatic condition of temperate and tropical region. Biogeochemistry. 72: 87-121.
- Puttaso, A., Vityakon, P., Saenjan, P., Trelo-ges, V. and G. Cadisch. (2011). "Relationship between residue quality, decomposition patterns, and soil organic matter accumulation in a tropical sandy soil after 13 years," Nutr Cycl Agroecosys. 89: 159-174
- Six, J., Bossuyt, H., Degryze, S. and K. Denef. (2004). "A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics," Soil Till Res. 79 : 7-31.
- Sparks, D.L. 1995. Environmental Soil Chemistry. Academic Press, Inc., California.



ผลของชนิดและปริมาณผงเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟโรบัสตา

Types and rates of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation on robusta coffee seedling growth

สุพิชญา เหลืองธนาวัฒน์¹, ธงชัย มาลา¹ และศุภชัย อัมภา^{1*}

Supichaya Lueangthanawat¹, Thongchai Mala¹ and Suphachai Amkha^{1*}

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์งานวิจัยนี้เพื่อหาชนิดและปริมาณที่เหมาะสมของผงเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีต่อการเจริญเติบโตในระยะแรกของต้นกล้ากาแฟโรบัสตา แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาบางชนิดที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟโรบัสตา วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ โดยเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา 8 ชนิด และการไม่ใส่เชื้อ ผลการทดลองพบว่า เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีประสิทธิภาพสูงในการครอบครองรากกาแฟ และส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟมี 5 ชนิด คือ *Acaulospora morrowiae* LU6, *Gl. callosum* CH2, *Gl. callosum* KK5, *Gl. intradices* LU3 และ *Glomus* sp. 2TS5 การทดลองที่ 2 ศึกษาผลของเชื้อราที่ได้จากการทดลองที่ 1 และปริมาณการใส่เชื้อราที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ และจัดสิ่งทดลองแบบแฟคทอเรียล ประกอบด้วย 2 ปัจจัย คือ ชนิดเชื้อ AMF5 สายพันธุ์ และการใส่ปริมาณของผงเชื้อ 5 ระดับได้แก่ 0, 5, 10, 20 และ 40 กรัมต่อกระถาง ผลการทดลองพบว่า การใส่เชื้อ *Acaulospora morrowiae* LU6 ในปริมาณ 10-40 กรัมต่อกระถาง และการใส่เชื้อ *Glomus* sp. 2TS5 ในปริมาณ 5-20 กรัมต่อกระถาง ทำให้ความหนาแน่นในการครอบครองรากกล้ากาแฟโรบัสตาสูงที่สุด (?) ส่วนการใส่เชื้อ *Gl. callosum* KK5 ในปริมาณ 10 กรัมต่อกระถาง ทำให้ความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางต้นของกล้ากาแฟสูงที่สุด (?) ดังนั้น การใส่เชื้อรา *Gl. callosum* KK5 ในอัตรา 10 กรัมต่อกระถาง จึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดในการผลิตกล้ากาแฟ

คำสำคัญ: การครอบครองราก, *Acaulospora morrowiae*, *Glomus* sp., *Gl. callosum*, *Gl. callosum*, *Gl. intradices*

Abstract

The experiments were conducted in order to obtain the effects of various types and rates of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation on robusta coffee seedling growth. In the first experiment, the effect of various kinds of AMF inoculation on the coffee seedling growth was determined. The experiment was carried out with 8 types of AMF and non-AMF inoculation in completely randomized design (CRD) with 3 replications. The results shown that 5 varieties of AMF, i.e. *Acaulospora morrowiae* LU6, *Gl. callosum* CH2, *Gl. callosum* KK5, *Gl. intradices* LU3 and *Glomus* sp. 2TS5 were able to colonized coffee roots and enhanced seedling growth compared to others AMF. In the second experiment the effect of 5 types of from the first experiment together with 5 quantities of AMF inoculants on root colonization and coffee seedling growth were compared. The experiment was arranged in 5x5 factorial treatments with CRD. The results indicated that *Acaulospora morrowiae* LU6 with AMF power inoculation at a rate 10-40 g/pot and *Glomus* sp. 2TS5 at a rate 5-20 g/pot enhanced root colonization with highest. However, *Gl. callosum* KK5 inoculation at the rate 10 g/pot resulted in the best seedling growth. Thus, *Gl. callosum* KK5 inoculation at the rate of 10 g/pot was recommended for coffee seedling production.

Keywords: Root colonization, *Acaulospora morrowiae*, *Glomus* sp., *Gl. callosum*, *Gl. callosum*, *Gl. intradices*

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

¹ Soil Science Department, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140

*Corresponding author: agrscak@ku.ac.th



บทนำ

เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา (Arbuscular Mycorrhizal Fungi, AMF) จัดเป็นจุลินทรีย์ดินที่อาศัยอยู่ร่วมกับรากพืช มีความสัมพันธ์แบบต่างฝ่ายต่างได้รับประโยชน์ โดยเชื้อราจะได้รับอาหารพวกคาร์โบไฮเดรตและฮอร์โมนบางชนิดจากพืช ในขณะที่เชื้อ AMF มีบทบาทที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ช่วยเพิ่มการดูดน้ำและธาตุอาหารพืช ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง (Clark and Zeto, 2000, Smith and Read, 2008) อีกทั้งยังช่วยเพิ่มผลผลิต คุณภาพผลผลิตของพืช ความต้านทานต่อการเกิดโรคพืช ความทนทานต่อความแห้งแล้ง พื้นฟูดินที่เสื่อมโทรม และรักษาเสถียรภาพของระบบนิเวศ (Gianinazzi *et al.*, 2010, Vosátka and Albrechtová, 2009) กาแฟเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เนื่องจากความต้องการในการบริโภคกาแฟของคนไทยเพิ่มขึ้น พื้นที่ปลูกกาแฟส่วนใหญ่อยู่ทางภาคใต้ ซึ่งเป็นแหล่งปลูกกาแฟพันธุ์โรบัสตาร้อยละ 79 ของผลผลิตทั้งหมด ส่วนพื้นที่ปลูกที่เหลืออยู่ทางภาคเหนือ ซึ่งปลูกพันธุ์อาราบิก้า โดยในปี 2559 มีพื้นที่ปลูก 187,077 ไร่ ลดลงจากปี พ.ศ. 2558 มีพื้นที่ปลูก 189,068 ไร่ มีผลผลิตในปี พ.ศ. 2559 ประมาณ 17,829 ตัน แหล่งปลูกกาแฟโรบัสตาส่วนใหญ่อยู่ในจังหวัดชุมพร 128,054 ไร่ ระนอง 55,082 ไร่ สุราษฎร์ธานี 2,461 ไร่ และ กระบี่ 2,039 ไร่ (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) สาเหตุที่ทำให้พื้นที่ปลูกของกาแฟมีแนวโน้มลดลง เนื่องมาจากการสร้างดอก และติดผลของกาแฟที่มีปริมาณน้อยลง เพราะพื้นที่ที่มีการปลูกกาแฟเป็นพืชเชิงเดี่ยว มีการใช้เครื่องจักรทางการเกษตร ทำให้ดินเกิดการอัดแน่น ส่งผลให้โครงสร้างของดินถูกทำลาย ลดปริมาณคักยน้ำในดิน การชะล้างพังทลายของดินเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ลดการเจริญเติบโตของราก ทำให้ต้นกาแฟมีการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง (Miransari *et al.*, 2007) ขณะที่การใส่เชื้อ AMF ให้กับต้นกล้ากาแฟจะช่วยเพิ่มผลผลิตของเมล็ดกาแฟที่ปลูกในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Siqueira *et al.*, 1998) เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Sanchez *et al.* (2005) ซึ่งพบว่า การใส่เชื้อ AMF มีผลทำให้ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและการเจริญเติบโตของต้นกาแฟสูงกว่าการไม่ใส่เชื้อ AMF แสดงให้เห็นได้ว่าการใส่เชื้อ AMF สามารถช่วยให้กาแฟมีการเจริญเติบโตดี และปริมาณความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในต้นสูง ส่งเสริมให้กาแฟออกดอกและมีผลผลิตเพิ่มขึ้น (Andrade *et al.*, 2009) อย่างไรก็ตามปัจจุบันการศึกษาชนิดของเชื้อรา AMF ต่อการเจริญเติบโตของต้นกาแฟโรบัสตาในประเทศไทยยังมีไม่มากนัก จึงเป็นแนวคิดในการศึกษาเพื่อหาชนิดและปริมาณที่เหมาะสมของเชื้อ AMF ที่มีต่อการเจริญเติบโตในระยะแรกของต้นกล้ากาแฟโรบัสตา

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง ได้แก่ 1) ศึกษาผลของเชื้อ AMF บางชนิดที่มีต่อการเจริญเติบโตในระยะแรกของกล้ากาแฟโรบัสตา และ 2) ศึกษาชนิดและปริมาณเชื้อ AMF ที่มีต่อการเจริญเติบโตของกล้ากาแฟโรบัสตา

การทดลองที่ 1 ผลของเชื้อ AMF บางชนิดที่มีต่อการเจริญเติบโตในระยะแรกของกล้ากาแฟโรบัสตา

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ใส่เชื้อ AMF 8 ชนิด และการไม่ใส่เชื้อเป็นตำรับควบคุม รวมเป็น 9 ตำรับการทดลอง

ล้างทำความสะอาดภาชนะปลูก และเช็ดด้วยเอทานอล 75 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นบรรจุวัสดุปลูก (หน้าดินของชุดดินปากช่อง ผสมปุ๋ยหมักในอัตราส่วน 5: 1 โดยปริมาตร หลังจากนั้นผสม ยูเรีย หินฟอสเฟต และ โพแทสเซียมคลอไรด์ ให้มีปริมาณ N, P₂O₅ และ K₂O จำนวน 200, 300 และ 200 มก./กก.) ลงภาชนะปลูก 60 กรัม ปรับผิวหน้าดินให้เรียบ แล้วโรยผงเชื้อ 40 กรัม (ผงเชื้อ:วัสดุปลูก 1:1 โดยปริมาตร) ลงบนหน้าดินที่เตรียมไว้ ปรับให้เรียบ แล้วย้ายกล้ากาแฟระยะปักฝัสดู (30 วันหลังเพาะเมล็ด) โดยตำรับที่ไม่ใส่ผงเชื้อให้ใส่วัสดุปลูกแทน จากนั้นกลบด้วยวัสดุปลูก 20 กรัม ปรับผิวหน้าดินให้เรียบ และรดน้ำให้ชุ่ม

การทดลองที่ 2 ชนิดและปริมาณเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาที่มีต่อการเจริญเติบโตของกล้ากาแฟโรบัสตา

วางแผนการทดลองแบบ 5 x 5 factorial in CRD ประกอบด้วย เชื้อ AMF จำนวน 5 สายพันธุ์จากการทดลองที่ 1 และปริมาณของผงเชื้อ 5 ระดับ ได้แก่ 0, 5, 10, 20 และ 40 กรัม จำนวน 4 ซ้ำ โดยผสมผงเชื้อกับวัสดุปลูก 40, 35, 30, 20 และ 0 กรัม ตามลำดับ (ผงเชื้อ:วัสดุปลูก: คือ 0:40, 5:35, 10:30, 20:20 และ 40:0) โดยการเตรียมผงเชื้อทั้ง 5 สายพันธุ์จากการทดลองที่ 1 นั้น นำไปผลิตผงเชื้อโดยวิธี pot inoculum production โดยใช้หน้าดินของชุดดินปากช่องผสมกับปุ๋ยหมักฟางข้าวอัตราส่วน 10:1 โดยปริมาตรเป็นวัสดุปลูก และใช้ข้าวฟ่างเป็นพืชอาศัย ส่วนการเตรียมดินและใส่ผงเชื้อทำเหมือนกับการทดลองที่ 1



การเก็บข้อมูลและบันทึกผล

1) การครอบครองราก (root colonization; %) ที่ 2 และ 4 สัปดาห์หลังการใส่เชื้อโดยวิธี gridline intersect method ที่ระบุใน Brundrett et al. (1994) โดยใช้ forcep แบ่งรากมาส่วนหนึ่ง วางรากใน plate ที่มีเส้น gridline กระจายให้ทั่ว plate โดยใช้ น้ำกลั่นช่วย และใช้ dropper ตู้น้ำใน plate ออกให้แห้ง แล้วนำไปส่องดูภายใต้กล้อง dissecting microscope กำลังขยาย 40 เท่า นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหาร้อยละการเข้าครอบครองราก โดยสมการดังนี้

$$\text{Root colonization (\%)} = \frac{\text{จำนวนของรากที่เกิดการเข้าสู่อากาศ}}{\text{จำนวนรากทั้งหมดที่ตรวจสอบ}} \times 100$$

2) ความสูง และขนาดลำต้น (เซนติเมตร) โดยข้อมูลความสูงนำมาคำนวณหาความสูงที่เพิ่มขึ้น คือ ความสูงครั้งสุดท้าย - ความสูงที่เริ่มต้น ที่ระยะ 2 และ 4 สัปดาห์หลังการใส่เชื้อ

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) เพื่อหาค่า P-value หากข้อมูลแสดงความแตกต่างที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์ และนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลตามวิธีการของ Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์

การทดลองที่ 1 ผลของเชื้อ AMF บางชนิดที่มีต่อการเจริญเติบโตในระยะแรกของกล้ากาแฟโรบัสตา

จากการศึกษาผลของเชื้อ AMF จำนวน 8 ชนิดที่มีต่อการเจริญเติบโตในระยะแรกของกล้ากาแฟ พบว่าความหนาแน่นในการครอบครองรากกาแฟของแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในตำรับที่มีการใส่เชื้อราส่วนใหญ่จะมีความหนาแน่นในการครอบครองรากกาแฟสูง และให้ความหนาแน่นในการครอบครองได้ดีกว่าตำรับที่ไม่ใส่เชื้อ ซึ่งเชื้อ AMF จำนวน 5 ชนิด คือ *Glomus intradices* LU3, *Glomus* sp. 2TS5, *Glomus callosum* CH2, *Glomus callosum* KK5 และ *Glomus delhienae* LU3 ส่งเสริมให้การครอบครองรากกล้ากาแฟสูง (Table 1) ขณะที่ความสูงของกล้ากาแฟที่เพิ่มขึ้นหลังการใส่เชื้อ 2 และ 4 สัปดาห์ พบว่า แต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) โดยตำรับที่มีการใส่เชื้อราส่วนใหญ่ส่งเสริมให้ความสูงของกล้ากาแฟเพิ่มขึ้นสูงกว่าการไม่ใส่เชื้อ โดยเชื้อ AMF จำนวน 5 ชนิด คือ *Acaulospora morrowiae* LU6, *Gl. callosum* CH2, *Gl. callosum* KK5, *Gl. intradices* LU3 และ *Glomus* sp. 2TS5 ส่งเสริมให้กล้ากาแฟมีความสูงที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด ส่วนขนาดลำต้นของกล้ากาแฟหลังการใส่เชื้อที่ระยะ 4 สัปดาห์ แต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) ในตำรับที่มีการใส่เชื้อราส่งผลให้ขนาดลำต้นของกล้ากาแฟสูงขึ้น และให้ผลดีกว่าการไม่ใส่เชื้อ โดยขนาดของลำต้นกาแฟที่มีการใส่เชื้อราให้ขนาดลำต้นอยู่ในช่วง 0.16-0.17 ซม. และการไม่ใส่เชื้อให้ขนาดลำต้น 0.15 ซม. จากการศึกษาพบว่าเชื้อ AMF สามารถเข้าครอบครองรากกาแฟได้ค่อนข้างรวดเร็วในเวลาเพียง 2 สัปดาห์และภายในสัปดาห์ที่ 4 ก็พบว่าการครอบครองรากอยู่ในระดับที่หนาแน่นมาก และส่งผลต่อการเจริญเติบโตของกล้ากาแฟ ดังนั้นจากผลการทดลองที่ 1 จึงทำการคัดเลือกเชื้อ AMF ท้องถิ่นที่มีประสิทธิภาพในการครอบครองรากกาแฟ และส่งเสริมการเจริญเติบโตของกล้ากาแฟ จำนวน 5 ชนิด คือ *Acaulospora morrowiae* LU6, *Gl. callosum* CH2, *Gl. callosum* KK5, *Gl. intradices* LU3 และ *Glomus* sp. 2TS5 นี้ เพื่อการศึกษาต่อในการทดลองที่ 2



Table 1 Root colonization (%) of robusta coffee seedling at 2 and weeks after AMF inoculation

Treatments	Root colonization (%)	
	2 weeks	4 weeks
control	0.00 ^e	0.00 ^f
<i>Acaulospora morrowiae</i> LU6	31.25 ^a	49.77 ^{d-e}
<i>Glomus aggregatum</i> TS7	13.73 ^d	47.59 ^e
<i>Glomus callosum</i> CH2	16.67 ^c	71.43 ^b
<i>Glomus callosum</i> KK5	17.00 ^{b-c}	71.09 ^b
<i>Glomus delhienes</i> LU3	17.00 ^{b-c}	65.37 ^c
<i>Glomus intradices</i> LU3	18.18 ^b	77.50 ^a
<i>Glomus</i> sp.TS1	28.90 ^a	50.00 ^d
<i>Glomus</i> sp.2TS5	17.67 ^{b-c}	75.39 ^{a-b}
P value	0.00 (**)	0.00 (**)
CV.(%)	15.13	19.76

Values followed by the same letter in a column are not significant at 1% level by the Duncan Multiple Range Test

Table 2 Plant height increased and stem diameter of robusta coffee seedling at 2 and 4 weeks after AMF inoculation

Treatments	Plant height increased (cm)		Stem diameter (cm)	
	2 weeks	4 weeks	2 weeks	4 weeks
control	3.50	3.19 ^c	0.13 ^c	0.15 ^c
<i>Acaulospora morrowiae</i> LU6	5.29	5.64 ^a	0.16 ^a	0.17 ^a
<i>Glomus aggregatum</i> TS7	4.70	4.76 ^b	0.15 ^{a-b}	0.16 ^b
<i>Glomus callosum</i> CH2	5.75	5.38 ^{a-b}	0.14 ^b	0.16 ^b
<i>Glomus callosum</i> KK5	5.10	4.87 ^{a-b}	0.16 ^a	0.16 ^b
<i>Glomus delhienes</i> LU3	4.19	4.88 ^{a-b}	0.15 ^{a-b}	0.17 ^a
<i>Glomus intradices</i> LU3	5.25	4.96 ^{a-b}	0.16 ^a	0.16 ^b
<i>Glomus</i> sp.TS1	4.78	4.87 ^{a-b}	0.15 ^{a-b}	0.16 ^b
<i>Glomus</i> sp.2TS5	4.57	5.43 ^{a-b}	0.16 ^a	0.16 ^b
P value	0.03 (ns)	0.00 (**)	0.00 (**)	0.00 (**)
CV. (%)	19.00	10.53	13.00	9.09

Values followed by the same letter in a column are not significant at 1% level by the Duncan Multiple Range Test

การทดลองที่ 2 ชนิดและปริมาณผงเชื้อ AMF ที่มีต่อการเจริญเติบโตของกล้ากาแฟโรบัสตาที่ระยะ 2 และ 4 สัปดาห์

ก. ชนิดและปริมาณผงเชื้อ AMF ที่มีต่อการครอบครองรากของกล้ากาแฟโรบัสตา

การใส่เชื้อ AMF ชนิดต่างๆ และปริมาณผงเชื้อ AMF ในระดับที่ต่างกันส่งเสริมให้ความหนาแน่นในการครอบครองรากของกล้ากาแฟโรบัสตามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) โดยการใส่เชื้อ *Glomus* sp. 2TS5 ให้ปริมาณความหนาแน่นในการครอบครองรากกล้ากาแฟสูงที่สุด รองลงคือการใส่เชื้อ *Gl. intraradices* LU3 และการใส่เชื้อ *Gl. callosum* KK5 ให้การครอบครองรากต่ำที่สุดที่ระยะ 2 สัปดาห์หลังการใส่เชื้อ ในทางกลับกันที่ระยะ 4 สัปดาห์หลังการใส่เชื้อ พบว่าการใส่เชื้อ *Acaulospora morrowiae* LU6 ให้ปริมาณความหนาแน่นในการครอบครองรากกล้ากาแฟสูงที่สุด รองลงคือการใส่เชื้อ *Glomus* sp.2TS5 ส่วนการใส่เชื้อ *Gl. intraradices* LU3 ให้การครอบครองรากต่ำที่สุด (Table 3) แสดงว่าปริมาณความหนาแน่นในการครอบครองรากกล้ากาแฟของเชื้อ AMF แต่ละชนิดมีความจำเพาะเจาะจงกับรากของกล้ากาแฟ ซึ่งจากการทดลองพบว่า เชื้อ *Glomus* sp. 2TS5 และ *Acaulospora morrowiae* LU6 มีแนวโน้มให้ปริมาณความหนาแน่นในการครอบครองรากของกล้ากาแฟโรบัสตาค่อนข้างสูง

ขณะที่ปริมาณผงเชื้อ AMF ที่ใส่ในระดับที่ต่างกัน พบว่า ปริมาณเชื้อที่เพิ่มขึ้นส่งเสริมให้ความหนาแน่นในการครอบครองรากของกล้ากาแฟโรบัสตาเพิ่มสูงขึ้นทั้งที่ 2 และ 4 สัปดาห์ แต่เมื่อใส่ผงเชื้อ AMF ที่ปริมาณ 40 กรัม นั้น พบว่าปริมาณความหนาแน่นในการครอบครองรากกาแฟลดลง (Table 3) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะปริมาณของรากกล้ากาแฟมีน้อย ทำให้สารอาหารที่ปลดปล่อยจากกล้ากาแฟผ่านมาทางระบบรากให้กับเชื้อ AMF นั้นมีปริมาณสารอาหารไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของเชื้อ AMF ที่ใส่ไปในวัสดุปลูก จึงส่งผลให้ความหนาแน่นของเส้นใยในการครอบครองรากมีปริมาณน้อยตามไปด้วย เนื่องจากเชื้อ AMF และรากพืชอยู่ร่วมกันแบบพึ่งพาอาศัยกัน เอื้ออำนวยประโยชน์ซึ่งกันและกัน (symbiosis) เซลล์ของรากพืชและเราสามารถถ่ายทอดอาหารให้กันและกันได้ ต้นพืชได้รับน้ำและแร่ธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตจากรากส่วนรากได้รับสารอาหารจากรากพืชผ่านมาทางระบบราก เช่น พวกแป้ง น้ำตาล โปรตีน และวิตามินต่าง ๆ (Bolan, 1991)

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์กันระหว่างการใส่เชื้อ AMF ชนิดต่างๆ กับปริมาณผงเชื้อ AMF ในระดับที่ต่างกัน พบว่าการใส่เชื้อ AMF ชนิดต่างๆ กับปริมาณผงเชื้อในระดับที่ต่างกันมีความสัมพันธ์กันและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อการครอบครองรากกล้ากาแฟ (Table 3) โดยการใส่เชื้อ *Gl. intraradices* LU3 ในปริมาณ 20 กรัมต่อกระถาง ส่งเสริมให้มีปริมาณความหนาแน่นในการครอบครองรากกล้ากาแฟสูงที่สุดที่ระยะ 2 สัปดาห์ (Figure 1) ขณะที่การใส่เชื้อ *Acaulospora morrowiae* LU6 ในปริมาณผงเชื้อ AMF ที่อัตรา 10-40 กรัมต่อกระถาง และการใส่เชื้อ *Glomus* sp.2TS5 ในปริมาณผงเชื้อ AMF ที่อัตรา 5-20 กรัมต่อกระถาง ส่งเสริมให้มีปริมาณความหนาแน่นในการครอบครองรากกล้ากาแฟโรบัสตาสูง (Figure 2) อย่างไรก็ตามมีข้อสังเกตพบว่าการใส่เชื้อ *Acaulospora morrowiae* LU6 ในปริมาณสูง ส่งผลให้ปริมาณความหนาแน่นในการครอบครองรากกล้าสูงกว่าการใส่เชื้อ *Glomus* sp.2TS5 ในปริมาณการใส่ผงเชื้อที่ระดับเดียวกัน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเชื้อ *Acaulospora* sp. สามารถเจริญและทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ดีกว่าเชื้อ *Glomus* sp. เช่น ปริมาณสารอาหารจากรากพืชที่ปลดปล่อยออกมาไม่เพียงพอต่อการเจริญของเส้นใย เป็นต้น หรืออาจเป็นเพราะเชื้อ *Acaulospora* sp. มีโครงสร้างพิเศษที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการพักตัว เมื่อมีสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (resting spore) และเมื่อมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมก็จะเกิดการงอกและเจริญเข้าสู่รากพืชได้ จึงทำให้ปริมาณความหนาแน่นในการครอบครองรากกล้ากาแฟโรบัสตาสูงกว่าการใส่เชื้อ *Glomus* sp.



Table 3 Root colonization (%) of robusta coffee seedling at 2 and 4 weeks as affected by types and rates of AMF inoculation

Factors	Root colonization (%)	
	2 weeks	4 weeks
Mycorrhizal fungi (M)		
<i>Acaulospora morrowiae</i> LU6 (M1)	7.92 ^C	68.39 ^A
<i>Glomus callosum</i> CH2 (M2)	7.64 ^D	44.63 ^C
<i>Glomus callosum</i> KK5 (M3)	5.77 ^E	32.90 ^D
<i>Glomus intradices</i> LU3 (M4)	13.28 ^B	30.36 ^E
<i>Glomus</i> sp.2TS5 (M5)	14.12 ^A	50.77 ^B
P value (M)	0.00	0.00
Rate of inoculation (Q)		
0g (Q1)	0.21 ^e	0.57 ^e
5g (Q2)	9.15 ^d	49.73 ^c
10g (Q3)	12.89 ^b	55.48 ^b
20g (Q4)	14.88 ^a	65.49 ^a
40g (Q5)	11.65 ^c	46.06 ^d
P value (Q)	0.00 (**)	0.00 (**)
MxQ	0.00 (**)	0.00 (**)
CV.(%)	17.43	15.46

Values followed by the same letter in a column are not significant at 1% level by the Duncan Multiple Range Test

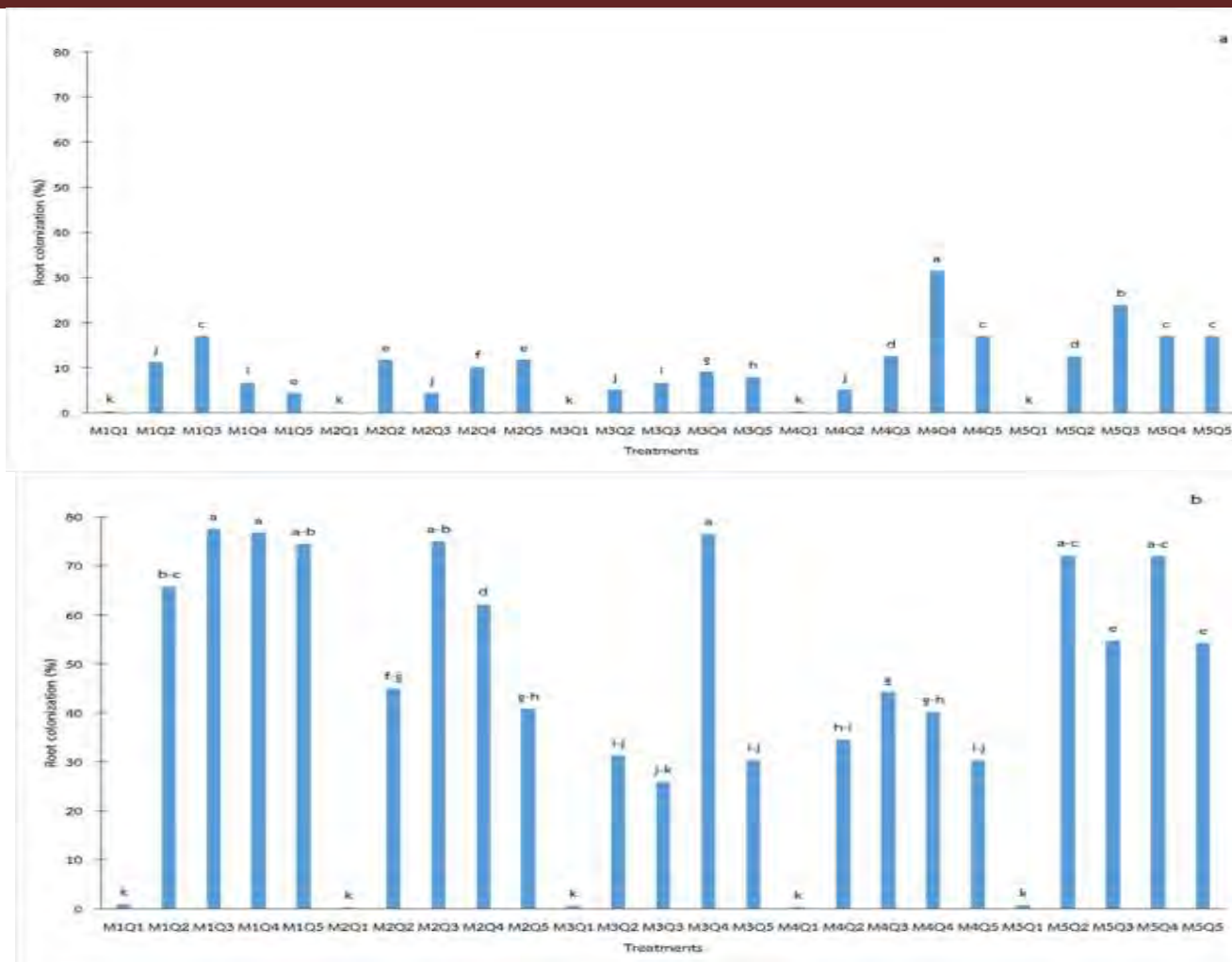


Figure 1 Interaction between of types and rates of AMF inoculation on root colonization (%) of robusta coffee seedling at 2 weeks and 4 weeks



ข. ชนิดและปริมาณผงเชื้อ AMF ที่มีต่อความสูงที่เพิ่มขึ้นของกล้ากาแฟโรบัสตา

การใส่เชื้อ AMF ชนิดต่างๆ และปริมาณผงเชื้อราในระดับที่ต่างกัน ส่งเสริมให้ความสูงที่เพิ่มขึ้นของกล้ากาแฟโรบัสตามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะ 4 สัปดาห์ (Table 4) โดยการใส่เชื้อ *Gl. callosum* KK5 และ *Glomus* sp. 2TS5 ส่งเสริมให้กล้ากาแฟโรบัสตามีความสูงที่เพิ่มขึ้นสูงที่สุด รองลงมาคือ การใส่เชื้อ *Gl. intradices* LU3, *Acaulospora morrowiae* LU6 และ *Gl. callosum* CH2 ตามลำดับ จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการใส่เชื้อ *Gl. callosum* KK5 และ *Glomus* sp.2TS5 ส่งเสริมให้กล้ากาแฟโรบัสตามีความสูงที่เพิ่มขึ้นสูงกว่าการใส่เชื้อชนิดอื่นๆ อาจเป็นเพราะเส้นใยของเชื้อ *Gl. callosum* KK5 และ *Glomus* sp.2TS5 สามารถเจริญอยู่รอบๆรากพืช และบางส่วนของเส้นใยเจริญเข้าไปในเซลล์ของรากพืช ซึ่งเส้นใยเจริญอยู่รอบๆรากพืชอย่างหลวมๆ และยื่นออกนอกรากพืชยังสามารถเจริญต่อกันเป็นร่างแหแผ่แทรกอยู่ในส่วนต่างๆของดิน จึงช่วยในการดูดซับน้ำและธาตุอาหารได้เพิ่มมากขึ้น เนื่องมาจากเชื้อ AMF มีปริมาณเส้นใยมากกว่าปริมาณของรากพืช (Sylvia and Chellemi, 2001) ขณะที่ปริมาณการใส่ผงเชื้อ AMF นั้น พบว่าปริมาณการใส่ผงเชื้อราส่งเสริมให้ความสูงที่เพิ่มขึ้นของกาแฟมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระยะ 4 สัปดาห์ (Table 4) กล่าวคือ ความสูงของกล้ากาแฟโรบัสตามีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณการใส่ผงเชื้อราที่เพิ่มขึ้น โดยปริมาณการใส่ผงเชื้อ AMF ที่อัตรา 10-40 กรัมต่อกระถาง มีแนวโน้มส่งเสริมให้ความสูงที่เพิ่มขึ้นของกล้ากาแฟเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบว่ามี ความแตกต่างกันทางสถิติ ดังนั้นปริมาณผงเชื้อ AMF ที่เหมาะสมควรเท่ากับ 10 กรัมต่อกระถาง เพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย โดยผลลัพธ์ที่ได้ยังเท่ากับการใส่ผงเชื้อ AMF ในอัตราที่สูงขึ้น

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์กันระหว่างการใส่เชื้อ AMF ชนิดต่างๆกับปริมาณผงเชื้อราในระดับที่ต่างกันต่อความสูงของกล้ากาแฟที่ระยะ 4 สัปดาห์ พบว่ามีความสัมพันธ์กันและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4) โดยการใส่เชื้อ *Gl. callosum* KK5 ในปริมาณผงเชื้อรา 10-40 กรัมต่อกระถาง ส่งเสริมให้มีความสูงที่เพิ่มมากขึ้นมากที่สุด (Figure 2) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ การใส่เชื้อ *Glomus* sp.2TS5, *Gl. intradices* LU3 และ *Acaulospora morrowiae* LU6 ในปริมาณผงเชื้อ AMF ที่อัตรา 40 กรัมต่อกระถาง ดังนั้นการใส่เชื้อ *Gl. callosum* KK5 ในปริมาณผงเชื้อ AMF ที่อัตรา 10 กรัมต่อกระถาง เป็นชนิดและปริมาณผงเชื้อ AMF ที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของกล้ากาแฟ

Table 4 Plant height increased (cm) of robusta coffee seedling at 2 and 4 weeks as affected by types of and rates of AMF inoculation

Factors	Plant height increased (cm)	
	2 weeks	4 weeks
Mycorrhizal fungi (M)		
<i>Acaulospora morrowiae</i> LU6 (M1)	4.53	5.34 ^B
<i>Glomus callosum</i> CH2 (M2)	3.97	4.69 ^B
<i>Glomus callosum</i> KK5 (M3)	3.70	7.03 ^A
<i>Glomus intradices</i> LU3 (M4)	3.98	5.53 ^B
<i>Glomus</i> sp.2TS5 (M5)	4.33	6.60 ^A
P value (M)	0.50	0.00
Rate of inoculation (Q)		
0g (Q1)	4.50	4.79 ^C
5g (Q2)	3.77	5.69 ^{b-c}
10g (Q3)	3.73	5.95 ^{a-b}
20g (Q4)	4.21	6.04 ^{a-b}
40g (Q5)	4.30	6.73 ^a
P value (Q)	0.48 (ns)	0.00 (**)
MxQ	0.76 (ns)	0.01 (**)
CV.(%)	22.34	12.24

Values followed by the same letter in a column are not significant at 1% level by the Duncan Multiple Range Test.



การใส่เชื้อ AMF ชนิดต่างๆส่งเสริมให้ขนาดลำต้นของกล้ากาแฟโรบัสตามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระยะ 4 สัปดาห์ (Table 5) โดยการใส่เชื้อ *Gl. callosum* KK5 *Gl. callosum* CH2 และ *Acaulospora morrowiae* LU6 ทำให้ขนาดลำต้นของกล้ากาแฟสูงที่สุด ขณะที่การใส่เชื้อ *Gl. intradices* LU3, และ *Glomus* sp.2TS5 ให้ขนาดลำต้นของกล้ากาแฟโรบัสตาใกล้เคียงกัน ส่วนปริมาณการใส่ผงเชื้อรา พบว่า ไม่ส่งผลให้ขนาดลำต้นของกล้ากาแฟโรบัสตาแตกต่างกัน รวมทั้งก็ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างการใส่เชื้อ AMF ต่างๆกับปริมาณผงเชื้อราในระดับที่ต่างกันต่อขนาดลำต้นของกาแฟดังแสดงใน Table 5 และ Figure 3 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใส่เชื้อ *Gl. callosum* KK5 ทำให้ขนาดของลำต้นสูงสุด และเป็นไปในแนวทางเดียวกันกับความสูงที่เพิ่มขึ้นของกล้ากาแฟโรบัสตา ดังนั้นเชื้อ *Gl. callosum* KK5 น่าจะเป็นเชื้อ AMF ที่เหมาะสมต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของกล้ากาแฟโรบัสตาทั้งด้านความสูงและขนาดลำต้นที่เพิ่มขึ้น

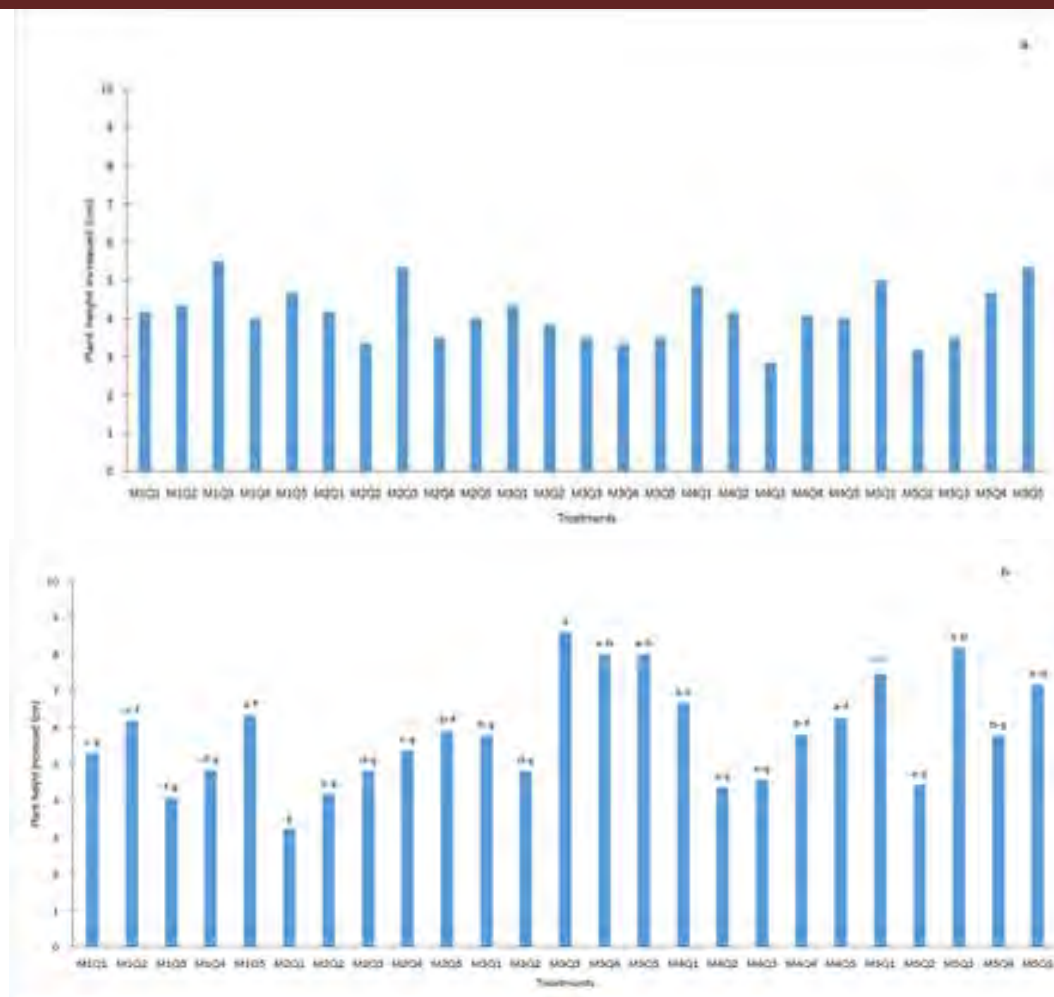


Figure 2 Interaction between of types and rate of AMF inoculation on plant height increases (cm) of robusta coffee seedling at 2 weeks (a) and 4 weeks (b)



Table 5 Stem diameter (cm) of robusta coffee seedling at 2 and 4 weeks as affected by types and rate of AMF inoculation

Factors	Stem diameter (cm)	
	2 weeks	4 weeks
Mycorrhizal fungi (M)		
<i>Acaulospora morrowiae</i> LU6 (M1)	0.17	1.97 ^{A-B}
<i>Glomus callosum</i> CH2 (M2)	0.15	1.84 ^{A-C}
<i>Glomus callosum</i> KK5 (M3)	0.15	1.99 ^A
<i>Glomus intradices</i> LU3 (M4)	0.16	1.75 ^{B-C}
<i>Glomus</i> sp.2TS5 (M5)	0.15	1.73 ^C
P value (M)	0.40	0.00
Powder Quantities (Q)		
0g (Q1)	0.15	1.83
5g (Q2)	0.16	1.75
10g (Q3)	0.16	1.84
20g (Q4)	0.16	1.93
40g (Q5)	0.16	1.92
P value (Q)	0.53	0.39
MxQ	0.93	0.09
CV.(%)	18.00	18.00

Values followed by the same letter in a column are not significant at 1% level by the Duncan Multiple Range Test.

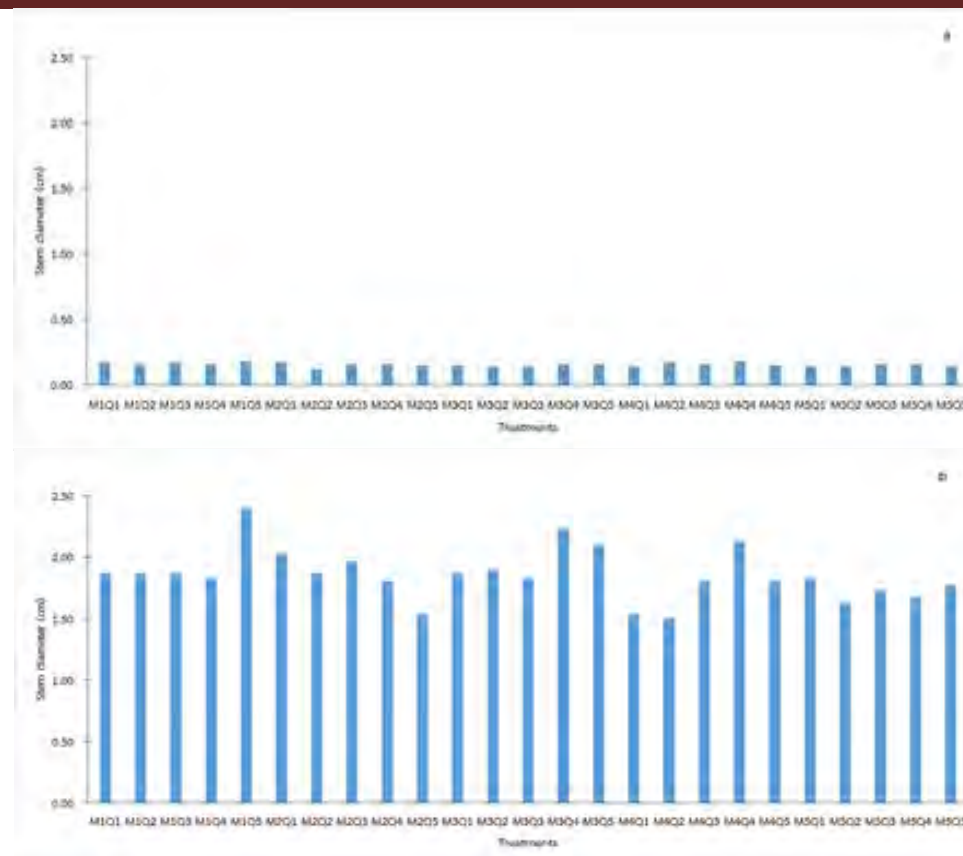


Figure 3 Interaction between of types and rate of AMF inoculation on stem diameter (cm) of robusta coffee seedling at 2 weeks (a) and 4 weeks (b)



สรุป

การใส่เชื้อ *Acaulospora morrowiae* LU6 ในปริมาณผงเชื้อ AMF10-40 กรัมต่อกระถาง และการใส่เชื้อ *Glomus* sp. 2TS5 ในปริมาณผงเชื้อ AMF ที่อัตรา 5-20 กรัมต่อกระถาง ส่งเสริมให้มีปริมาณความหนาแน่นในการครอบครองรากกล้ากาแฟโรบัสตาสูง ส่วนการใส่เชื้อ *Gl. callosum* KK5 ในปริมาณผงเชื้อ AMF10 กรัมต่อกระถาง ทำให้ความสูงและเส้นผ่าศูนย์กลางต้นสูงที่สุด ดังนั้น การใส่เชื้อรา *Gl. callosum* KK5 ในอัตรา 10 กรัมต่อกระถาง จึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) ที่สนับสนุนงบประมาณทุนวิจัยภายใต้โครงการ “การใช้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเพื่อยกระดับความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินที่ปลูกกาแฟ” และขอขอบคุณนางสาวนฤติ จุลบุษย์ ที่ช่วยความอนุเคราะห์หัตถ์กล้ากาแฟโรบัสตา

เอกสารอ้างอิง

- ธงชัย มาลา. 2550. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ: เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์. พิมพ์ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร, 143-188.
- พัทตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์. 2556. บทบาทของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อพืช ดิน และสิ่งแวดล้อม. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2(2) : 92-101.
- สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. ข้อมูลการผลิตและการตลาด กาแฟ 2558. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (ออนไลน์).
- แหล่งที่มา: http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=17878&filename=index
- Andrade, S. A. L., P. Mazzafera, M. A. Schiavunato and A. P. Silveira. 2009. Arbuscular mycorrhizal association in coffee. J. Agri. Sci. 147(2): 105-115.
- Bolan. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. Plant Soil 134 (2): 189-207.
- Brundrett, M., L. Melville. and L. Peterson. 1994. Practical methods in mycorrhiza research. Mycologia publications Ontario, Canada.
- Clark, R. B., and S. K. Zeto. 2000. Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. J. Plant Nutr. 23 (7): 867-902.
- Gianinazzi, S., A. Gollotte, M.-N. Binet, D. van Tuinen, D. Redecker, and D. Wipf. 2010. Agroecology: The key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. Mycorrhiza 20 (8): 519-530.
- Miransari, M., H. A. Bahrami, F. Rejali, M. J. Malakouti, and H. Torabi. 2007. Using arbuscular mycorrhiza to reduce the stressful effects of soil compaction on corn (*Zea mays* L.) growth. Soil Biol. Biochem. 39 (8): 2014-2026.
- Sanchez, C., E. Montilla, and R. C. Rivera. 2005. Comportamiento de 15 cepas de hongos micorrizogenos (hma) sobre el desarrollo de posturas de cafeto en un suelo pardo gleyoso. Revista Forestal Latinoamericana 38: 83-95.
- Siqueira, J. O., O. J. Saggin-Júnior, W. W. Flores-Aylas, and P. T. G. Guimarães. 1998. Arbuscular mycorrhizal inoculation and superphosphate application influence plant development and yield of coffee in Brazil. Mycorrhiza 7 (6): 293-300.
- Smith, S. E., and D. Read. 2008. Mycorrhizal symbiosis (third edition). Academic Press: London, p 13-41.



- Sylvia, D. M., and D. O. Chellemi. 2001. Interactions among root-inhabiting fungi and their implications for biological control of root Pathogens. *Adv. Agron.*73: 1-33.
- Vosátka, M., and J. Albrechtová. 2009. Microbial strategies for crop improvement. Khan, M. S., Zaidi, A., Musarrat, J., Eds.; Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg, p 205-225.



การติดตามการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่
ทุ่งกุลาร้องไห้โดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์
Monitoring in soil fertility change in tung kula ronghai
using geographic information systems

วัชรชัย แซ่ตั้ง^{1*} และวิทยา ตริโลเกศ¹

Whadcharee Saetung and Vidhaya Trelo-ges¹

บทคัดย่อ

ทุ่งกุลาร้องไห้เป็นแหล่งผลิตข้าวหอมมะลิที่สำคัญในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แต่ผลผลิตที่ได้ต่ำมากเมื่อเทียบกับข้าวที่ปลูกในภูมิภาคอื่น ซึ่งข้อมูลความอุดมสมบูรณ์ของดินมีความสำคัญมากต่อการเพิ่มผลผลิตข้าว ดังนั้นการติดตามการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตข้าวหอมมะลิให้เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพในการเพิ่มผลผลิตข้าวในเขตพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ต่อไป การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินจะใช้วิธีการประเมินของกองสำรวจดิน (2523) โดยจะพิจารณาสมบัติทางเคมีของดิน 5 ประการ ได้แก่ อินทรีย์วัตถุ, ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน, ร้อยละความอิ่มตัวเบส, ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ และเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน จากการศึกษาในปี พ.ศ. 2546 พื้นที่ส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง 51.23 เปอร์เซ็นต์ และความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 37.95 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ ส่วนผลการศึกษาในปี พ.ศ. 2560 พบว่าความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ส่วนใหญ่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 84.86 เปอร์เซ็นต์ และความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง 0.50 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้มีความอุดมสมบูรณ์ลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากดินมีร้อยละความอิ่มตัวเบสลดลง และพบว่าสมบัติดินบางประการที่มีผลทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ได้แก่ อินทรีย์วัตถุ, ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน, ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน ดังนั้นผลการศึกษาครั้งนี้ จึงมีข้อเสนอแนะให้เกษตรกรในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้มีการใช้ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักในปริมาณที่สูงอย่างต่อเนื่องร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราที่เหมาะสมเพื่อเป็นการลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลง ทั้งนี้เพื่อช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดินและเพื่อเพิ่มผลผลิตพืช ตลอดจนเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องสามารถจัดเก็บข้อมูลระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้เป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของดินและประยุกต์ใช้ข้อมูลดังกล่าวในการแบ่งเขตการผลิตข้าวหอมมะลิในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ต่อไป

คำสำคัญ: ข้าวหอมมะลิ, การเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของดิน, ทุ่งกุลาร้องไห้

Abstract

Thung Kula Ronghai is a major source of jasmine rice in the northeastern region, but its yields very low compared to other regions. Soil fertility important for increasing yield. Therefore, the monitoring of soil fertility changes is necessary to obtain basic information on improving the productivity of jasmine rice, the area has the potential to increase rice yield in Tung Kula Ronghai area. The soil fertility evaluation was used the Soil Survey Division Method (1980). The five soil chemical properties were determined, organic matter, cation exchange capacity, base saturation, available phosphorus and available potassium and compare changes in soil fertility. The result of soil fertility evaluation showed that in 2003, most area had moderate abundance of 51.23 percent and low abundance of 37.95 percent. In year 2017, Soil fertility in most areas was low at 84.86 percent, and moderate abundance was 0.50 percent. The results indicate that soil fertility in Thung Kula Ronghai area is decreasing, this may be to lower base saturation and found that some soil properties to low fertility were organic matter, cation exchange capacity, available phosphorus and potassium in soil. So the recommended that farmers in Tung Kula Rong Hai use fresh manure, compost and manure in high quantity continuously with chemical fertilizers appropriate rate. In order to increase soil fertility and crop yield as well as related staff, soil fertility data can be stored as baseline data in geographic information systems to monitor soil fertility change and to apply delineation of Jasmine rice production in Thung Kula Ronghai area.

Keywords: Jasmine rice, Soil fertility Change, Thung Kula Ronghai

¹ สาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น,

1 Land Resource and Environment Section, Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, * นักศึกษาปริญญาเอก, Doctoral students

* Corresponding author: whadcharee@gmail.com



บทนำ

ทุ่งกุลาร้องไห้เป็นแหล่งผลิตข้าวขาวดอกมะลิที่สำคัญเนื่องจากข้าวหอมมะลิที่ผลิตได้มีคุณภาพดีที่สุดในประเทศไทยมีคุณลักษณะเด่นคือ เมล็ดเรียวยาวและมีความหอมเด่นชัดกว่าที่ปลูกในพื้นที่อื่นๆ จึงส่งผลให้ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งผลิตข้าวขาวดอกมะลิที่สำคัญและเป็นแหล่งใหญ่ของประเทศ แต่ผลผลิตที่ได้ในภูมิภาคนี้ยังต่ำมากโดยมีผลผลิตเฉลี่ย 350-400 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ปลูกในภูมิภาคอื่น ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดหลายประการ เช่น ความแห้งแล้งและน้ำท่วมเพราะพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในเขตพื้นที่อาศัยน้ำฝน และดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ จึงเป็นผลทำให้ผลผลิตข้าวลดลง ดังนั้นการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตข้าวขาวดอกมะลิในระดับเกษตรกรจึงมีความสำคัญและพบว่าข้อมูลระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินมีความสำคัญมากต่อการเพิ่มผลผลิตข้าว เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาขึ้นอยู่กับวิธีการจัดการความอุดมสมบูรณ์ของดินที่แตกต่างกันตลอดจนแนวทางในการจัดการดินที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิของพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ การใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการปลูกพืชชนิดอื่นหลังฤดูการทำนาซึ่งสิ่งต่างๆ เหล่านี้ล้วนมีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินทั้งสิ้น ดังนั้นในการศึกษานี้จึงได้ทำการศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้ปลูกข้าวในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตข้าวหอมมะลิ และแนวทางการจัดการดินเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวหอมมะลิในเขตพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ต่อไป ซึ่งการดำเนินการดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน และติดตามการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของดิน ตลอดจนแนวทางในการจัดการดินที่เหมาะสมสำหรับการเพิ่มผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิของพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ ตลอดจนทำให้การดำเนินงานมีความสะดวกรวดเร็ว จึงได้นำเอาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาช่วยในการจัดการข้อมูลซึ่งระบบดังกล่าวสามารถจัดเก็บข้อมูล บันทึกข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลในรูปของแผนที่ รวมทั้งผสมผสานข้อมูลพื้นที่ต่างๆ ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์และเงื่อนไขได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นระบบดังกล่าวจึงสามารถนำมาใช้กับข้อมูลเชิงพื้นที่ได้เป็นอย่างดี

อุปกรณ์และวิธีการ

1) อุปกรณ์

- เครื่องคอมพิวเตอร์พร้อมทั้งซอฟต์แวร์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
- เครื่องมือในการสำรวจภาคสนาม เช่น เครื่องรับสัญญาณระบบระบุตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS receiver)

อุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างดินภาคสนามมาตรฐาน เช่น พลั่ว สว่านเจาะดิน ถุงเก็บตัวอย่างดิน เป็นต้น

- ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ได้แก่ แผนที่ภูมิประเทศระวาง 5639IV (กรมแผนที่ทหาร, 2543), แผนที่ภูมิประเทศระวาง 5640II (กรมแผนที่ทหาร, 2543), แผนที่ภูมิประเทศระวาง 5739IV (กรมแผนที่ทหาร, 2543), แผนที่ภูมิประเทศระวาง 5639I (กรมแผนที่ทหาร, 2542), แผนที่ภูมิประเทศระวาง 5640III (กรมแผนที่ทหาร, 2542), แผนที่ภูมิประเทศระวาง 5740III (กรมแผนที่ทหาร, 2542), แผนที่ภูมิประเทศระวาง 5740II (กรมแผนที่ทหาร, 2541), แผนที่ภูมิประเทศระวาง 5839I (กรมแผนที่ทหาร, 2539), แผนที่ภูมิประเทศระวาง 5839IV (กรมแผนที่ทหาร, 2539), แผนที่ภูมิประเทศระวาง 5840III (กรมแผนที่ทหาร, 2539), แผนที่ภูมิประเทศระวาง 5739I (กรมแผนที่ทหาร, 2522)
- ข้อมูลแผนที่ดินทุ่งกุลาร้องไห้ มาตราส่วน 1: 100,000 (กองสำรวจที่ดิน, 2515)

2) วิธีการ

2.1) การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างภาคสนามในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้

โดยการคำนวณจุดเก็บตัวอย่างดินได้โดยใช้มาตราส่วนในการสำรวจ 1:100,000 เป็นการสำรวจในระดับค่อนข้างหยาบ (เอิบ, 2542) ซึ่งใช้วิธีการคำนวณของ Forbes et al. (1984) ดังนี้

$$\begin{aligned}\text{จำนวนจุดสำรวจ} &= (1/50) \times 10^{10} \times (\text{มาตราส่วนของการสำรวจ})^2 \\ &= (1/50) \times 10^{10} \times (1/100,000)^2 \\ &= 0.02 \text{ จุดต่อตารางกิโลเมตร} \\ &= 1 \text{ จุดต่อ } 50 \text{ ตารางกิโลเมตร} \\ &= 62.70 \text{ จุดต่อพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ทั้งหมด (3,135.41 ตารางกิโลเมตร)}\end{aligned}$$

ซึ่งหมายความว่า การเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ ควรมีการเก็บตัวอย่างดินอย่างน้อยที่สุดให้ได้ประมาณ 63 จุด และในการศึกษานี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างดินทั้งหมด 67 ตัวอย่าง และจุดเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ศึกษานั้นอ้างอิงตามชุดดินในแผนที่ดินมาตราส่วน 1:100,000 เป็นหลัก และกำหนดจุดเก็บตัวอย่างดินลงบนแผนที่เพื่อการสำรวจภาคสนาม

2.2) ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และกำหนดเกณฑ์การแบ่งระดับสมบัติทางเคมีของดินเพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินของกองสำรวจดิน (2523) หลังจากนั้นทำการออกสำรวจภาคสนามและทำการเก็บตัวอย่างดินที่



ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร จำนวน 67 ตัวอย่าง (Figure 2) ให้ครอบคลุมพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ในพื้นที่ 5 จังหวัดได้แก่ ศรีสะเกษ, ยโสธร, ร้อยเอ็ด, สุรินทร์ และมหาสารคามซึ่งเป็นบริเวณที่มีการผลิตข้าวพร้อมกับบันทึกค่าพิกัดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์

2.3) วิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ อินทรีย์วัตถุ (organic matter), ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน, ร้อยละความอิ่มตัวเบส, ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P_2O_5) และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available K_2O) ตามวิธีมาตรฐาน และทำการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินตามเกณฑ์ของกองสำรวจดิน (2523) โดยการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินจะใช้วิธีการประเมินของกองสำรวจดิน (2523) โดยประเมินจากการให้ค่าคะแนน สมบัติทางเคมีของดิน 5 ประการ ได้แก่ อินทรีย์วัตถุ, ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน, ร้อยละความอิ่มตัวเบส, ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ตามเกณฑ์ค่าคุณสมบัติทางเคมีที่วิเคราะห์ได้ โดยกำหนดเกณฑ์ค่าให้เท่ากับ 1 คะแนน, เกณฑ์ปานกลางให้เท่ากับ 2 คะแนน และเกณฑ์สูงให้เท่ากับ 3 คะแนน หากคะแนนรวมของดินเท่ากับหรือน้อยกว่า 7 คะแนน ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ, คะแนนรวมของดินอยู่ในช่วง 8-12 คะแนน ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และคะแนนรวมของดินเท่ากับ 13 คะแนนหรือมากกว่า ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์สูงหลังจากนั้นนำข้อมูล ประมวลผลข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อจัดทำแผนที่แสดงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินและแผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของดินกับการศึกษาของวัชรี (2546)

ผลและวิจารณ์

1. สภาพทั่วไปของพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้

ทุ่งกุลาร้องไห้ (Figure 1) มีพื้นที่ประมาณ 1,959,631.40 ล้านไร่ (3,135.41 ตารางกิโลเมตร) สภาพภูมิประเทศเป็นแอ่งกระทะขนาดใหญ่ บริเวณรอบชายทุ่งจะเป็นที่สูงและค่อยๆ ลาดเทลงมาจรดพื้นที่ตอนกลาง (broad depression) พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบ มีความลาดชัน 0 - 2 เปอร์เซ็นต์ มีอาณาเขตครอบคลุมพื้นที่ 12 อำเภอ 5 จังหวัด คือ อำเภอกะหรี่ปั๊วะ อำเภอบัณฑิตย์ อำเภอสวรรคภูมิ อำเภอนครชัยศรี และอำเภอนครชัยศรี จังหวัดร้อยเอ็ด, อำเภอนครชัยศรี และอำเภอนครชัยศรี จังหวัดศรีสะเกษ, อำเภอมหาชนะชัยและอำเภอนครชัยศรี จังหวัดยโสธร, อำเภอนครชัยศรีและอำเภอนครชัยศรี จังหวัดสุรินทร์ และอำเภอนครชัยศรี จังหวัดมหาสารคาม ซึ่งคิดเป็นพื้นที่ในจังหวัดร้อยเอ็ด 45.13 เปอร์เซ็นต์, จังหวัดสุรินทร์ 29.93 เปอร์เซ็นต์, จังหวัดศรีสะเกษ 13.74 เปอร์เซ็นต์, จังหวัดมหาสารคาม 8.42 เปอร์เซ็นต์ และพื้นที่จังหวัดยโสธร 2.71 เปอร์เซ็นต์ (วัชรี และคณะ, 2554) พื้นที่ส่วนใหญ่ (Figure 3) จะอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 20 ซึ่งเป็นกลุ่มชุดดินกุลาร้องไห้ (Ki) มีพื้นที่ประมาณ 315,560.66 ไร่ หรือ 16.10 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาเป็นหน่วยดินเชิงซ้อนของชุดดินธวัชบุรีและชุดดินท่าตูม (Th-Tt) ซึ่งอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 7 มีพื้นที่ประมาณ 274,921.65 ไร่ หรือคิดเป็น 14.03 เปอร์เซ็นต์ ถัดมาเป็นชุดดินท่าตูม (Tt) ซึ่งอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 7 เช่นกัน มีพื้นที่ประมาณ 180,648.61 ไร่ หรือ 9.22 เปอร์เซ็นต์ และชุดดินธวัชบุรี (Th) ก็จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 7 เช่นกันซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 161,979.29 ไร่ หรือ 8.27 เปอร์เซ็นต์ เป็นต้น ลักษณะที่สำคัญของกลุ่มชุดดินที่ 20 คือ เป็นกลุ่มดินเค็มเกิดจากตะกอนลำนํ้า มีคราบเกลือปรากฏอยู่บนผิวนํ้าดินหรือมีชั้นดานแข็งสะสมเกลือภายในความลึก 100 เซนติเมตรจากผิวดิน ปฏิกิริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นด่าง การระบายน้ำค่อนข้างเลว ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื้อดินค่อนข้างเป็นทรายและขาดแคลนแหล่งน้ำจืดในพื้นที่ดินเค็มจัด มีคราบเกลือมาก ไม่มีแหล่งน้ำจืด และมีน้ำท่วมขังในฤดูฝน ซึ่งจะทำความเสียหายให้กับพืชที่ไม่ชอบน้ำ เป็นต้น สำหรับกลุ่ม ชุดดินที่ 7 นั้นพบว่าเป็นกลุ่มดินเหนียวลึกมากที่เกิดจากตะกอนลำนํ้า ปฏิกิริยาดินเป็นกลางถึงเป็นด่าง การระบายน้ำค่อนข้างเลว ความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง โครงสร้างแน่นทึบ ดินแห้งแข็ง ทำให้ไถพรวนยาก ขาดแคลนน้ำ และน้ำท่วมขังในฤดูฝน ทำความเสียหายกับพืชที่ไม่ชอบน้ำ เป็นต้น การใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ส่วนใหญ่จะใช้ในการปลูกข้าว ปัจจุบันผลผลิตข้าวหอมมะลิต่ำมาก 350-400 กิโลกรัม/ไร่ ทั้งนี้เนื่องจากข้อจำกัดบางประการ เช่น ความแห้งแล้งและน้ำท่วมเพราะพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในเขตพื้นที่อาศัยน้ำฝน ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำจึงเป็นผลทำให้ผลผลิตข้าวลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวหอมมะลิในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้มีความหอมที่ลดลงคือมีความหอมอยู่ในระดับปานกลาง 68.80 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ส่วนใหญ่ สำหรับหอมมากและหอมอ่อนนั้นมีเพียงเล็กน้อยเท่านั้นคือ 19.96 และ 3.55 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (วัชรี และวิทยา, 2559)

2. ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้

ผลการวิเคราะห์หาสมบัติทางเคมีของดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร ประกอบด้วยอินทรีย์วัตถุในดิน, ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน, ร้อยละความอิ่มตัวเบส, ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์และประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน พื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้เปรียบเทียบผลการศึกษาศมบัติทางเคมีดินในปี พ.ศ. 2546 (วัชรี, 2546) ซึ่งพบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่จะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ 1,324,228.82 ไร่ (67.57 เปอร์เซ็นต์), ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่า 10 เซนติโมล/กิโลกรัม 1,706,807.59 ไร่ (87.01 เปอร์เซ็นต์), ร้อยละความอิ่มตัวเบสอยู่ในเกณฑ์ปานกลางคือ 35-75



เปอร์เซ็นต์ 1,091,861.91 ไร่ (55.71 เปอร์เซ็นต์), ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่า 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม 883,377.97 ไร่ (45.07 เปอร์เซ็นต์) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่า 60 มิลลิกรัม/กิโลกรัม 1,086,138.51 ไร่ (55.42 เปอร์เซ็นต์) ส่วนผลการศึกษาสมบัติทางเคมีดินในปี พ.ศ. 2560 พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่จะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ 1,617,335.60 ไร่ (82.53 เปอร์เซ็นต์), ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำกว่า 10 เซนติโมล/กิโลกรัม 1,627,065.29 ไร่ (83.03 เปอร์เซ็นต์), ร้อยละความอิ่มตัวเบสอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ 1,013,940.86 ไร่ (51.74 เปอร์เซ็นต์), ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่า 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม 1,650,740.28 ไร่ (84.23 เปอร์เซ็นต์) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่า 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม 1,597,953.39 ไร่ (81.54 เปอร์เซ็นต์) (Table 1)

Table 1 สมบัติทางเคมีของดินในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ ปี พ.ศ. 2546 และปี พ.ศ. 2560

สมบัติทางเคมี ของดิน	ปี พ.ศ. 2546	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)	ปี พ.ศ. 2560	พื้นที่ (ไร่)	พื้นที่ (%)
1) อินทรีย์วัตถุ (%)	< 1.5	1,324,228.82	67.57	< 1.5	1,617,335.60	82.53
2) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cmol/kg)	<10	1,706,807.59	87.01	< 10	1,627,065.29	83.03
3) ร้อยละความอิ่มตัวเบส (%)	35-75	1,091,861.91	55.71	<35	1,013,940.86	51.74
4) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	<10	883,377.97	45.07	<10	1,650,740.28	84.23
5) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (mg/kg)	<60	1,086,138.51	55.42	<60	1,597,953.39	81.54

3. การเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้

ผลการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ในปี พ.ศ. 2546 พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่จะมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง 1,003,893.73 ไร่ หรือ 51.23 เปอร์เซ็นต์, ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 743,650.41 ไร่ หรือ 37.95 เปอร์เซ็นต์ (Figure 4) ในส่วนของปี พ.ศ. 2560 พบว่าระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ส่วนใหญ่จะมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 1,663,075.55 ไร่ หรือ 84.86 เปอร์เซ็นต์, ความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง 9,729.69 ไร่ หรือ 0.50 เปอร์เซ็นต์ (Figure 5) จากผลการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่าดินในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางลดลงประมาณ 994,164.04 ไร่ หรือ 50.73 เปอร์เซ็นต์ และพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 919,425.14 ไร่ หรือ 46.92 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่าพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลงไป ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำเป็นส่วนใหญ่ หรืออาจกล่าวได้ว่าพื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ปานกลางเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำเพิ่มสูงขึ้น และชี้ให้เห็นว่าความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้มีความอุดมสมบูรณ์ลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากดินมีร้อยละความอิ่มตัวเบสลดลง ดังนั้นผลการศึกษานี้จึงมีข้อเสนอแนะให้เกษตรกรในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้มีการใช้ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมักในปริมาณที่สูงอย่างต่อเนื่องร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราที่เหมาะสมเพื่อเป็นการลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลงทั้งนี้เพื่อช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดินและเพื่อเพิ่มผลผลิตพืช ตลอดจนเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องสามารถจัดเก็บข้อมูลระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้เป็นฐานข้อมูลเบื้องต้นในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของดินและประยุกต์ใช้ข้อมูลดังกล่าวในการแบ่งเขตการผลิตข้าวหอมมะลิในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ต่อไป

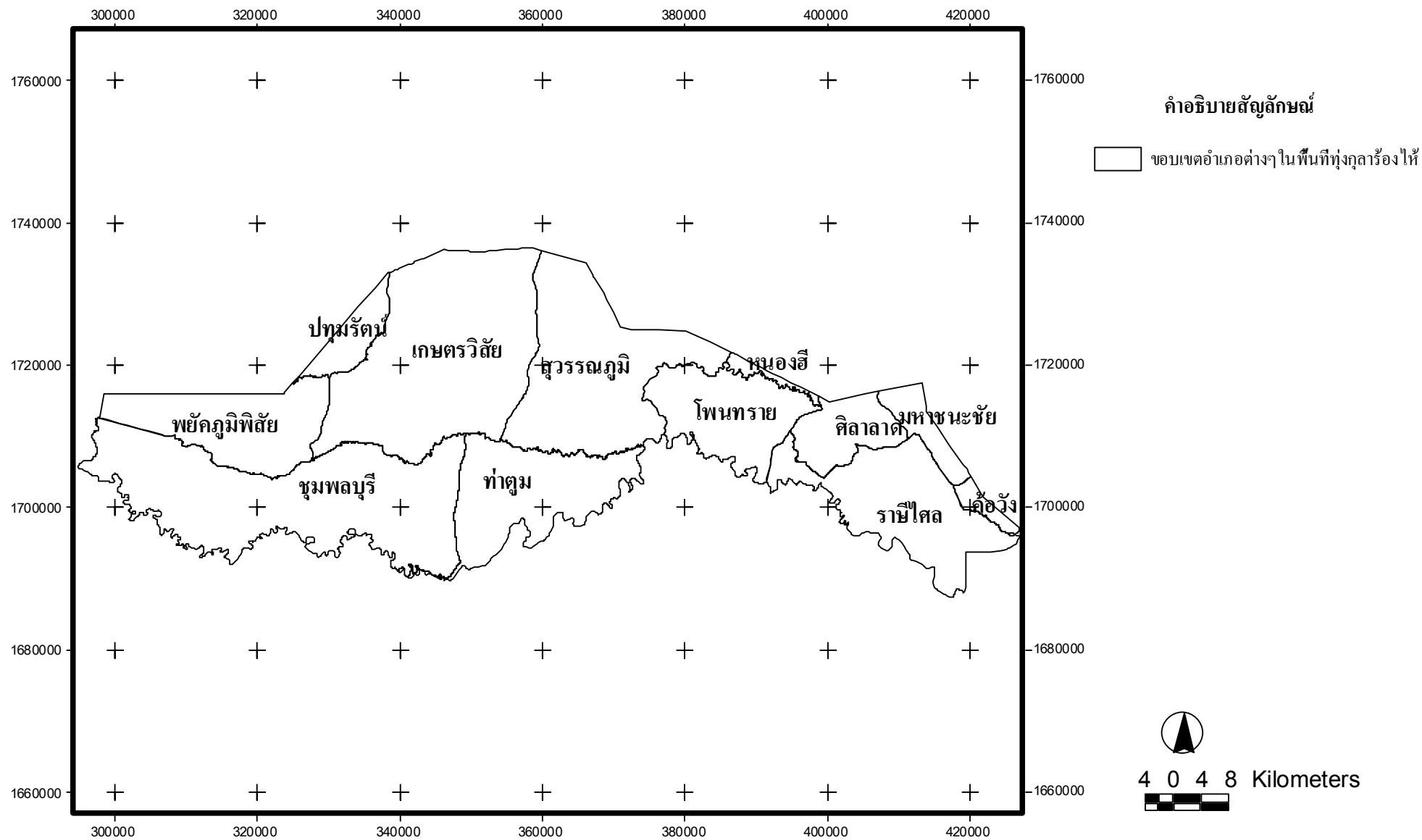


Figure 1 แผนที่แสดงพื้นที่ศึกษารายอำเภอ (ทุ่งกุลาร้องไห้)

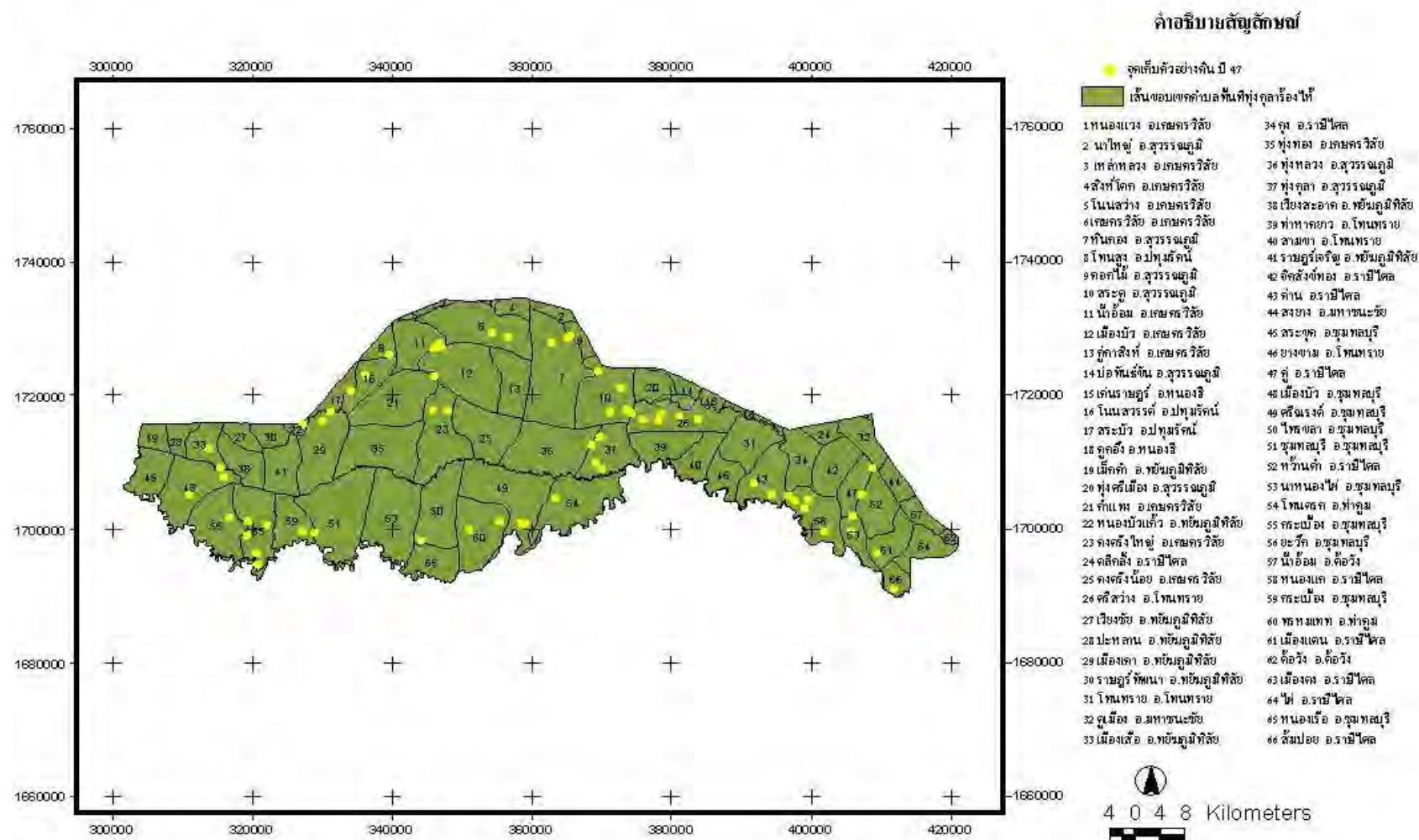


Figure 2 แผนที่แสดงจุดเก็บตัวอย่างดินรายตำบลในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้

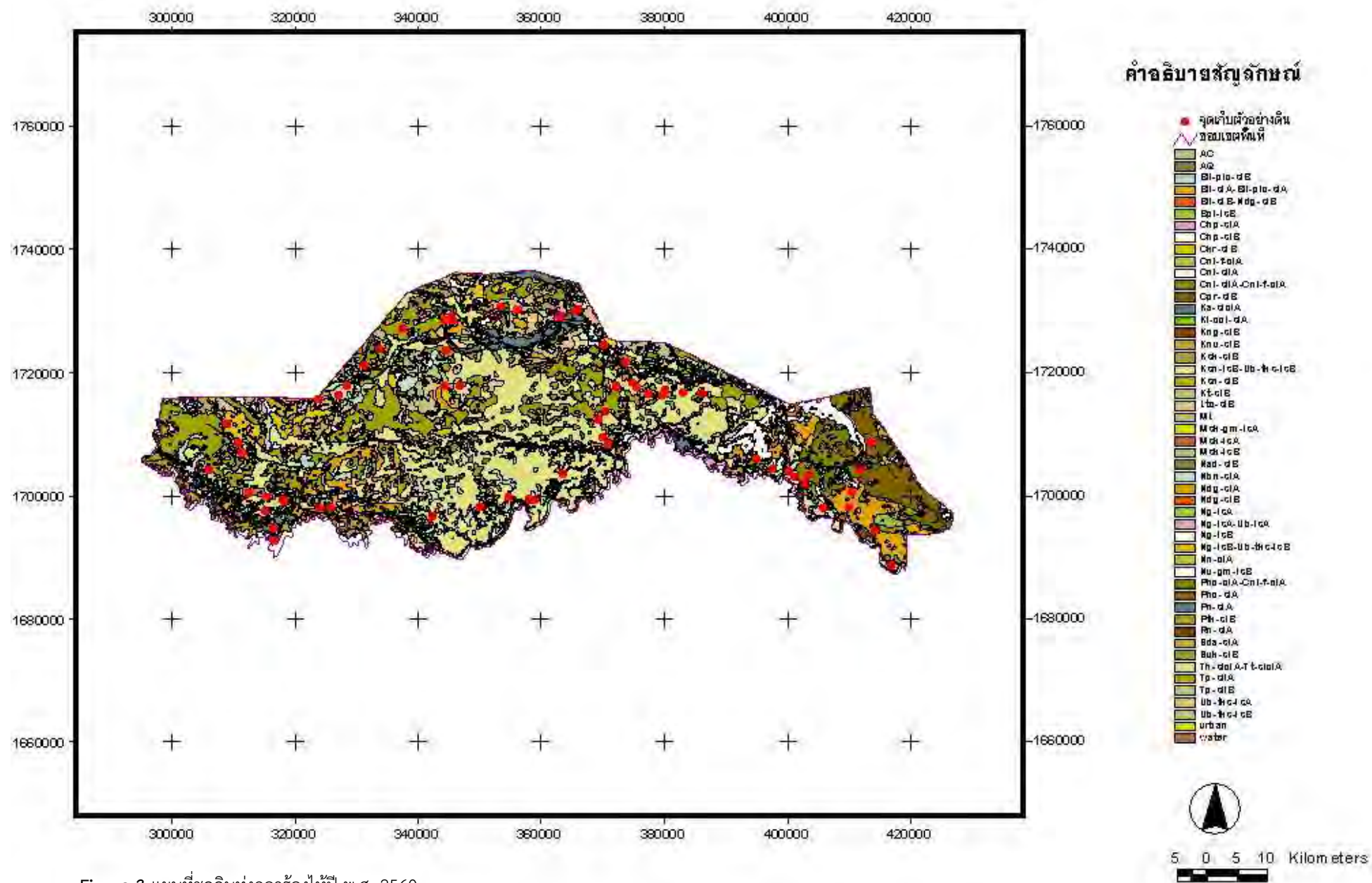
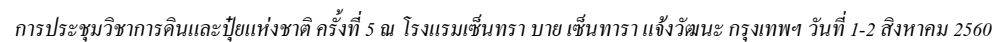


Figure 3 แผนที่ชุดดินทุ่งกุลาร้องไห้ปี พ.ศ. 2560

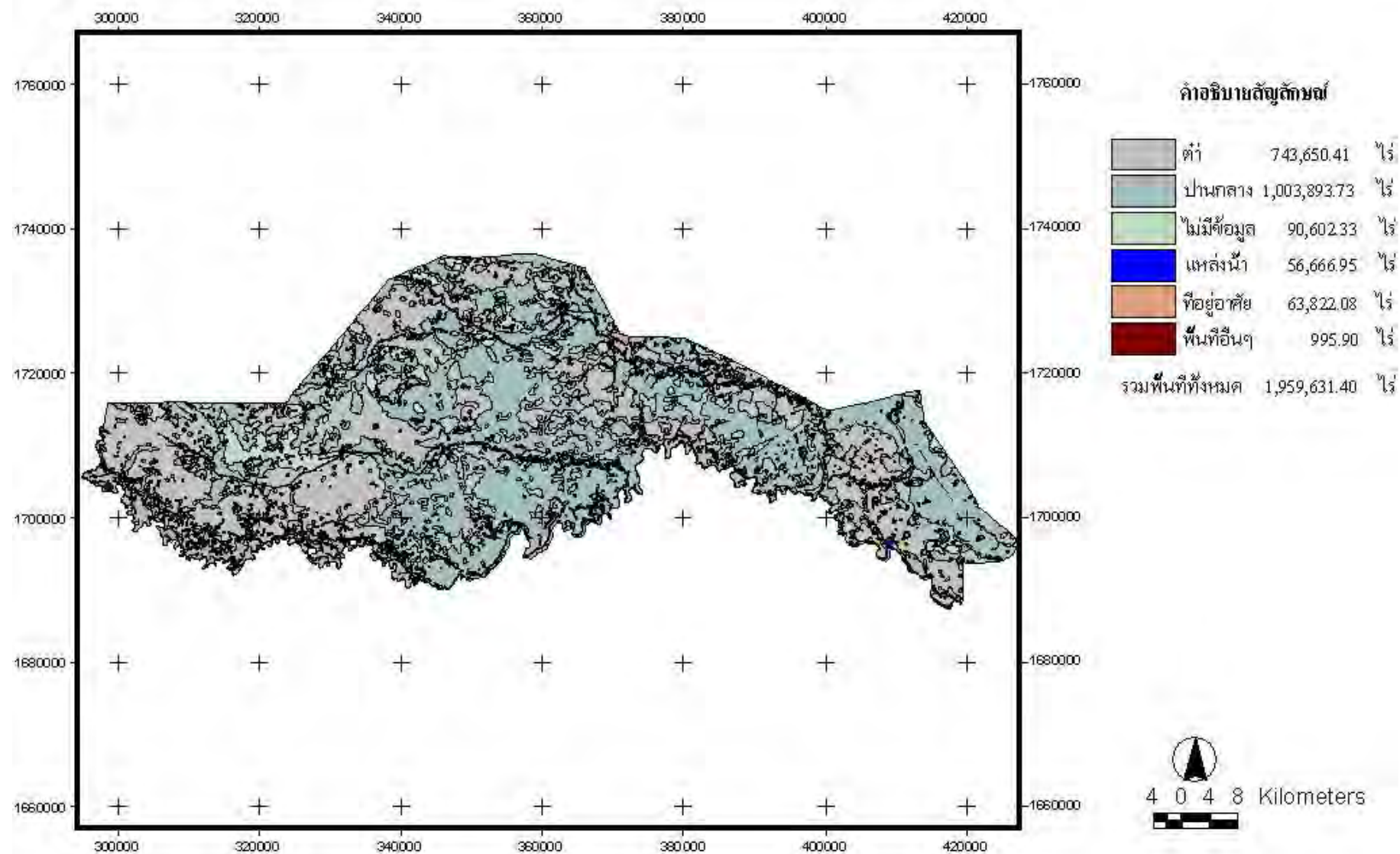


Figure 4 แผนที่แสดงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ปี 2546

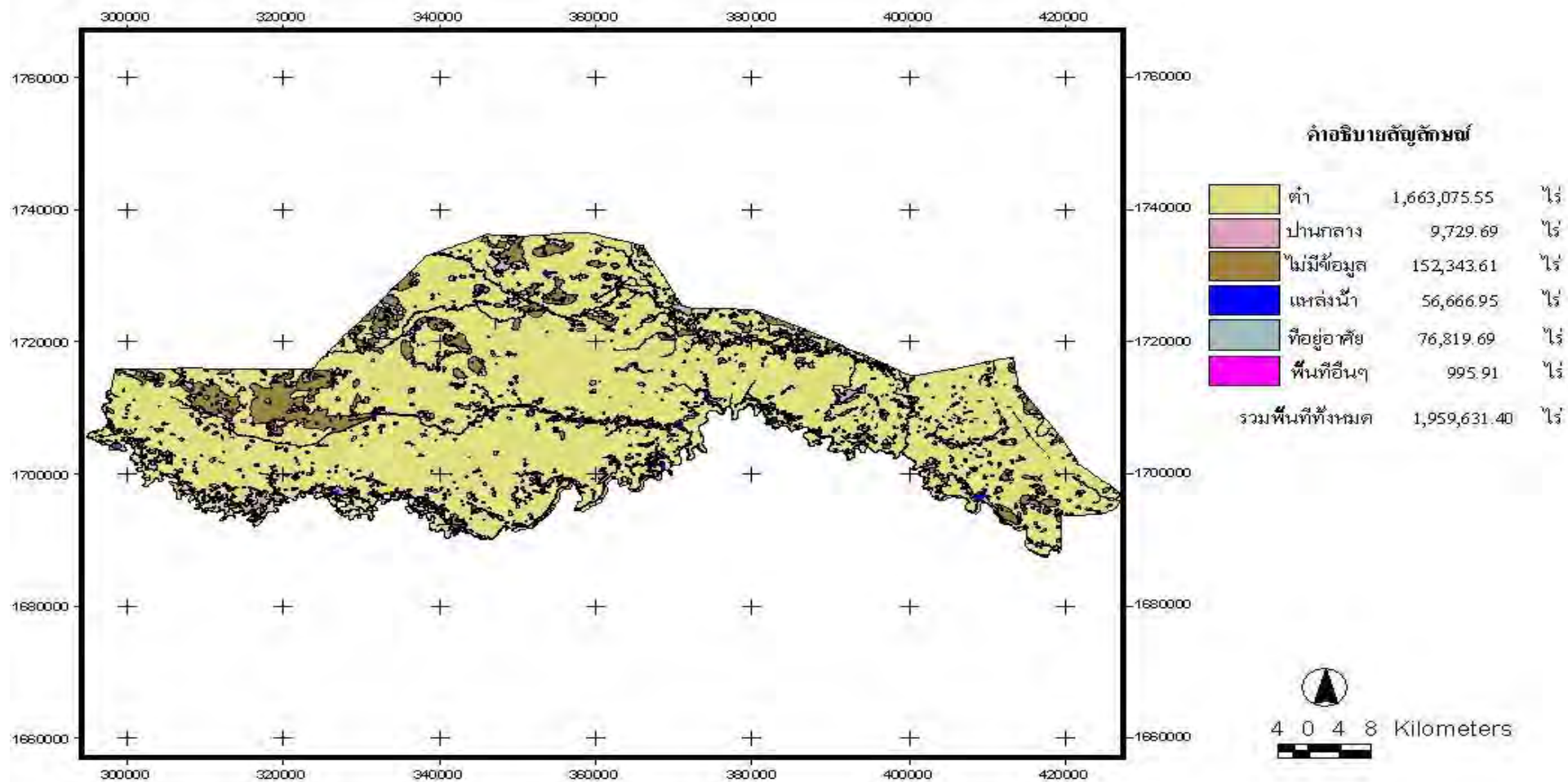


Figure 5 แผนที่แสดงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ ปี พ.ศ. 2560



สรุป

การติดตามการเปลี่ยนแปลงระดับอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้โดยวิธีการประเมินระดับอุดมสมบูรณ์ของดินตามเกณฑ์ของกองสำรวจดิน (2523) โดยประเมินจากการให้ค่าคะแนนสมบัติทางเคมีดิน 5 ประการ ได้แก่ อินทรีย์วัตถุ, ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน, ร้อยละความอิ่มตัวเบส, ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ และเปรียบเทียบระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ในปี พ.ศ. 2560 กับการศึกษาในปี พ.ศ. 2546 พบว่าในปี พ.ศ. 2546 พื้นที่ส่วนใหญ่จะมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง 51.23 เปอร์เซ็นต์ และความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 37.95 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของปี พ.ศ. 2560 พบว่าความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ส่วนใหญ่จะมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ 84.86 เปอร์เซ็นต์, และความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง 0.50 เปอร์เซ็นต์ การเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ พบว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลางลดลงประมาณ 50.73 เปอร์เซ็นต์ และมีพื้นที่ที่ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 46.92 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะเห็นว่าพื้นที่ดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลางเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ดินที่มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำเพิ่มสูงขึ้น ดินในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้มีความอุดมสมบูรณ์ลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากดินมีร้อยละความอิ่มตัวเบสลดลงโดยพื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ปานกลางเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ความอุดมสมบูรณ์ต่ำเพิ่มขึ้นแจกกระจายอยู่ในบริเวณอำเภอปทุมรัตน์, อำเภอชุมพลบุรี, อำเภอกำแพงแสน, อำเภอหนองฮี, อำเภอเกษตรวิสัย, อำเภอสว่างวีรญาติ, อำเภอโพธิ์ชัย, อำเภอคำชะอี, อำเภอเมืองร้อยเอ็ด และอำเภอเสลภูมิ เป็นส่วนใหญ่

เอกสารอ้างอิง

- กรมแผนที่ทหาร. 2522. แผนที่ภูมิประเทศอำเภอรัตนบุรี มาตราส่วน 1: 50,000 ระวัง 5739-I ลำดับชุด L7017. พิมพ์ครั้งที่ 3 – RTSD. กรมแผนที่ทหาร: กรุงเทพฯ.
- _____. 2539. แผนที่ภูมิประเทศอำเภอพนมไพร มาตราส่วน 1: 50,000 ระวัง 5840-III ลำดับชุด L7017. พิมพ์ครั้งที่ 3 – RTSD. กรมแผนที่ทหาร: กรุงเทพฯ.
- _____. 2539. แผนที่ภูมิประเทศอำเภอราษีไศล มาตราส่วน 1: 50,000 ระวัง 5839-IV ลำดับชุด L7017. พิมพ์ครั้งที่ 3 – RTSD. กรมแผนที่ทหาร: กรุงเทพฯ.
- _____. 2539. แผนที่ภูมิประเทศอำเภอยางชุมน้อย มาตราส่วน 1: 50,000 ระวัง 5839-I ลำดับชุด L7017. พิมพ์ครั้งที่ 3 – RTSD. กรมแผนที่ทหาร: กรุงเทพฯ.
- _____. 2541. แผนที่ภูมิประเทศอำเภอสว่างวีรญาติ มาตราส่วน 1: 50,000 ระวัง 5740-II ลำดับชุด L7017. พิมพ์ครั้งที่ 3 – RTSD. กรมแผนที่ทหาร: กรุงเทพฯ.
- _____. 2542. แผนที่ภูมิประเทศอำเภอเกษตรวิสัย มาตราส่วน 1: 50,000 ระวัง 5740-III ลำดับชุด L7017. พิมพ์ครั้งที่ 3 – RTSD. กรมแผนที่ทหาร: กรุงเทพฯ.
- _____. 2542. แผนที่ภูมิประเทศอำเภอพุทไธสง มาตราส่วน 1: 50,000 ระวัง 5640-III ลำดับชุด L7017. พิมพ์ครั้งที่ 3 – RTSD. กรมแผนที่ทหาร: กรุงเทพฯ.
- _____. 2542. แผนที่ภูมิประเทศอำเภอชุมพลบุรี มาตราส่วน 1: 50,000 ระวัง 5639-I ลำดับชุด L7017. พิมพ์ครั้งที่ 3 – RTSD. กรมแผนที่ทหาร: กรุงเทพฯ.
- _____. 2543. แผนที่ภูมิประเทศอำเภอคูเมือง มาตราส่วน 1: 50,000 ระวัง 5639-IV ลำดับชุด L7017. พิมพ์ครั้งที่ 3 – RTSD. กรมแผนที่ทหาร: กรุงเทพฯ.
- _____. 2543. แผนที่ภูมิประเทศอำเภอปทุมรัตน์ มาตราส่วน 1: 50,000 ระวัง 5640-II ลำดับชุด L7017. พิมพ์ครั้งที่ 3 – RTSD. กรมแผนที่ทหาร: กรุงเทพฯ.
- _____. 2543. แผนที่ภูมิประเทศอำเภอกำแพงแสน มาตราส่วน 1: 50,000 ระวัง 5739-IV ลำดับชุด L7017. พิมพ์ครั้งที่ 3 – RTSD. กรมแผนที่ทหาร: กรุงเทพฯ.
- กองสำรวจดิน. 2523. คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการเล่มที่ 28. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ.



- กองสำรวจที่ดิน. 2515. แผนที่ดินทุ่งกุลาร้องไห้. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ.
- วัชรีย์ แซ่ตั้ง. 2546. การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในทุ่งกุลาร้องไห้โดยใช้วิธีที่แพร่หลายบางวิธีในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วัชรีย์ แซ่ตั้ง และวิทยา ตรีโลเกศ. 2559. ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของดินบางประการที่มีผลต่อความหอมของข้าวหอมมะลิในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้โดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์. สัมมนาปฐพีศาสตร์ 4. สาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- วัชรีย์ แซ่ตั้ง, อมร อินทราเวช และเกรียงไกร อัมสมโภชน์. 2554. การเปรียบเทียบวิธีการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้ปลูกข้าวขาวดอกมะลิในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. รายงานผลการวิจัยฉบับสมบูรณ์. ส่วนวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 4. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- เอิบ เขียวรีนรมณ์. 2542. การสำรวจดิน (Soil Survey) มโนทัศน์ หลักการและเทคนิค. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Forbes, T., D. Rossiter and A. Van Wambeke. 1984. Guidelines for Evaluating The Adequacy of Soil Resource inventories. Department of Agronomy. New York State Collage of Agriculture and Life Science Cornell University, New York.



การตอบสนองของอ้อยต่อ FGD ยิปซัมในดินที่ขาดแคลน Ca และ S

Respond of sugar cane on FGD gypsum in deficiency Ca and S soils

ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร¹, สมชาย องค์ประเสริฐ¹, จีราภรณ์ อินทสาร¹, จักรพงษ์ ไชยวงศ์¹ และวันวิสาข์ จันทิกา¹

Pathipan Sutigoolabud^{1*}, Somchai Ongprasert¹, Jiraporn Intasan¹, Chakapong Chaiwong¹

And Wanwisa Jantika¹

บทคัดย่อ

FGD ยิปซัม (Fuel Gas Desulfurization Gypsum) เป็นผลพลอยได้ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะมี Ca และ S อยู่ประมาณ 23 และ 18 % และมีราคาเพียงตันละ 20 บาท จึงเหมาะที่จะใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อแก้ปัญหาดินขาดแคลนธาตุทั้ง 2 นี้. การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองของอ้อยต่อการใช้ FGD ยิปซัม และผลกระทบของการใช้ FGD ยิปซัมต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในดินที่ขาดแคลน Ca และ S ทั้งนี้โดยเปรียบเทียบกับการใช้ปูนโดโลไมต์. การทดลองนี้ดำเนินการในไร่นาของเกษตรกร 2 รายในพื้นที่จังหวัดลำปาง ที่มีเนื้อดินร่วนทรายและร่วนเหนียว เป็นกรด ขาด Ca และ S โดยใส่ FGD ยิปซัม อัตรา 0.5 และ 1.0 ตัน/ไร่ ในดินร่วนทราย และ 1.0 และ 2.0 ตัน/ไร่ ในดินร่วนเหนียว เปรียบเทียบกับการใส่โดโลไมต์ตามความต้องการปุ๋ย และการใส่ผสม ทั้งหมดนี้ใส่เพียงครั้งเดียวเมื่อก่อนปลูกอ้อยในปีแรก แล้วติดตามการเติบโตและผลผลิตต่อเนื่อง 3 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2556 -2558. พบว่าการใส่ FGD ยิปซัมทั้ง 2 อัตราไม่ทำให้ pH ของดินเปลี่ยนแปลง แต่การใส่โดโลไมต์และการใส่ยิปซัมผสมโดโลไมต์ทำให้ pH เพิ่มขึ้นในทุกชั้นความลึก. การใส่ยิปซัมทั้งแบบเดี่ยวและใส่ผสมทำให้ Ca และ S เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการใส่อัตราสูงทำให้เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนทุกชั้นความลึกสำหรับดินร่วนทราย และถึงความลึก 30 และ 45 ซม. สำหรับดินร่วนเหนียว. ขณะที่การใส่โดโลไมต์ทำให้ Ca เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน แต่ไม่ทำให้ S เพิ่มขึ้น. ผลวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบอ้อยแสดงให้เห็นว่า การได้รับยิปซัมทั้ง 2 อัตราและได้รับแบบผสมทำให้ S ในใบเพิ่มขึ้นในดินทั้ง 2 เนื้อดิน. ส่วน N และ K เพิ่มขึ้นเมื่ออ้อยที่ปลูกในดินร่วนทราย. ขณะที่ในดินร่วนเหนียวเพิ่มขึ้นเฉพาะเมื่อได้รับยิปซัมอัตราสูงเท่านั้น. นอกจากนี้ยังพบว่าการได้รับยิปซัมทำให้ Mg ในใบเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับอัตราสูงในดินทั้ง 2 เนื้อดิน ส่วน Ca เพิ่มขึ้นเฉพาะเมื่อได้รับผสมกับโดโลไมต์ในดินร่วนทรายเท่านั้น. สำหรับการใส่โดโลไมต์มีผลให้ปริมาณธาตุอาหารต่างในใบเพิ่มขึ้นไม่ชัดเจนเท่าการใส่ยิปซัม. นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ P, K และ Ca ในดินและพืชแสดงว่าในการทดลองนี้ไม่มีปัญหาความไม่สมดุลระหว่าง Ca ที่ได้รับครั้งเดียวจำนวนมาก กับ P K และ Mg. จากการวัดความหนาแน่นของรากพบว่า การใส่ FGD ยิปซัมทำให้รากที่ความลึก 20-40 ซม. หนาแน่นขึ้นในทั้ง 2 เนื้อดิน. ผลผลิตอ้อยที่ได้รับยิปซัมทั้ง 2 อัตรา มากกว่าแปลงควบคุมอย่างชัดเจนในปีที่ 2 และ 3 ของการทดลอง โดยเฉพาะในดินร่วนทราย และมีแนวโน้มมากกว่าที่ได้รับโดโลไมต์. ความหวานและปริมาณน้ำตาลในอ้อย (TCS) ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับยิปซัมและโดโลไมต์.

คำสำคัญ: อ้อย FGD ยิปซัม โดโลไมต์

Abstract

FGD gypsum, by product of Mae Moh Power Plant, contains 23 and 18 % of Ca and S, respectively. The gypsum costs \$20 per ton, therefore, it is probably the cheapest soil amendment for solving Ca and S deficiency. This trial was aimed at studying the response of sugar cane to FGD gypsum and its effects the fertility of Ca and S deficient soils, in comparisons with the application of dolomite. Two farmers' fields with the soil texture of sandy loam and clay loam and with the problems of strong acidity, deficiency Ca and S,

¹ สาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

Soil Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

* corresponding author: p12033@gmail.com



in Lampang were selected for this study. The application rates of gypsum were 3.125 and 6.25 ton/ha for sandy loam soil and 6.25 and 12.5 ton/ha for clay loam soil, in comparison with the application of dolomite according to lime requirement. All materials were applied once before planting of the crop, then, growth and yield of the crop were monitored for three years during 2013-2015. Results revealed that FGD Gypsum did not alter soil pH, while dolomite increased the pH of all measured depths. The application of gypsum, both sole and mixed application with dolomite, increased soil Ca and S contents, particularly the high rate in sandy soil. Dolomite obviously increased soil Ca, but not S. Analysis of nutrients in leaves shown that S in the crop grown in both soils and receiving gypsum was higher than the control and dolomite treatments. N and K contents also positively responded to gypsum. The response in sandy soil was more clear than that in clayey soil. The less beneficial effects of sole application of dolomite on plant nutrient contents were observed. In addition, the analyses of nutrients in soil and plant also shown that there was no problem of imbalance between Ca and other nutrients, such as P, K and Mg. Root density of the crop at the depth of 20-40 cm was higher than those of the control and dolomite treatments in both soil textures. Yields of sugar cane receiving gypsum were clearly higher than those of control treatment in the second and third years, particularly in sandy loam soil, and trended to higher than those receiving dolomite. Receiving of both gypsum and dolomite did not alter sugar content of the cane.

Keywords: sugar cane, FGD gypsum, dolomite

บทนำ

ในกระบวนการกำจัดก๊าซ SO_2 ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะมี FGD ยิปซัม (Fuel Gas Desulfurization Gypsum) เป็นผลพลอยได้ประมาณ 2 ล้านตัน/ปี ซึ่งเป็นยิปซัมเกือบบริสุทธิ์ทำให้มี Ca และ S อยู่ ประมาณ 23 และ 18 % นอกจากนี้ยังมี CaCO_3 ค้างอยู่ด้วย $0.23 \pm 0.09\%$. ยิปซัมละลายน้ำได้มากกว่า 2 กรัม/ลิตร Ca^{2+} และ SO_4^{2-} จากยิปซัมจึงเคลื่อนที่กับน้ำลงสู่ดินชั้นล่างได้ดี ทำให้ระบบรากพืชแพร่กระจายในดินชั้นล่างได้มากขึ้น (Clark *et al.* 1999; Pavan, *et al.* 1984). ประสิทธิภาพของระบบรากพืชในการดูดกินธาตุอาหารและน้ำจึงสูงขึ้น มีผลให้พืชทนต่อภาวะแห้งแล้งจากฝนทิ้งช่วง และมีการเจริญเติบโตและมีผลผลิตของพืชเพิ่มขึ้น (Malcolm, 1990; Zaifnejad *et al.* 1996). กฟผ. ขายยิปซัมนี้ (ความชื้นประมาณ 15 %) แบบเทกองที่แม่เมาะในราคาคันละ 20 บาท ดังนั้นต้นทุนการใช้ยิปซัมนี้จึงเกือบเป็นเพียงค่าขนส่งและค่าการกระจายในไร่นาเท่านั้น.

เคยมีการทดลองใช้ FGD ยิปซัมจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะกับข้าวถั่วเหลืองถั่วลิสง และใช้ฟอสฟอริยิปซัมจากบริษัทปุ๋ยเอ็นเอฟ ซีจำกัด (มหาชน) กับข้าว ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อ้อย และมันสำปะหลังพบว่ามีความเหมาะสมทำให้ ปริมาณ Ca และ S ในดินสูงขึ้นในบางกรณี แต่ไม่ทำให้ผลผลิตสูงขึ้น. ทั้งหมดนี้น่าจะเนื่องเป็นการทดลองในสถานที่ทดลองที่ดินไม่ขาดแคลน Ca และ S. การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองของอ้อยต่อการใช้ FGD ยิปซัม และผลกระทบของการใช้ FGD ยิปซัมต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน ในดินที่ขาดแคลน Ca และ S ทั้งนี้โดยเปรียบเทียบกับการใช้ปูนโดโลไมต์

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ทดลองคือพืชที่มีระบบรากลึกได้แก่อ้อยโรงงาน พันธุ์ LK 9211 ในไร่นาของเกษตรกรในท้องถิ่น อาศัยน้ำฝนที่เคยปลูกอ้อยมากกว่า 40 ปี ในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดลำปาง. ดินในแปลงทดลองเป็นดินร่วนทรายและร่วนเหนียว ที่เป็นกรดและขาด Ca และ S โดยใส่ FGD ยิปซัมและปูนโดโลไมต์เพียงครั้งเดียวแล้วติดตามเก็บข้อมูลผลผลิตและการเติบโต 3 ฤดูปลูกต่อเนื่องระหว่างปี 2556 - 2558. การจัดการปุ๋ยและป้องกันศัตรูพืช และการจัดการแปลงทดลองอื่นๆ ดำเนินการโดยเกษตรกรเจ้าของพื้นที่ทดลอง. วางแผนแบบ Randomized Complete Block Design ประกอบด้วย 5 ตำรับ 4 ซ้ำ. เพื่อให้การทดลองนี้เป็นพื้นที่สาธิตด้วย จึงใช้พื้นที่การทดลองขนาดประมาณ 12×12 เมตร สำหรับแต่ละหน่วยการทดลอง. ตำรับการทดลองแสดงใน Table 1



Table 1 Treatments

T	Treatment	Sandy loam	Clay loam
T1	Control		
T2	FGD Low rate	FGD gypsum 500 ¹ kg rai ⁻¹	FGD gypsum 1,000 ¹ kg rai ⁻¹
T3	FGD High rate	FGD gypsum 1,000 ¹ kg rai ⁻¹	FGD ยิปซัม 2,000 ¹ kg rai ⁻¹
T4	Dolomite (D)	Lime Requirement (635 kg rai ⁻¹)	Lime Requirement (1085 kg rai ⁻¹)
T5	FGD Low+Dol	FGD gypsum 500 ¹ kg rai ⁻¹ + dolomite 0.5 LR (317 kg rai ⁻¹)	FGD Gypsum 1,000 ¹ kg rai ⁻¹ + dolomite 0.5LR (542 kg rai ⁻¹)

¹ dry weight

ผลและวิจารณ์

1. ผลวิเคราะห์ดินก่อนและหลังการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ดินก่อนทดลอง (Table 2) แสดงให้เห็นว่า ดินทั้ง 2 แปลงเป็นกรดจัด มีอินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำ ขาดแคลน Ca และ S

Table 2 Soil properties

Soil depth	pH	OM (%)	Ca ¹	S ²	pH	OM (%)	Ca ¹	S ²
			mg kg ⁻¹				mg kg ⁻¹	
	Sandy loam (Suk soil series)					Clay loam (Ly soil series)		
0-15 cm	4.2	1.10	471	22	4.4	2.00	783	13
15 -30 cm	4.2	0.90	506	23	4.5	1.70	728	19
30-45 cm	4.3	0.90	448	21	4.6	0.80	739	15
45-60 cm	4.4	0.60	453	41	4.8	0.50	644	11

¹exchangeable Ca, ² extractable S

ผลการวิเคราะห์ความอุดมสมบูรณ์ดินหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยปีที่ 2 (ตารางที่ 3) แสดงให้เห็นว่าการใส่ FGD ยิปซัมทั้ง 2 อัตราไม่ได้ทำให้ pH ของดินทั้ง 2 แปลงเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Clark *et al.*(1995). แต่การใส่โดโลไมต์และการใส่ยิปซัมผสมโดโลไมต์ทำให้ pH เพิ่มขึ้นในทุกชั้นความลึก. การใส่ยิปซัมทั้งแบบเดี่ยวและใส่ผสมกับโดโลไมต์ทำให้ Ca และ S เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการใส่อัตราสูงทำให้เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนทุกชั้นความลึกสำหรับดินร่วนทราย และถึงความลึก 30 และ 45 ซม. สำหรับดินร่วนเหนียว. ขณะที่การใส่โดโลไมต์ทำให้ Ca อย่างชัดเจน แต่ไม่ทำให้ S เพิ่มขึ้น



Table 3 Soil properties after harvest sugar cane (2nd year)

Treatments	pH	OM (%)	Ca	S	pH	OM (%)	Ca	S
			mg kg ⁻¹				mg kg ⁻¹	
	Sandy loam (Suk soil series)					Clay loam (Ly soil series)		
Soil 0-15 cm								
Control	4.95b	1.27	322d	13b	4.90	1.41	724b	29b
FGD Low rate	5.04b	1.20	355cd	20ab	4.87	1.42	809ab	36b
FGD High rate	5.03b	1.21	410bc	24a	4.71	1.35	922ab	55a
Dolomite (D)	5.85a	1.13	533a	18ab	4.60	1.17	968a	41ab
FGD Low+Dol	5.84a	1.29	468ab	21a	5.21	1.17	932ab	44ab
Soil 15-30 cm								
Control	4.90b	0.81	324c	11c	4.81	0.92	712b	29b
FGD Low rate	5.17b	1.12	375bc	20b	4.85	1.12	809b	45ab
FGD High rate	4.96b	1.10	506a	27a	5.15	0.94	796b	59a
Dolomite (D)	5.75a	0.99	473a	18b	5.50	0.89	1,188a	45ab
FGD Low+Dol	5.72a	1.04	437ab	24ab	5.12	1.03	834b	46ab
Soil 30-45 cm								
Control	4.99bc	1.02	339c	12c	4.73b	0.70	584c	33
FGD Low rate	4.94c	0.75	369bc	15c	4.88ab	0.76	695bc	38
FGD High rate	4.64c	0.82	411b	30a	4.87ab	0.62	792abc	51
Dolomite (D)	5.40a	0.78	501a	18bc	5.28a	0.60	1,064a	35
FGD Low+Dol	5.38ab	0.75	390bc	28ab	5.08ab	0.70	905ab	43
Soil 45-60 cm								
Control	4.84bc	0.56	325b	11c	4.63b	0.45ab	561	26
FGD Low rate	5.10ab	0.51	355ab	19bc	4.96ab	0.53a	652	30
FGD High rate	4.68c	0.53	375a	32a	4.96ab	0.52a	567	37
Dolomite (D)	5.24a	0.62	394a	19bc	5.39a	0.45ab	628	24
FGD Low+Dol	5.24ab	0.58	381a	29ab	5.21a	0.36b	610	36

Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD 0.05

2. ปริมาณธาตุอาหารในใบอ้อย

ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบเมื่อต้นอ้อยเติบโตเต็มที่ในปีที่ 2 (ตารางที่ 4) แสดงให้เห็นว่าการได้รับปุ๋ยรวมทั้ง 2 อัตราและได้รับแบบผสมทำให้ S ในใบเพิ่มขึ้นเมื่อปลูกในดินทั้ง 2 เนื้อดิน. ส่วน N และ K เพิ่มขึ้นเมื่ออ้อยที่ปลูกในดินร่วนทราย ขณะที่ในดินร่วนเหนียวเพิ่มขึ้นเฉพาะเมื่อได้รับปุ๋ยอัตราสูงเท่านั้น. นอกจากนี้ยังพบว่าการได้รับปุ๋ยทำให้ Mg ในใบเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับอัตราสูงในดินทั้ง 2 เนื้อดิน ส่วน Ca เพิ่มขึ้นเฉพาะเมื่อได้รับผสมกับโดโลไมต์ในดินร่วนทรายเท่านั้น. ทั้งหมดนี้สอดคล้องกับรายงานของ Caires *et al.*(2004) ที่ว่าการใส่ปุ๋ยทำให้ Ca และ S ในดินชั้นล่างเพิ่มขึ้น ระบบรากข้าวโพดในดินชั้นล่างดีขึ้น มีผลให้ดูดกิน N K and Ca ได้มากขึ้น. ขณะที่ Chen, Kost and Dick (2008) รายงานว่าการใช้ FGD ยิปซัมเป็นแหล่ง S ราคาถูกในดินที่ขาด S ทำให้ประสิทธิภาพการใช้ N เพิ่มขึ้นในปีที่ 2 ถึงปีที่ 4 ของการทดลองและมีผลให้ผลผลิตข้าวโพดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน. Miranda and Miranda (2008) ก็ได้ผลการทดลองเช่นเดียวกันนี้สำหรับการใส่โดโลไมต์มีผลให้ปริมาณธาตุอาหารต่างในใบเพิ่มขึ้นไม่ชัดเจนเท่าการใส่ยิปซัม.



การใช้ FGD ยิปซัมมากเกินไปอาจจะทำให้เกิดความไม่สมดุลระหว่าง Ca กับธาตุอาหารอื่นๆ เช่น Mg K และ P (Korcak, 1998). หากในดินมีธาตุอาหารเหล่านี้อยู่ในเกณฑ์ต่ำอยู่แล้ว จึงต้องใช้วัสดุที่มีธาตุอาหารเหล่านี้ควบคู่กับการใช้ FGD ยิปซัม (Clark, Ritchey and Baligar, 1999). ผลการวิเคราะห์ P K และ Ca ในดินและพืชแสดงว่าในการทดลองนี้ไม่มีปัญหาดังกล่าว.

Table 4 Nutrients in sugar cane leaves (2nd year)

Treatment	Sandy loam						Clay loam					
	N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
	%											
Control	1.48b	0.16	0.94b	0.32b	0.14b	0.08c	1.53b	0.15b	0.99c	0.31	0.16c	0.19c
FGD Low	1.67a	0.15	1.13a	0.33b	0.14b	0.14b	1.42b	0.17ab	1.03c	0.32	0.18ab	0.24b
FGD High	1.75a	0.16	1.15a	0.34ab	0.16a	0.16a	1.79a	0.18a	1.15a	0.31	0.19a	0.26a
Dolomite	1.51b	0.15	1.13a	0.34ab	0.15ab	0.09c	1.17c	0.17ab	1.09b	0.32	0.16c	0.24b
FGD+Dolo	1.68a	0.16	1.16a	0.36a	0.14b	0.14ab	1.47b	0.15b	1.08b	0.32	0.17c	0.26a

Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD =0.05

3. ความยาวของรากอ้อย

ผลการวัดความยาวรากอ้อยปีที่ 2 แสดงในตารางที่ 5 พบว่าการใส่ FGD ยิปซัมและโดโลไมต์ไม่ทำให้ความยาวรากในดินชั้นบน (0-20 ซม.) ของอ้อยสูงขึ้นในการทดลองทั้งในดินทั้ง 2 เนื้อดิน. แต่ที่ความลึก 20-40 ซม. ความยาวของรากในดินที่ได้รับ FGD ยิปซัมอัตราสูง เพิ่มขึ้นถึง 125.77% และ 91.16 เมื่อเทียบกับแปลงควบคุม ในดินร่วนทรายและร่วนเหนียวตามลำดับ.

Table 5 Root length of sugar cane (mm/770cm³) 2nd year

Treatment	Sandy loam				Clay loam			
	0-20 cm		20-40 cm		0-20 cm		20-40 cm	
	Length	% over control	Length	%over control	Length	%over control	Length	% over control
Control	4,957		814a		4,975		816	
FGD high rate	6,240	+25.89	1,838b	+125.77	4,824	-3.03	1,560	+91.16
Dolomite	5,162	4.15	1,114b	+36.86	4,714	-5.25	888	+8.75

4. ผลผลิต

ในปีแรกของผลผลิตอ้อยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากการใส่ยิปซัมและโดโลไมต์ แต่ไม่มีความต่างกันทางสถิติกับแปลงควบคุม (ตารางที่ 6). ในปีที่ 2 ซึ่งเป็นปีที่ฤดูฝนแล้งตั้งแต่กลางฤดูผลผลิตอ้อยในดินร่วนทรายที่ได้รับยิปซัมทั้งแบบเดี่ยว 2 อัตรา และผสมกับโดโลไมต์เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน. ส่วนที่ได้รับโดโลไมต์อย่างเดียวยังมีผลผลิตมากกว่าแปลงควบคุม แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ. สำหรับในดินร่วนเหนียวผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้นชัดเจนเฉพาะเมื่อได้รับยิปซัมอัตราต่ำ. ในปีที่ 3 ซึ่งเป็นปีที่มีฝนตกน้อยกว่าปรกติมากตลอดฤดูฝน ผลผลิตอ้อยตอบสนองอย่างชัดเจนต่อการใส่ยิปซัมอัตราสูงในดินทั้ง 2 เนื้อดิน. ส่วนการใส่โดโลไมต์ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นบ้างแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับแปลงควบคุม. เมื่อรวมผลผลิตทั้ง 3 ปี พบว่าการใส่ยิปซัมแบบเดี่ยวอัตราต่ำและสูงทำให้ผลผลิตเพิ่ม 30.8 และ 37.5 % ในดินร่วนทราย และเพิ่มขึ้น 18.6 และ 16.4 % ในดินร่วนเหนียว. ส่วนการใส่โดโลไมต์ทำ



ให้ผลผลิตเพิ่ม 17.8 และ 8.4 % ในดินทั้ง 2 เนื้อดิน ตามลำดับ. ขณะที่การใส่ยิปซัมผสมกับโดโลไมต์ไม่ทำให้ผลผลิตอ้อยรวม 3 ปีเพิ่มขึ้น. ผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ Nixon *et al.* (2003) ในอัฟริกาใต้ Jayaram, *et.al.*(2010) และ Yaduvanshi and Yadav (2007) ในอินเดีย. ที่รัฐหลุยเซียนา สหรัฐอเมริกา ก็มีรายงานว่าในดินที่ขาดกำมะถัน อ้อยตอบสนองต่อยิปซัมถึง 36 แห่งจากการทดลอง 38 แห่ง (Golden, 1979). อย่างไรก็ตาม Coale and Schueneman (1993) สรุปว่าอ้อยไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยและยิปซัมเมื่อ pH ของดินสูงกว่า 5.5

อนึ่งได้วัดความหวานและปริมาณน้ำตาลในอ้อย (TCS) พบว่าการได้รับยิปซัมและโดโลไมต์ไม่ทำให้ความหวานและปริมาณน้ำตาลในอ้อยเพิ่มขึ้น

Table 6 Yields of sugar cane

Treatments	2556 (2013)		2557 (2014)		2558 (2015)		sum (3 years)	
	SL	CL	SL	CL	SL	CL	SL	CL
Control, ton rai^{-1}	8.3	9.4	9.9a	10.1ab	7.1a	7.9a	25.3	27.4
FGD Low rate	9.5	10.8	14.4b	11.5a	9.2ab	10.2ab	33.1	32.5
FGD high rate	10.0	10.4	14.0b	10.9ab	10.8b	10.6b	34.8	31.9
Dolomite, %	8.9	9.7	12.4ab	11.3ab	8.5ab	8.7ab	29.8	29.7
FGD Low+Dol	10.4	9.5	15.2b	9.5b	7.1a	7.7a	25.6	26.7

Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD = 0.05*

สรุป

การทดลองนี้ดำเนินการในไร่นาของเกษตรกร 2 รายในพื้นที่จังหวัดลำปาง ที่มีเนื้อดินร่วนทรายและร่วนเหนียว เป็นกรดขาด Ca และ S โดยใส่ FGD ยิปซัมอัตรา 0.5 และ 1.0 ตัน/ไร่ ในดินร่วนทราย และ 1.0 และ 2.0 ตัน/ไร่ ในดินร่วนเหนียว เพื่อเปรียบเทียบกับการใส่โดโลไมต์ตามความต้องการปุ๋ย และการใส่ผสม. ทั้งหมดนี้ใส่เพียงครั้งเดียวเมื่อก่อนปลูกอ้อยในปีแรก แล้วติดตามการเติบโตและผลผลิตต่อเนื่อง 3 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2556 -2558

พบว่า การใส่ FGD ยิปซัมทั้ง 2 อัตราไม่ได้ทำให้ pH ของดินเปลี่ยนแปลง แต่การใส่โดโลไมต์และการใส่ยิปซัมผสมโดโลไมต์ทำให้ pH เพิ่มขึ้นในทุกชั้นความลึก. การใส่ยิปซัมทั้งแบบเดี่ยวและใส่ผสมทำให้ Ca และ S ในดินเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะการใส่อัตราสูงทำให้เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนทุกชั้นความลึกสำหรับดินร่วนทราย และถึงความลึก 30 และ 45 ซม. สำหรับดินร่วนเหนียว. ขณะที่การใส่โดโลไมต์ทำให้ Ca อย่างชัดเจน แต่ไม่ทำให้ S เพิ่มขึ้น

การได้รับยิปซัมทั้ง 2 อัตราและได้รับแบบผสมทำให้ S ในใบเพิ่มขึ้นในดินทั้ง 2 เนื้อดิน. ส่วน N และ K เพิ่มขึ้นเมื่ออ้อยที่ปลูกในดินร่วนทราย ขณะที่ในดินร่วนเหนียวเพิ่มขึ้นเฉพาะเมื่อได้รับยิปซัมอัตราสูงเท่านั้น. นอกจากนี้ยังพบว่า การได้รับยิปซัมทำให้ Mg ในใบเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับอัตราสูงในดินทั้ง 2 เนื้อ ส่วน Ca เพิ่มขึ้นเฉพาะเมื่อได้รับผสมกับโดโลไมต์ในดินร่วนทรายเท่านั้น. สำหรับการใส่โดโลไมต์มีผลให้ปริมาณธาตุอาหารต่างในใบเพิ่มขึ้นไม่ชัดเจนเท่าการใส่ยิปซัม. นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์ P K และ Ca ในดินและพืชแสดงว่าไม่มีปัญหาความไม่สมดุลระหว่าง Ca ที่ได้รับครั้งเดียวจำนวนมาก กับ P K และ Mg

จากการวัดความหนาแน่นของรากพบว่า การใส่ FGD ยิปซัมทำให้รากที่ความลึก 20-40 ซม. หนาแน่นขึ้น ในดินทั้ง 2 เนื้อดิน. ผลผลิตอ้อยที่ได้รับยิปซัมทั้ง 2 อัตรามากกว่าแปลงควบคุมอย่างชัดเจนในปีที่ 2 และ 3 ของการทดลอง โดยเฉพาะในดินร่วนทราย และมีแนวโน้มมากกว่าที่ได้รับโดโลไมต์. ความหวานและปริมาณน้ำตาลในอ้อย (TCS) ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับยิปซัมและโดโลไมต์



คำขอบคุณ

การศึกษาวิจัย การใช้ FGD ยิปซั่มในการเกษตร ได้รับการสนับสนุนจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ที่ได้ดำเนินงานวิจัยโดยได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากหลายฝ่ายของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง พร้อมด้วยหน่วยงานราชการทุกส่วน หน่วยงานเกษตรอำเภอเมือง จังหวัดลำปาง และเกษตรกรทุกคนที่อนุเคราะห์พื้นที่ทดลองตลอดเวลา 3 ปี คณะผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณ เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- Caires, E.F. et al. 2004. Changes in soil chemical properties and corn response to lime and gypsum applications. R. Bras. Ci. Solo, 28:125-126.
- Chen L., D. Kost and W.A. Dick. 2008. Flue gas desulfurization products as sulfur sources for corn. Soil Sci. Soc Am. J. 72:1464-1470
- Clark, R. B. et al. 1995. Agricultural utilization of urban and industrial by products. Special Publication No. 58, Am. Soc. Agron., Madison WI
- Clark, R. B.; K. D. Richey and V.C. Baligar., 1999. Benefits and constraints for use of FGD products on agricultural land. International Ash Utilization Symposium, Center for Applied Energy Research, University of Kentucky, Paper # 22. Available on-line at [http:// www. flyash.info](http://www.flyash.info).
- Coale F.J. and T.J. Schueneman. 1993. Soil Amendments for Sugarcane Production on Acidic Sandy Soils. Journal of American Society of Sugar Cane Technologists 13: 73-86
- Golden, L.E. 1979. Some relationships of soil, fertilizer, and leaf-blade sulphur to sugarcane yields in Louisiana. LA Ag. Exp. Sta. Bull. 723.
- Jayaram, S., Thanunathan, K., Jeyabal, A. and Thiruppathi, M. 2010a. Influence of sulphur on yield, economics and postharvest soil sulphur status under sandy loam soil condition. Plant Archives 10: 773-775.
- Korcak, R.F. 1998. Agricultural uses of Municipal, animal and industrial by products. Conservation Research Report No. 44, U.S. Dept. Agric. Res. Serv., Beltsville MD.
- Miranda, L. N. and Miranda, J. C. C. 2008. Sulphur fertilization for corn under conventional and no-tillage planting systems in a Cerrado red latosol. Comunicado Técnico - Embrapa Cerrados No. 143 pp. 4 pp
- Yaduvanshi, N. P. S.; Yadav, D. V. 2007. Soil sulphur status and sugarcane response to different levels, methods and sources of sulphur application. Current Agriculture 31: 55-59



ผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Effect of liquid organic fertilizer (LOF) on growth and yield components of maize

เกียรติศักดิ์ สนศรี¹ และชัยสิทธิ์ ทองจู^{1*}

Kiattisak Sonsri¹ and Chaisit Thongju^{1*}

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 8 ดำรับทดลอง ได้แก่ ดำรับทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (ดำรับควบคุม) ดำรับทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) ดำรับทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ (LOF_{500}) ดำรับทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($IF_{LOF-500}$) ดำรับทดลองที่ 5 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ($LOF_{250} + IF_{LOF-250}$) ดำรับทดลองที่ 6 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ (LOF_{1000}) ดำรับทดลองที่ 7 ใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ ($IF_{LOF-1000}$) และดำรับทดลองที่ 8 ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($LOF_{500} + IF_{LOF-500}$) ผลการศึกษา พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($LOF_{500} + IF_{LOF-500}$) มีผลให้ความสูงต้น ความสูงคอใบสุดท้าย และค่าความเขียวของใบข้าวโพดมากที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ ($IF_{LOF-1000}$) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ (LOF_{1000}) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($LOF_{500} + IF_{LOF-500}$) มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักเปลือก น้ำหนักเมล็ด และปริมาณโปรตีน ในเมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ ($IF_{LOF-1000}$) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ (LOF_{1000}) ทั้งนี้ยังพบว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($LOF_{500} + IF_{LOF-500}$) มีผลให้น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

คำสำคัญ: ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลว, ปุ๋ยเคมี, ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Abstract

The aim of this study was to investigate the effects of liquid organic fertilizer (LOF) application on growth and yield components of maize. The experimental design was completely randomized design (CRD) with 3 replications and 8 treatments as consist of (T_1) no fertilizer (control), (T_2) the application of chemical fertilizer based on soil chemical analysis (IF_{DOA}), (T_3) the application of LOF of 500 L/rai (LOF_{500}), (T_4) the applications of chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 500 L/rai of the LOF ($IF_{LOF-500}$), (T_5) the application of LOF of 250 L/rai in combination with chemical fertilizers

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom 73140, Thailand.

* Corresponding author: thongjuu@yahoo.com

containing all major elements equivalent to 250 L/rai of the LOF ($LOF_{250} + IF_{LOF-250}$), (T_6) the application of LOF of 1,000 L/rai (LOF_{1000}), (T_7) the applications of chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 1,000 L/rai of the LOF ($IF_{LOF-1000}$) and (T_8) the application of LOF of 500 L/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 500 L/rai of the LOF ($LOF_{500} + IF_{LOF-500}$). The results showed that the application of LOF of 500 L/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 500 L/rai of the LOF provided the highest of plant height, leaf collar height and leaf greenness (SPAD reading) which were not significantly difference from the applications of chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 1,000 L/rai of the LOF or the application of LOF 1,000 L/rai. Furthermore, the application of LOF of 500 L/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 500 L/rai of the LOF gave the highest value of ear weight, ear without husk weight, grain weight and protein content in grain which were not significantly difference from the applications of chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 1,000 L/rai of the LOF and the application of LOF of 1,000 L/rai. In addition, the application of LOF of 500 L/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 500 L/rai of the LOF provided the highest of 100 grain weight, followed by the applications of chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 1,000 L/rai of the LOF which were not different from the application of LOF of 1,000 L/rai and the application of chemical fertilizer based on soil chemical analysis.

Keywords: liquid organic fertilizer, chemical fertilizers, maize

บทนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นหนึ่งในพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยในปี 2558 สามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศคิดเป็นมูลค่าผลผลิตประมาณ 41,076 ล้านบาท และเนื่องจากอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์มีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม พบว่า ปริมาณผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา (พ.ศ. 2554-2558) มีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด จากข้อมูลการผลิตในปี 2554 ที่มีผลผลิตประมาณ 5.02 ล้านตัน ในขณะที่ปี 2557 เหลือผลผลิตเพียง 4.80 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) การที่ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลดลงนั้น อาจมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย เช่น พื้นที่การผลิตลดลง การเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเกินอัตรา และการจัดการดินและปุ๋ยอย่างไม่เหมาะสม เป็นต้น การเพิ่มความอุดมสมบูรณ์และบำรุงรักษาดิน จะช่วยส่งเสริมให้ดินมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชมากยิ่งขึ้น และอาจส่งผลให้พืชมีผลผลิตเพิ่มขึ้นอีกด้วย ซึ่งแนวทางในการปฏิบัติสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ระบบปลูกพืชหมุนเวียนโดยใช้พืชตระกูลถั่วสลับกับพืชชนิดอื่นๆ ที่เป็นพืชหลักในท้องถิ่นก็จะทำให้ดินคงความอุดมสมบูรณ์ไว้ได้ หรือการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน และทดแทนธาตุอาหารที่สูญเสียไปจากการเพาะปลูก เป็นต้น การใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มธาตุอาหารที่ขาดแคลนจะช่วยให้พืชได้รับธาตุอาหารเหล่านั้นอย่างเพียงพอ ผลผลิตที่ได้จึงเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในเวลาอันรวดเร็ว แต่การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวต่อเนื่องเป็นเวลานาน อาจมีผลกระทบต่อสมบัติด้านอื่นๆ ของดิน เช่น การใช้ปุ๋ยยูเรีย หรือปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตในอัตราที่สูง และต่อเนื่องกันนานๆ มีแนวโน้มที่จะทำให้ค่า pH ของดินลดลง (ยงยุทธ และคณะ, 2551) อีกทั้งปุ๋ยเคมียังอาจช่วยเร่งกิจกรรมการสลายตัว และลดปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพบางประการของดินได้ด้วย ส่วนปุ๋ยอินทรีย์นั้นแม้ว่าจะมีปริมาณธาตุอาหารอยู่ในปริมาณน้อยแต่ก็มีธาตุอาหารต่างๆ เป็นองค์ประกอบอยู่หลายธาตุ ซึ่งถ้าใช้ในปริมาณที่เหมาะสมก็จะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยเฉพาะจุลธาตุได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้ยังช่วยปรับสภาพทางกายภาพของดินให้ดีขึ้นอีกด้วย (ยงยุทธ, 2528) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ลงไปในดินเมื่อเกิดการย่อยสลายจะทำให้เกิดฮิวมัส (humus) และกรดฮิวมิก (humic acid) ซึ่งกรดฮิวมิกนี้จะมีความสามารถในการทำให้ธาตุอาหารในดินที่อยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้เปลี่ยนเป็นรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (วีระพล, 2546) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลว เมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุที่ใช้หมักโดยการขับเอนไซม์ออกมา นอกเซลล์เพื่อย่อยสลายวัสดุจนได้สารที่มีขนาดเล็กพอที่จะซึมผ่านเข้าไปในเซลล์จุลินทรีย์ได้ และนำเอาสารเหล่านั้นไปใช้เป็นแหล่งพลังงานและการเจริญเติบโตของตัวจุลินทรีย์เอง นอกจากนี้ยังหลงเหลือสารบางอย่างไว้ในน้ำปุ๋ยหมัก



ได้แก่ สารที่จุลินทรีย์ยังนำไปใช้ไม่หมด หรือสารที่จุลินทรีย์ที่ตายแล้วปลดปล่อยออกมา เช่น แร่ธาตุต่างๆ และสารบางชนิดที่คงทนต่อการย่อยสลาย เช่น humic substance เป็นต้น แต่เมื่ออินทรีย์วัตถุถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายในสภาพที่มีน้ำขัง เช่น ในการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำ หรือน้ำปุ๋ยหมัก ซึ่งมีออกซิเจนไม่เพียงพอ การสลายตัวเพื่อเปลี่ยนไปเป็น humic substance และแร่ธาตุจะเกิดได้ไม่สมบูรณ์ จึงหลงเหลือสารตัวกลางที่ย่อยสลายไม่หมด (intermediate product) ปะปนอยู่ด้วย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) จากประโยชน์ที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าปุ๋ยอินทรีย์มีความสำคัญสำหรับการเกษตรกรรมอย่างยิ่งในปัจจุบัน ดังนั้น จึงเกิดแนวคิดในการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อเพิ่มความหลากหลายในการเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์สำหรับใช้ในการจัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสมและลดการสูญเสียในด้านของปริมาณผลผลิต รวมทั้งลดต้นทุนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลอง ณ โรงเรือนทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ในช่วงเดือนกรกฎาคม-เดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-30 ซม. ซึ่งเป็นชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen soil series, Ks; Typic Haplustalfs; fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic, Soil Survey Staff, 2003) เพื่อวิเคราะห์สมบัติบางประการของดินก่อนปลูก ได้แก่ ค่า pH (1:1) ของดิน ค่าการนำไฟฟ้าที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (EC_e) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ รวมทั้งเนื้อดิน ซึ่งผลการวิเคราะห์สมบัติของดินได้แสดงไว้ใน Table 1 นำตัวอย่างดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วทำการผสมคลุกเคล้าดินให้มีความสม่ำเสมอ จากนั้นนำดินที่ได้ใส่ลงในกระถางซึ่งมีขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตร ทำการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการหยอดเมล็ดจำนวน 3-5 เมล็ด เมื่อกำลังข้าวโพดอายุได้ 15 วัน จึงถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อกระถาง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ 8 ดำรับทดลองดังนี้

- 1) ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลว (control)
- 2) ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA})
- 3) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ (LOF_{500})
- 4) ใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($IF_{LOF-500}$)
- 5) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 250 ลิตร/ไร่ ($LOF_{250} + IF_{LOF-250}$)
- 6) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ (LOF_{1000})
- 7) ใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ ($IF_{LOF-1000}$)
- 8) ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($LOF_{500} + IF_{LOF-500}$)

การใส่ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21 %N) ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (42 % P_2O_5) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 % K_2O) โดยแบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งอัตราในแต่ละดำรับทดลองที่อายุ 20 และ 40 วันหลังถอนแยก ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คือ 15, 5 และ 5 กก. N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) สำหรับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวที่ใช้ในการทดลองมีส่วนผสมของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต (effluent from process) ของบริษัท ไทยฟู้ดส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด อามิ-อามิ (ami-ami) ลีโอนาร์ไดต์ (leonardite) และผงไม้ป่น (wood dust) โดยแบ่งใส่ 4 ครั้งๆ ละหนึ่งในสี่ของอัตราในแต่ละดำรับทดลองที่อายุ 10, 20, 30 และ 40 วันหลังถอนแยก (สมบัติบางประการของปุ๋ยอินทรีย์ก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน Table 1)

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อายุ 1, 2 และ 3 เดือน ได้แก่ ความสูงต้น ความสูงคอใบสุดท้าย (leaf collar) และค่าความเขียวของใบ (SPAD reading) (วัดตำแหน่งใบที่ 3-5 จากปลายยอด ทำการวัด 6 ครั้งต่อใบ) โดยใช้เครื่อง chlorophyll meter (Minolta Co., Ltd., JAPAN: SPAD-502 model) สำหรับการเก็บข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด และปริมาณโปรตีนในเมล็ดซึ่งคำนวณจากสูตรดังนี้

$$\text{ปริมาณโปรตีนในเมล็ด} = \text{Total N} \times 6.25 \text{ (Total N ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีของ Kjeldahl method)}$$



นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-test หากข้อมูลแสดงความแตกต่างทางสถิติ จะนำมาเปรียบเทียบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT (Duncan's New Multiple Range Test)

ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในช่วงเดือนกรกฎาคม-เดือนธันวาคม พ.ศ. 2559 ปรากฏผลดังนี้

1. การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ความสูงต้น ความสูงคอใบสุดท้าย และค่าความเขียวของใบข้าวโพดที่อายุ 1, 2 และ 3 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) กล่าวคือ ที่อายุ 1 เดือนหลังปลูก พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมี เทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($LOF_{500} + IF_{LOF-500}$) มีผลให้ความสูงต้นข้าวโพดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ ($IF_{LOF-1000}$) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ (LOF_{1000}) ส่วนที่อายุ 2 และ 3 เดือนหลังปลูก พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($LOF_{500} + IF_{LOF-500}$) มีผลให้ความสูงต้นของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ ($IF_{LOF-1000}$) ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ (LOF_{1000}) นอกจากนี้ พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($LOF_{500} + IF_{LOF-500}$) มีผลให้ความสูงคอใบสุดท้าย และค่าความเขียวของใบข้าวโพดโดยภาพรวมมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ ($IF_{LOF-1000}$) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ (LOF_{1000}) ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้ความสูงต้น ความสูงคอใบสุดท้าย และค่าความเขียวของใบข้าวโพดน้อยที่สุดในทุกระยะการเจริญเติบโต

2. องค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

2.1 จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักฝักทั้งเปลือก และน้ำหนักฝักปอกเปลือก

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวเพียงอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว มีผลให้จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักฝักทั้งเปลือก และน้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($LOF_{500} + IF_{LOF-500}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ ($IF_{LOF-1000}$) มีผลให้จำนวนฝักต่อต้นของข้าวโพดมากที่สุด (1.67 ฝัก/ต้น) ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($LOF_{500} + IF_{LOF-500}$) มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด (248.23 กรัม/ฝัก) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ ($IF_{LOF-1000}$) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ (LOF_{1000}) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($LOF_{500} + IF_{LOF-500}$) ยังมีผลให้น้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด (195.36 กรัม/ฝัก) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ ($IF_{LOF-1000}$) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ (LOF_{1000}) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) ขณะที่ดำรับควบคุม (control) มีผลให้จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักฝักทั้งเปลือก และน้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดน้อยที่สุด คือ 0.70 ฝัก/ต้น, 168.38 และ 132.36 กรัม/ฝัก ตามลำดับ

2.2 น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด และปริมาณโปรตีนในเมล็ด

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวเพียงอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด และปริมาณโปรตีนในเมล็ดของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($LOF_{500} + IF_{LOF-500}$) มีผลให้น้ำหนักเมล็ด และปริมาณโปรตีนในเมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด (148.30 กรัม/ฝัก และ 11.75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ย



อินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ ($IF_{LOF-1000}$) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ (LOF_{1000}) ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ($LOF_{500} + IF_{LOF-500}$) มีผลให้น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด (31.23 กรัม) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ ($IF_{LOF-1000}$) ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ (LOF_{1000}) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) เป็นที่สังเกตว่าทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณโปรตีนของเมล็ดข้าวโพดจัดอยู่ในประเภท “ข้าวโพดเมล็ดเกรด 1” คือ มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ ตามมาตรฐานวัตถุดิบอาหารสัตว์ ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด และปริมาณโปรตีนในเมล็ดของข้าวโพดน้อยที่สุด คือ 102.32 กรัม/ฝัก, 28.64 กรัม และ 5.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น ให้ข้อสังเกตว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มให้การเจริญเติบโต รวมทั้งองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยภาพรวมมากที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวที่มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์จำพวกกรดฮิวมิก ซึ่งได้มาจากอินทรีย์วัตถุที่มีในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลว โดยกรดฮิวมิกนั้นจะมีส่วนช่วยในการส่งเสริมให้ข้าวโพด มีการเจริญเติบโตได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับการรายงานของ Tan and Nopamornbodi (1979) ที่กล่าวว่า ปริมาณกรดฮิวมิกที่เหมาะสม จะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอด ราก รวมทั้งการพัฒนาของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยเมื่อมีการเจริญเติบโตที่มากขึ้นก็จะส่งผลให้มีการสร้างองค์ประกอบผลผลิตต่างๆ ให้เพิ่มขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ ในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวซึ่งมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง ส่งผลให้มีความจุแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) สูงตามไปด้วย จึงมีความสามารถในการส่งเสริมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชที่ได้จากปุ๋ยเคมีอีกทางหนึ่ง สอดคล้องกับการรายงานของ Susilawati *et al.* (2011) ที่กล่าวว่าค่า CEC ที่สูงเป็นเหตุผลสำคัญในการเพิ่มการดูดซับธาตุอาหารของพืช โดยเมื่อมีการดูดซับธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้มีการเจริญเติบโตและการสร้างองค์ประกอบผลผลิตของพืชตามไปด้วยนั่นเอง นอกจากนี้ ผลการทดลองดังกล่าวเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ Ripusudan *et al.* (2000) จันจิรา และคณะ (2552) กัญญ์ฐ์ และคณะ (2555) ธนสมณท์ และคณะ (2555) และชัยวัฒน์ และคณะ (2558) ที่อธิบายว่าปุ๋ยเคมีสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับข้าวโพดได้อย่างอย่างรวดเร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต ขณะที่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวจะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเนื่องจากจะต้องอาศัยจุลินทรีย์เพื่อให้เกิดกระบวนการ Mineralization ทำให้เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตเมื่อระยะเวลาผ่านไป ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลว (control) มีผลให้การเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดต่ำที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะการปลูกพืชที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยจะมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดน้อยลง และไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืช



Table 1 Some properties of initial soil and liquid organic fertilizer (LOF)

properties	Soil (0-30 cm)	properties	liquid organic fertilizer
pH (1:1 water)	7.22	pH (3:50)	6.62
EC _e (dS/m)	0.81	EC 1:10 (dS/m)	9.43
Organic matter (%) ^{1/}	1.29	Sodium (%)	0.55
Available P (mg/kg) ^{2/}	42.36	Organic matter (%)	12.67
Exchangeable K (mg/kg) ^{3/}	110.78	Organic carbon (%)	7.35
Exchangeable Ca (mg/kg) ^{3/}	377	C:N ratio	4.48
Exchangeable Mg (mg/kg) ^{3/}	83.74	Total N (%)	1.64
Exchangeable Na (mg/kg)	11.35	Total P ₂ O ₅ (%)	0.63
Sand (%) ^{4/}	80.3	Total K ₂ O (%)	1.12
Silt (%) ^{4/}	10.4	Total primary nutrients (%)	3.39
Clay (%) ^{4/}	9.3		
Texture ^{4/}	loamy sand		

Note

^{1/} = Walkley and Black method (Walkley and Black, 1934)

^{2/} = Bray II method (Bray and Kurtz, 1945)

^{3/} = Extracted with NH₄OAc pH 7.0 (Pratt, 1965)

^{4/} = Pipette method (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2558)



Table 2 Plant height, leaf collar height and leaf greenness (SPAD reading) of maize at different stages

Treatments	Plant height (cm.)			Leaf collar height (cm.)			SPAD reading		
	1 MAP ^{1/} , 2/	2 MAP ^{1/} , 2/	3 MAP ^{1/} , 2/	1 MAP ^{1/} , 2/	2 MAP ^{1/} , 2/	3 MAP ^{1/} , 2/	1 MAP ^{1/} , 2/	2 MAP ^{1/} , 2/	3 MAP ^{1/} , 2/
T ₁ = control	86.23 ^c	144.17 ^e	150.30 ^e	22.93 ^e	100.73 ^f	112.49 ^f	36.67 ^e	32.37 ^f	30.50 ^d
T ₂ = IF _{DOA}	97.07 ^b	186.53 ^c	206.27 ^c	30.47 ^{bc}	139.73 ^{cd}	145.60 ^c	45.43 ^{bc}	54.13 ^{cd}	47.38 ^{bc}
T ₃ = LOF ₅₀₀	96.27 ^b	170.33 ^d	178.35 ^d	27.53 ^d	125.77 ^e	131.66 ^e	42.00 ^d	51.50 ^e	44.52 ^c
T ₄ = IF _{LOF-500}	96.87 ^b	172.27 ^d	185.41 ^d	28.93 ^{cd}	131.10 ^{de}	136.43 ^{de}	43.27 ^{cd}	51.83 ^e	45.33 ^c
T ₅ = LOF ₂₅₀ + IF _{LOF-250}	96.97 ^b	173.20 ^d	189.49 ^d	30.37 ^{bc}	132.57 ^{de}	144.33 ^{cd}	44.17 ^{cd}	52.60 ^{de}	46.33 ^c
T ₆ = LOF ₁₀₀₀	103.93 ^{ab}	193.23 ^{bc}	218.41 ^{bc}	30.63 ^{bc}	146.20 ^{bc}	158.57 ^b	46.93 ^{ab}	54.63 ^{bc}	48.50 ^{abc}
T ₇ = IF _{LOF-1000}	106.93 ^a	199.90 ^b	225.43 ^b	32.10 ^{ab}	151.17 ^b	168.49 ^a	47.60 ^{ab}	56.23 ^{ab}	51.21 ^{ab}
T ₈ = LOF ₅₀₀ + IF _{LOF-500}	109.27 ^a	213.80 ^a	245.35 ^a	33.13 ^a	161.13 ^a	172.38 ^a	48.10 ^a	57.43 ^a	52.34 ^a
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	14.62	13.33	14.89	13.38	13.48	12.32	12.88	12.91	13.25

^{1/} Months after planting

^{2/} mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using by DMRT

** indicated significant difference at P< 0.01



Table 3 Number of ear per plant, ear weight and ear without husk weight of maize

Treatments	Number of ear per plant ^{1/}	Ear weight (g) ^{1/}	Ear without husk weight (g) ^{1/}
T ₁ = control	0.70 ^e	168.38 ^d	132.36 ^d
T ₂ = IF _{DOA}	1.33 ^c	230.54 ^b	184.45 ^{ab}
T ₃ = LOF ₅₀₀	1.00 ^d	212.41 ^c	167.53 ^c
T ₄ = IF _{LOF-500}	1.33 ^c	225.31 ^b	172.24 ^c
T ₅ = LOF ₂₅₀ + IF _{LOF-250}	1.33 ^c	228.46 ^b	176.37 ^{bc}
T ₆ = LOF ₁₀₀₀	1.50 ^b	236.49 ^{ab}	186.29 ^{ab}
T ₇ = IF _{LOF-1000}	1.67 ^a	243.50 ^a	190.38 ^a
T ₈ = LOF ₅₀₀ + IF _{LOF-500}	1.67 ^a	248.23 ^a	195.36 ^a
F-test	**	**	**
CV (%)	14.21	13.05	13.44

^{1/} mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using by DMRT

** indicated significant difference at P < 0.01



Table 4 Grain weight, 100 grain weight and protein content in grain of maize

Treatments	Grain weight (g) ^{1/}	100 grain weight (g) ^{1/}	Protein content in grain (%) ^{1/}
T ₁ = control	102.32 ^f	28.64 ^f	5.56 ^d
T ₂ = IF _{DOA}	141.39 ^{bc}	30.69 ^{bc}	10.50 ^{bc}
T ₃ = LOF ₅₀₀	128.56 ^e	30.37 ^e	9.75 ^c
T ₄ = IF _{LOF-500}	135.34 ^d	30.43 ^{de}	10.13 ^{bc}
T ₅ = LOF ₂₅₀ + IF _{LOF-250}	136.53 ^{cd}	30.59 ^{cd}	10.31 ^{bc}
T ₆ = LOF ₁₀₀₀	145.25 ^{ab}	30.72 ^{bc}	10.94 ^{abc}
T ₇ = IF _{LOF-1000}	146.38 ^{ab}	30.82 ^b	11.31 ^{ab}
T ₈ = LOF ₅₀₀ + IF _{LOF-500}	148.30 ^a	31.23 ^a	11.75 ^a
F-test	**	**	**
CV (%)	12.46	11.46	10.35

^{1/} mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using by DMRT

** indicated significant difference at P < 0.01



สรุป

การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ มีผลให้การเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้น ความสูงคอใบสุดท้าย ค่าความเขียวของใบ และองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักเปลือก น้ำหนักเมล็ด และปริมาณโปรตีนในเมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากที่สุด ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ นอกจากนี้ยังมีผลให้น้ำหนัก 100 เมล็ดของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,000 ลิตร/ไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ดังนั้นเพื่อการจัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสมและลดการสูญเสียในด้านของปริมาณผลผลิต รวมทั้งลดต้นทุนการผลิต ควรใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 500 ลิตร/ไร่ ในการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาวิชาการ ระหว่างภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และบริษัท ไทยฟูดส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กัญญ์ณัฐ ภรณ์สิริภัสร์, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, ศุภชัย อำคา, จุฑามาศ ร่มแก้ว, ซาลินี คงสุด และวิษณุ ชินธรรมมิตร. 2555. ผลของปุ๋ยหมักกากสับดำต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, น. 1235-1247. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2558. คู่มือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน ระบบไฮโดรทศานุกรรม. คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- จันจิรา แสงสีเหลือง, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, จุฑามาศ ร่มแก้ว และ เกียรติกร แก้วตระกูลพงษ์. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, น. 19-28. ใน การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- ชัยวัฒน์ วงษ์ไร, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์, ซาลินี คงสุด, ธีรยุทธ คล้าชื่น, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ธนสมณท์ กุลการณย์เลิศ, อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์ และศิริสุดา บุตรเพชร. 2558. ผลของกากตะกอนยีสต์จากโรงงานเอทานอลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999, น. 188-195. ใน การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 4 “ธรรมชาติของดินและความจริงของปุ๋ยเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืน”, สงขลา.
- ธนสมณท์ กุลการณย์เลิศ, ชัยสิทธิ์ ทองจุ และ ศุภชัย อำคา. 2555. ผลของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 1 (1): 29-41.
- ยงยุทธ โอสดสภา. 2528. หลักการผลิตและการใช้ปุ๋ย. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.
- ยงยุทธ โอสดสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วีระพล แจ่มสวัสดิ์. 2546. ผลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตจากเกษตรอินทรีย์. วารสารเกษตรบางพระ 39 (3): 56-57.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2556-2558. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.



- Bray, R.A. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available form of phosphorus in soil. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Pratt, P.F. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. *In* C.A. Black, ed. *Methods of Soil Analysis Part II. Agronomy*, No. 9. Amer. Soc. Agron. Inc, Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Ripusudan, L.P., G. Gonzalo, R.L. Honor, and D.V. Alejandro. 2000. Tropical maize improvement and production. *FAO plant production and protection series* No. 28.
- Soil Survey Staff. 2003. *Key to Soil Taxonomy: Ninth Edition*. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington, D.C. 332 p.
- Susilawati, K., O. H. Ahmed and N. M. Abd. Majid. 2011. Effectiveness of liquid organic-nitrogen fertilizer in enhancing nutrients uptake and use efficiency in corn (*Zea mays*). *Afr. J. Biotechnol.* 10 (12): 2274-2281.
- Tan, K.H. and V. Nopamornbodi. 1979. Effect of different levels of humic acids on nutrient content and growth of corn (*Zea mays* L.). *Plant Soil.* 51: 283-387.
- Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-35.



ผลของการใช้ลีโอนาร์ไดต์และปุ๋ยมูลโคต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตของดอกดาวเรือง และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินหลังปลูก

Effects of leonardite and cow manure on growth and yield of marigold (*Tagetes erecta* L.) and change of soil properties after harvesting

ภาสินี สืบสวน¹, ศรีณย์ สืบกระแสน¹, ศตวรรษ บุญมี¹ และสุกัญญา แยมประชา^{1*}

Phasini Supsuan¹ Sarun Seubkrasair¹ Sattawat Boonmee¹ and Sukunya Yampracha^{1*}

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใส่ลีโอนาร์ไดต์และมูลโคที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของดาวเรือง และการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินหลังปลูก โดยทำการทดลองในกระถาง ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นชุดดินกำแพงแสน วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) 6 ดำรับการทดลอง 4 ซ้ำ ได้แก่ ดำรับควบคุม (Control) ดำรับที่ใส่ปุ๋ยมูลวัว (Cow manure) ดำรับที่ใส่ลีโอนาร์ไดต์ (Leonardite) ดำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรีย (N) ดำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียร่วมกับปุ๋ยมูลวัว (N+Cow manure) และดำรับที่ใส่ปุ๋ยยูเรียร่วมกับลีโอนาร์ไดต์ (N+Leonardite) โดยทุกดำรับการทดลองได้รับไนโตรเจนเท่ากับ 370 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อกิโลกรัม ยกเว้นดำรับควบคุมปลูกดาวเรืองพันธุ์ทอริเตอร์เป็นเวลา 75 วัน ผลการทดลองพบว่า ความสูงของดาวเรืองในดำรับ N, N+Cow manure และ N+Leonardite แตกต่างจากดำรับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่จำนวนดอก เส้นผ่าศูนย์กลางดอก น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของต้นและดอกดาวเรืองในทุกดำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ อย่างไรก็ตามการใช้ปุ๋ย N+Cow manure มีแนวโน้มทำให้ดาวเรืองมีการเจริญเติบโตและให้จำนวนดอกสูงที่สุด เมื่อวิเคราะห์ดินหลังปลูกพบว่า ในดำรับ Leonardite และ N+Leonardite มีค่า pH ต่ำ แต่ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity, EC) สูง เพราะลีโอนาร์ไดต์เป็นกรดจัดมาก (pH = 2.2) และมีค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 5.68 มิลลิซีเมนส์ต่อเซนติเมตร นอกจากนี้การใช้ลีโอนาร์ไดต์ยังช่วยเพิ่มปริมาณของอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณธาตุกำมะถันที่สกัดได้และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

คำสำคัญ : ลีโอนาร์ไดต์, มูลวัว และดาวเรือง

Abstract

The objective of this study was to investigate the effect of leonardite and cattle manure on growth and yield and change of soil properties after harvesting. The pot experiment was conducted in greenhouse. Marigold, Teeredor cultivar, was cultivated on Kamphaengsaen soil series for 75 days. The experimental design was Randomized Complete Block Design (RCBD) consists of 6 treatments with 4 replications as following: 1) Control, 2) Cow manure, 3) Leonardite, 4) N, 5) N+Cow manure and, 6) N+Leonardite. All treatments were received 370 mg N/kg except control. The result showed that N, N+Cow manure and N+Leonardite treatment caused the height of marigold significant with other treatments. Although, flower diameter, the number of flowers, fresh and dry weight had no significant differences. N+Cow manure treatment trend to increase marigold yield and number of flower. The soil after harvesting shown that Leonardite and N+Leonardite application enhanced decreasing of soil pH and increasing of electrical conductivity (EC) due to high acidity (pH = 2.2) and electrical conductivity (5.68 mS/cm) of leonardite. Moreover, application of leonardite also increased organic matter, extractable sulfur and exchangeable magnesium.

Keywords : Leonardite, Cow manure and Marigold

¹ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
Plant Production Technology Department, Faculty of Agriculture, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok

*corresponding author: sukunya.ya@kmitl.ac.th



บทนำ

ดาวเรืองเป็นไม้ดอกที่คนไทยนิยมปลูกกันมาก เป็นพืชอายุสั้นปลูกง่ายเจริญเติบโตได้ดีในทุกพื้นที่ของประเทศไทย นิยมนำมาใช้เป็นไม้ตัดดอก ไม้เด็ดดอก และปลูกประดับแปลงสำหรับไม้ดอกกระถาง นอกจากเป็นไม้ประดับแล้วยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์อื่นๆได้อีก เช่น รากดาวเรืองฝรั่งเศสบางพันธุ์สามารถลดปริมาณไส้เดือนฝอยที่เป็นศัตรูพืชได้ ดาวเรืองยังสามารถไล่แมลงห้ำหาว (รัตนารักษ์ และคณะ, 2544) ดอกมีลักษณะกลมสวยงาม กลีบดอกจัดเรียงเป็นระเบียบ กลีบดอกยึดแน่นกับฐานดอก ไม่หลุดง่าย อายุการใช้งานนานประมาณ 7-10 วัน นอกจากนี้ยังเป็นพืชที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้นประมาณ 60-70 วัน สามารถตัดจำหน่ายได้ รวมทั้งดาวเรืองยังเป็นพืชที่ขึ้นได้ดีทุกสภาพพื้นที่และทุกฤดูกาลของประเทศ และเป็นไม้ดอกสามารถทำรายได้ให้กับผู้ปลูกสูง (สุภาพร และคณะ, 2556) เกษตรกรในอำเภอเมืองและอำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม บางส่วนปลูกดาวเรืองตัดดอก ซึ่งชุดดินกำแพงแสน เป็นชุดดินที่พบในจังหวัดนครปฐม มีการระบายน้ำ ดี ไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน ปานกลางถึงต่ำ สภาพซึมผ่านได้ของน้ำปานกลาง ลักษณะและสมบัติของดิน เป็นดินลึก ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายแฉะหรือดินร่วน สีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นด่างอ่อน (pH 8.0) ดินบนตอนล่างเป็นดินร่วนปนทรายแฉะหรือดินร่วนเหนียวปนทรายแฉะหรือดินร่วนสีน้ำตาลหรือสีน้ำตาลปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกลางถึงด่างอ่อน (pH 7.0-8.0) ดินล่างตอนล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายแฉะ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2560)

ไนโตรเจนมีหน้าที่สำคัญคือเป็นส่วนประกอบของกรดอะมิโน โปรตีน กรดนิวคลีอิก หรือนิวคลีโอไทด์ คลอโรฟิลล์ และเอนไซม์ ในเซลล์มีโปรตีนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ไนโตรเจนช่วยเร่งให้ดาวเรืองเจริญเติบโตและแตกกิ่งก้านได้รวดเร็ว การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจนของพืชยังทำได้โดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทดแทนหรือร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยปุ๋ยอินทรีย์จะค่อยๆ ปลดปล่อยไนโตรเจนทีละน้อยตลอดระยะเวลาที่พืชเจริญเติบโต การปลูกไม้ดอกนิยมใช้ปุ๋ยอินทรีย์ซึ่งได้แก่ ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ตลอดจนเศษซากพืชในการปรับปรุงดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้ปุ๋ยคอกจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน และเครื่องปลูก ตลอดจนเป็นผลทางอ้อมในการปลดปล่อยธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสให้กับต้นพืช ดังนั้นจึงมีการแนะนำให้เติมปุ๋ยคอกลงในดินหรือเครื่องปลูกทุกครั้งประมาณ 20-25 เปอร์เซ็นต์ และการใส่ปุ๋ยคอกหรือปุ๋ยหมักลงในดินนอกจากเพิ่มธาตุอาหารแล้วยังช่วยปรับโครงสร้างให้ดินโปร่ง (สุภาพร และคณะ, 2556) และยังเป็นการช่วยลดค่าใช้จ่ายของปุ๋ยเคมีอีกด้วย

ลีโอนาร์ไดต์ (Leonardite) เป็นชั้นดินปนถ่านหินที่ถูกออกซิไดส์ตามธรรมชาติ มีลักษณะนุ่มไม่แข็งตัว ปกติดพบอยู่ในแหล่งถ่านหินที่มีความลึกไม่มาก ประกอบด้วย "กรดฮิวมิก" และกรดอินทรีย์อื่นๆ ดินปนถ่านหินนี้เกิดจากการผุพังสลายตัวของซากพืชซากสัตว์ ด้วยกระบวนการทางเคมีและชีวภาพ (วิวัฒน์ และคณะ, 2552) ฮิวมิกสามารถป้องกันไม่ให้น้ำระเหยไปจากดิน ซึ่งเป็นผลดีสำหรับดินที่มีความเป็นดินเหนียวต่ำ ดินทราย และดินในพื้นที่แห้งแล้ง ที่ไม่สามารถจะดูดซับน้ำไว้ได้เมื่อดินที่มีลักษณะดังกล่าวมีน้ำผ่านเข้ามาน้ำก็จะระเหยออกจากดินน้อยลงหรือสามารถอุ้มน้ำได้มากขึ้นและมีประสิทธิภาพในการดูดซับธาตุอาหารและปลดปล่อยธาตุอาหารเหล่านั้นให้แก่พืช อย่างช้าๆ เพื่อให้พืชได้นำมาใช้ประโยชน์ในด้านการเจริญเติบโต การออกดอกออกผล ข้อเสียคือมีค่า pH เป็นกรดจัด จึงอาจส่งผลให้ดินมีสภาพความเป็นกรดเพิ่มขึ้นและทำให้พืชไม่เจริญเติบโต หากมีการใช้ในปริมาณที่มากและใช้ต่อเนื่องในระยะเวลาอันยาวนาน ทั้งนี้ควรพิจารณาถึงสภาพดินที่จะทำการเพาะปลูก (สุรินทร์ และคณะ, 2559) นอกจากนี้ในปัจจุบันมีการนำลีโอนาร์ไดต์มาจำหน่ายเพื่อเป็นวัสดุปรับปรุงดินมากขึ้น ด้วยเหตุนี้การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใส่ลีโอนาร์ไดต์และมูลโคต่อการเจริญเติบโตของดาวเรืองและการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินหลังปลูก

อุปกรณ์และวิธีการ (Materials and Methods)

1. การวางแผนการทดลอง

ทำการทดลองในโรงเรือนวางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design , RCBD) ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ปลูกดาวเรืองในกระถางทดลอง มีทั้งหมด 6 ตำรับการทดลอง (Table 1) ดังนี้ ตำรับควบคุม (Control), ตำรับใส่ปุ๋ยมูลวัว (Cow manure), ตำรับใส่ลีโอนาร์ไดต์ (Leonardite), ตำรับใส่ปุ๋ยยูเรีย (N), ตำรับใส่ปุ๋ยยูเรียร่วมกับปุ๋ยมูลวัว (N+Cow manure) และตำรับใส่ปุ๋ยยูเรียร่วมกับลีโอนาร์ไดต์ (N+Leonardite) โดยแต่ละตำรับการทดลองจะได้รับปุ๋ยตามอัตราใน Table 1 โดยอัตราปุ๋ยที่ใช้มาจากอัตราปุ๋ยเคมีไนโตรเจนที่แนะนำสำหรับการปลูกดาวเรืองเท่ากับ 23 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ (ประมาณ 370 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อกิโลกรัม)



Table 1 Treatment and total nitrogen in the experiment

Treatment	Organic fertilizer (mg N/kg soil)	Chemical fertilizer (mg N/kg soil)
Control	-	-
Cow manure	370	-
Leonardite	370	-
N	-	370
N+Cow manure	300	70
N+Leonardite	300	70

2. การเตรียมดิน

ดินที่ใช้ในการทดลองเป็นชุดดินกำแพงแสน เก็บจากตำบลทุ่งขวาง อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม วัสดุอินทรีย์ที่ใช้คือ ปุ๋ยมูลวัวและลีโอนาร์ไดต์ ซึ่งลีโอนาร์ไดต์นำมาจากแหล่งแม่ทาน อ.สบปราบ จ.ลำปาง นำตัวอย่างดินร่อนผ่านขนาด 2 มิลลิเมตร และซังดินใส่กระถางปริมาณ 5 กิโลกรัม ใส่ลีโอนาร์ไดต์และปุ๋ยมูลโคร่อนฟุ้งตามอัตราที่กำหนด (Table 1) จากนั้นคลุกเคล้าให้เข้ากันก่อนจะนำดินไปใส่ในแต่ละกระถาง สำหรับตำรับ N ใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 300 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อกิโลกรัม เมื่อครบกำหนด 25 วันหลังการย้ายปลูกจะใส่ปุ๋ยยูเรียในอัตรา 70 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อกิโลกรัม ในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยยูเรีย โดยทุกตำรับยกเว้นตำรับ Control จะได้รับไนโตรเจน อัตรา 370 มิลลิกรัมไนโตรเจนต่อกิโลกรัมของดิน

3. การจัดการการเพาะปลูก

เพาะเมล็ดดอกดาวเรืองพันธุ์ทอริเตอร์ มีการจัดการโดยการให้น้ำทุกวันให้วัสดุปลูกมีความชื้นและนำไปไว้บริเวณที่ได้รับแสงแดดดี ย้ายกล้าเมื่ออายุ 20 วัน ลงกระถางทดลอง โดยแต่ละกระถางจะทำการปลูก 5 ต้น หลังจากย้ายกล้าลงกระถาง ถอนแยกให้ดาวเรืองเหลือ 2 ต้นต่อกระถาง หลังจากย้ายกล้าลงกระถาง ทำการรดน้ำบริเวณภาตรองกระถางเพื่อป้องกันการชะล้างของธาตุอาหาร และใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืช (ฟูราดาน) ปริมาณ 1 กรัมโรยลงบนผิวดินใน แต่ละกระถาง และใช้สารกำจัดโรแดง (ไดโคโฟล) ในอัตรา 1 กรัม : น้ำ 1 ลิตร ฉีดพ่นไปตามลำต้นและใบ วิธีการง่าย ๆ เพื่อป้องกันลม เกษตรควรใช้ตาข่ายที่ใช้สำหรับซึ่งไม้ตัดดอกทั่วไป ที่มีขนาดตาประมาณ 10-15 เซนติเมตร มาขึงต้นดาวเรืองในช่วงนี้ เพื่อป้องกันการหักล้มของต้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ (เอเอฟเอ็ม ฟลาวเวอร์ ซีดส์ (ไทยแลนด์) จำกัด, 2560)

4. การเก็บข้อมูล

วัดความสูงเมื่ออายุ 40, 47, 54 และ 61 วัน โดยความสูงของต้นดาวเรืองนั้นจะวัดตั้งแต่ส่วนของลำต้นที่โผล่พ้นพื้นดินไปจนถึงปลายยอดของต้นดาวเรือง บันทึกจำนวนดอกดาวเรืองในแต่ละต้น วัดเส้นผ่านศูนย์กลางของดอกที่สมบูรณ์ และเก็บตัวอย่างดอกหลังจากดอกบานเต็มที่ ตั้งแต่ดาวเรืองอายุประมาณ 60-75 วัน เมื่อดาวเรืองอายุ 75 วัน ตัดต้นส่วนเหนือดินของดาวเรือง บันทึกน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของดอกและต้น วัดปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดอกและต้นดาวเรือง ด้วยวิธี Kjeldahl method และคำนวณการดูดใช้ไนโตรเจน เก็บตัวอย่างดินหลังปลูกจากทุกกระถางนำไปผึ่งลมให้แห้ง นำไปวิเคราะห์ค่า pH, Electrical Conductivity (EC) อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:5 , Organic matter ด้วยวิธี Loss of Ignition method, Available P สกัดด้วย Brayll วัดโดย Spectrophotometer , Extractable S สกัดด้วย $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ เข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร วัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Spectrophotometer วิเคราะห์โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยสกัดด้วย NH_4OAc pH 7.0 วัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (กรมวิชาการเกษตร, 2544) วิเคราะห์คาร์บอนทั้งหมด ไนโตรเจนทั้งหมด และซิลเฟอรทั้งหมดในวัสดุอินทรีย์ด้วยเครื่อง dry combustion รุ่น CNS Trumax โดยเผาตัวอย่างที่อุณหภูมิ 1350 องศาเซลเซียส และวัดปริมาณก๊าซที่ได้



5. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ Analysis of variance (ANOVA) ประเมินความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์โดยวิธีของ Duncan's multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญ $p \leq 0.05$

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง (Results and Discussions)

1. สมบัติดินและวัสดุอินทรีย์ก่อนการทดลอง

ดินก่อนปลูก ความเป็นกรด-ด่าง ของดินอยู่ในช่วง 7.43 เป็นด่างเล็กน้อย (Table 2) มีค่าการนำไฟฟ้า 0.42 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร (Table 2) ซึ่งอยู่ในระดับที่ไม่มีค่าความเค็ม มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 29.8 เปอร์เซ็นต์ มีไนโตรเจนอยู่ในระดับต่ำ เท่ากับ 0.60 กรัมต่อกิโลกรัม (Table 2) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมและแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีค่าเท่ากับ 101.37, 123.67 และ 3,330 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าอยู่ในระดับที่สูง และแมกนีเซียม 181.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (Table 2)

Table 2 Soil chemical properties before planting

Sample	pH	EC (mS/cm)	OM (%)	Total N (g/kg)	Avai.P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)	Exch. Ca (mg/kg)	Exch. Mg (mg/kg)	Extrac S (mg/kg)
Soil	7.43	0.42	29.8	0.60	101.37	123.67	3,330	181.67	610

มูลโค เป็นกรดปานกลาง ($pH = 6.01$) (Table 3) มีค่าการนำไฟฟ้า 3.32 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร (Table 3) อยู่ในระดับเค็มเล็กน้อย ไนโตรเจน แคลเซียมและแมกนีเซียม มีค่าเท่ากับ 9.50, 3.66 และ 0.80 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในระดับสูง (Table 3) ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม มีค่าเท่ากับ 42.14 กรัม P_2O_5 ต่อกิโลกรัม และ 47.30 กรัม K_2O ต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (Table 3)

ลีโอนาร์ไดต์ มีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 2.2 เป็นกรดรุนแรง (Table 3) ค่าการนำไฟฟ้า 5.68 มิลลิซีเมนต์ต่อเซนติเมตร อยู่ในระดับเค็มปานกลาง ไนโตรเจน 4.10 กรัมต่อกิโลกรัมอยู่ในระดับปานกลาง (Table 3) และจะเห็นได้ว่า มูลโค มีโพแทสเซียมสูงกว่าลีโอนาร์ไดต์มาก ในขณะที่ลีโอนาร์ไดต์มีแคลเซียม แมกนีเซียม และซัลเฟอร์ทั้งหมดสูงกว่ามูลโคมาก โดยเฉพาะซัลเฟอร์ (Table 3)

Table 3 Cow manure and Leonardite chemical properties

Sample	pH	EC (mS/cm)	Total C (g/kg)	Total N (g/kg)	Total P_2O_5 (g/kg)	Total K_2O (g/kg)	Total Ca (g/kg)	Total Mg (g/kg)	Total S (g/kg)
Cow Manure	6.01	3.32	122.90	9.50	42.14	47.30	3.66	0.80	1.88
Leonardite	2.2	5.68	107.00	4.10	90.00	10.48	5.97	1.76	35.30

หมายเหตุ : ไม่พบโลหะหนักใน leonardite ยกเว้นอาร์เซนิก (As) มีค่าเท่ากับ 28.2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ (50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)

2. การเจริญเติบโตของดาวเรือง

2.1 ความสูง

จากผลการทดลองพบว่าความสูงของต้นดาวเรืองในทุกตำรับการทดลองมีความสูงเพิ่มขึ้นจากสัปดาห์แรกที่ปลูก โดยพบว่า 40 วันหลังปลูก ตำรับ N+Cow manure (28.31 เซนติเมตร) และตำรับ N (26.73 เซนติเมตร) มีความสูงของดาวเรืองมากกว่าตำรับอื่นและแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับในตำรับ Leonardite ที่มีความสูงต่ำที่สุด (18.86 เซนติเมตร) ในขณะที่ 47 วันหลังปลูก พบว่าตำรับที่มีการใส่ N+Cow manure ทำให้ความสูงของดาวเรืองสูงสุด (49.56 เซนติเมตร) ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับ N (44.15 เซนติเมตร) ส่วน 54 วันหลังปลูกและ 61 วันหลังปลูก พบว่าทุกตำรับ



การทดลองยกเว้นตำรับ Leonardite แตกต่างกันทางสถิติ โดยตำรับ N+Cow manure (64.00 เซนติเมตร) และตำรับ N (72.56 เซนติเมตร) มีความสูงแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับ Leonardite ซึ่งมีความสูงของต้นดาวเรืองเท่ากับ 48.46 และ 55.13 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยของสายชล และคณะ (2555) ได้ศึกษาการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยมูลวัว อัตรา 2,000 กิโลกรัมต่อไร่ มีผลทำให้ผักบุ้งจีนมีการเจริญเติบโตในด้านความสูงที่สุด หลังจากปลูก 25 วัน เมื่อเทียบกับตำรับใส่ปุ๋ยหมักจากพืช และใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยหมักและมูลวัวในอัตราอื่น

Table 4 Effect of N fertilizer and organic materials on marigold height (cm) at 40, 47, 54 and 61 days after transplanting (DAT)

Treatment	Height (cm)			
	40 DAT	47 DAT	54 DAT	61 DAT
Control	22.85bcd	38.14bc	58.00ab	71.50a
Cow manure	23.33bc	39.04bc	54.04ab	66.75ab
Leonardite	18.86d	34.99c	48.46b	55.13b
N	26.73ab	44.15ab	61.58a	72.56a
N+Cow manure	28.31a	49.56a	64.00a	70.68a
N+Leonardite	19.94cd	37.39bc	54.98ab	67.06ab
F-test	*	*	*	*
CV (%)	11.01	11.82	11.75	11.46

*Significant at $p \leq 0.05$, values followed by the same lowercase letter in column are not significantly difference at $p \leq 0.05$

2.2 น้ำหนักแห้งและน้ำหนักสดของลำต้นและดอก

พบว่าตำรับที่ใส่ปุ๋ย N มีน้ำหนักสดและแห้งของดอกสูงที่สุด (45.38 และ 6.48 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ) แต่ทุกตำรับการทดลองไม่แตกต่างทางสถิติ (Table 5) นอกจากนี้ตำรับใส่ปุ๋ย N มีแนวโน้มให้น้ำหนักสดและแห้งต้นสูงที่สุด (53.67 และ 8.30 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ) จึงทำให้น้ำหนักสดและแห้งทั้งหมดของตำรับ N มีน้ำหนักสดและแห้งทั้งหมดสูงที่สุด (99.05 และ 14.79 กรัมต่อกระถาง ตามลำดับ)

Table 5 Fresh and dry weight of flower, stalk, total fresh and dry weight (g/pot) of marigold

Treatment	Flower		Stalk		Total Fresh weight (g/pot)	Total Dry weight (g/pot)
	Fresh weight (g/pot)	Dry weight (g/pot)	Fresh weight (g/pot)	Dry weight (g/pot)		
Control	34.01	4.50	47.00	7.13	81.01	12.07
Cow manure	32.15	4.66	49.03	8.07	81.18	12.73
Leonardite	38.32	5.61	45.01	7.48	83.33	13.10
N	45.38	6.48	53.67	8.30	99.05	14.79
N+Cow manure	42.07	6.47	49.31	6.86	91.39	13.33
N+Leonardite	43.59	6.04	51.09	7.58	94.68	13.62
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	27.87	27.62	24.42	24.60	18.66	17.37

ns = not significant, values followed by the same lowercase letter in column are not significantly difference at $p \leq 0.05$



2.3 ผลผลิต

จากการทดลองพบว่าผลผลิตดอกของต้นดาวเรืองไม่แตกต่างทางสถิติในทุกตำรับกับทดลอง (Table 6) โดยตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี N+Cow manure มีแนวโน้มให้ผลผลิตดอกสูงที่สุด (14.50 ดอกต่อกระถาง) โดยเมื่ออายุ 76 วันหลังปลูก รองลงมาคือตำรับ N, Leonardite, N+Leonardite, Cow manure และ Control มีค่าเท่ากับ 14.25, 13.25, 12.50, 9.50 และ 9.50 ดอกต่อกระถางตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Ahmad *et al.* (2011) พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตจำนวนดอกต่อต้น และขนาดของดอกดาวเรืองได้ เนื่องจากไนโตรเจนช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของส่วนอ่อนในพืช ซึ่งเป็นส่วนที่กำลังเจริญเติบโตจึงช่วยเพิ่มและขยายขนาดของเซลล์ เมื่อพืชมีการเจริญเติบโตเต็มที่ก็จะส่งผลต่อดอก ส่วนขนาดของดอกพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในแต่ละตำรับการทดลอง อย่างไรก็ตามตำรับ N+Leonardite มีแนวโน้มว่าจะมีขนาดใหญ่ที่สุด โดยมีขนาดเฉลี่ยอยู่ที่ 5.07 เซนติเมตร (Table 6) แต่ในตำรับ Leonardite กลับมีแนวโน้มจะมีขนาดดอกเล็กที่สุด โดยมีขนาดเฉลี่ยอยู่ที่ 4.63 เซนติเมตร

Table 6 Effect of N fertilizer and organic materials on yield (flower/pot) and flower diameter (cm)

Treatment	Yield (Flower/pot)	Diameter (cm)
Control	9.5	4.8
Cow manure	9.5	4.9
Leonardite	13.25	4.63
N	14.25	4.84
N+Cow manure	14.5	5.01
N+leonardite	12.5	5.07
F-test	ns	ns
CV (%)	31.7	5.71

ns = not significant, values followed by the same lowercase letter in column are not significantly difference at $p \leq 0.05$

3. ความเข้มข้นและการดูดใช้ในโตรเจน

จากผลการทดลองพบว่า ตำรับที่ใส่ปุ๋ย N ส่งผลต่อปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดสูงสุดทั้งในดอกและลำต้น (22.10 และ 11.50 กรัมต่อกิโลกรัม) และไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับ N+Cow manure แต่ในตำรับที่ใส่ปุ๋ย Cow manure จะให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดอกต่ำสุด (16.50 กรัมต่อกิโลกรัม) และแตกต่างทางสถิติกับในตำรับ N ส่วนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในลำต้น พบว่าทุกตำรับการทดลองไม่แตกต่างทางสถิติ (Table 7)

จากการทดลองพบว่า ตำรับ N ส่งผลต่ออัตราการดูดใช้ในโตรเจนสูงสุด (0.14 กรัมต่อกระถาง) และไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับ N+Cow manure (0.13 กรัมต่อกระถาง) (Table 7) แต่ในตำรับ Cow manure มีการดูดใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนต่ำกว่าตำรับอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (0.07 กรัมต่อกระถาง) การดูดใช้ธาตุไนโตรเจนของต้นดาวเรืองพบว่าทุกตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างทางสถิติ แต่ในตำรับ N มีแนวโน้มการดูดใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนได้สูงกว่าตำรับอื่น (0.10 กรัมต่อกระถาง) และพบว่าการดูดใช้ธาตุอาหารในดอกดาวเรืองสูงกว่าการดูดใช้โดยลำต้น ส่วนการดูดใช้ในโตรเจนทั้งหมดพบว่า ตำรับ N, N+Cow manure และ N+Leonardite มีการดูดใช้ในโตรเจนสูงและแตกต่างจากที่อื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และตำรับ Cow manure มีการดูดใช้ในโตรเจนต่ำที่สุด (0.16 กรัมต่อกระถาง) ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับควบคุมและตำรับ Leonardite



Table 7 Total nitrogen, nitrogen uptake and total nitrogen uptake of marigold flower and stalk

Treatment	Total N (g/kg)		Nitrogen Uptake (g/pot)		Total nitrogen Uptake (g/pot)
	Flower	Stalk	Flower	Stalk	
Control	17.10bc	9.60	0.08bc	0.09	0.17b
Cow manure	16.50c	10.40	0.07c	0.08	0.16b
leonardite	18.40bc	10.30	0.10abc	0.07	0.18b
N	22.10a	11.50	0.14a	0.10	0.24a
N+Cow manure	19.80ab	10.90	0.13ab	0.70	0.20ab
N+leonardite	17.60bc	10.80	0.11abc	0.08	0.19ab
F-test	*	ns	*	ns	*
CV (%)	9.18	16.82	29.42	19.73	19.30

*Significant at $P < 0.05$, ns = not significant, values followed by the same lowercase letter in column are not significantly difference at $P < 0.05$

4. ผลการวิเคราะห์ดินหลังปลูก

พบว่า ค่า pH ในดินลดลงอยู่ที่ 6.0-6.9 ซึ่งดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง โดยตำรับที่มีการใส่ N+Cow manure และ N เพียงอย่างเดียว ทำให้ดินมีค่า pH เป็นกลาง ส่วนตำรับที่มีการใส่ Leonardite มี pH เป็นกรดเล็กน้อย ส่วนค่า EC พบว่ามีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.49 – 0.86 มิลลิซีเมนตต่อเซนติเมตร คือไม่มีความเค็ม ตำรับที่ใส่ Leonardite มีค่า EC สูงสุด และไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับที่ใส่ N+Leonardite ในขณะที่การใส่ N เพียงอย่างเดียว มีค่า EC ต่ำสุด ในตำรับที่มีการใส่ N+Leonardite มีแนวโน้มว่ามีไนโตรเจนทั้งหมดอยู่สูงที่สุดอยู่ที่ 14 กรัมต่อกิโลกรัม และในตำรับ Control และ N เพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มว่าจะมีไนโตรเจนทั้งหมดต่ำที่สุดเท่ากับ 11 กรัมต่อกิโลกรัม และพบว่าทุกตำรับการทดลองไม่แตกต่างทางสถิติ (Table 8)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน พบว่าทุกตำรับการทดลองไม่แตกต่างทางสถิติ แต่ในตำรับ N+Cow manure มีแนวโน้มว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงสุด (23.58 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 27.2-31.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินปานกลาง โดยตำรับที่ใส่ Leonardite มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงสุด (31.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับ N+Leonardite (29.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) อย่างไรก็ตามในตำรับที่มีการใส่ N เพียงอย่างเดียวมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำสุด (Table 8) สอดคล้องกับรายงานของ สุชาดา และคณะ (2556) ทำการศึกษาลักษณะทางเคมีของลีโอนาร์ไดต์จากเหมืองแร่อลิกันต์ ประเทศไทย ผลการศึกษาพบว่า ลีโอนาร์ไดต์มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงถึงร้อยละ 24.4 จึงเหมาะสำหรับใช้ปรับปรุงสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน เนื่องจากลีโอนาร์ไดต์มีสารประกอบฮิวมิกเป็นองค์ประกอบอยู่สูง และมีบทบาทในการเพิ่มค่าอินทรีย์วัตถุและไนโตรเจนให้กับดินที่ใส่



Table 8 Chemical properties of the experimental soil after planting

Treatment	pH	EC (mS/cm)	Total N (g/kg)	Available P (mg/kg)	OM (g/kg)
Control	6.6c	0.56bc	11.00	21.38	27.6c
Cow manure	6.7bc	0.55bc	13.00	21.33	29.1bc
leonardite	6.0d	0.86a	13.00	19.99	31.5a
N	6.9ab	0.49c	11.00	21.62	27.2c
N+Cow manure	6.9a	0.51c	12.00	23.58	28.9bc
N+leonardite	6.5c	0.75ab	14.00	21.97	29.7ab
F-test	**	*	ns	ns	*
CV (%)	2.22	23.26	14.84	9.03	4.34

*Significant at $P < 0.05$, **significant at $P < 0.01$ ns = not significant, values followed by the same lowercase letter in column are not significantly difference at $P < 0.05$

โพแทสเซียม ผลการวิเคราะห์โพแทสเซียมในดินพบว่า ในตำรับการทดลอง Cow manure มีโพแทสเซียมสูงที่สุดเท่ากับ 104.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 9) และไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับ N+Cow manure โดยมีโพแทสเซียมเท่ากับ 91.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ในขณะที่ตำรับ N พบว่ามีปริมาณโพแทสเซียมต่ำที่สุดเท่ากับ 74.01 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 9) เนื่องจากสมบัติวัสดุอินทรีย์ที่เป็นมูลโค มีปริมาณโพแทสเซียมสูงถึง 42.14 กรัมต่อกิโลกรัม (Table 3) ทำให้ในตำรับการทดลอง Cow manure และ N+Cow manure ที่มีการใส่ปุ๋ยมูลโคมีปริมาณโพแทสเซียมสูงกว่าตำรับการทดลองอื่น

แคลเซียม ผลการวิเคราะห์แคลเซียมในดินพบว่า ในตำรับการทดลอง Leonardite มีปริมาณแคลเซียมสูงที่สุดเท่ากับ 3599.26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 9) และในตำรับ N+Cow manure มีปริมาณแคลเซียมต่ำที่สุดเท่ากับ 3355.89 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 9) และพบว่าทุกตำรับการทดลองไม่แตกต่างทางสถิติ

แมกนีเซียม ผลการวิเคราะห์แมกนีเซียมในดินพบว่า ในตำรับการทดลอง Leonardite มีปริมาณแมกนีเซียมสูงที่สุดเท่ากับ 279.94 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 9) เนื่องจากลีโอเนอร์ดไต์มีปริมาณแมกนีเซียมสูงเท่ากับ 1.76 กรัมต่อกิโลกรัม (Table 3) รองลงมาคือตำรับ N+Leonardite, N+Cow manure, Cow manure, N และ Control มีค่าเท่ากับ 245.43, 231.05, 225.33, 221.63 และ 216.71 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

กำมะถัน พบว่าตำรับการทดลอง Leonardite มีปริมาณกำมะถันสูงที่สุดเท่ากับ 939.60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 9) และไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับ N+Leonardite โดยมีปริมาณกำมะถันเท่ากับ 731.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (Table 9) รองลงมาคือ ตำรับ Control, N+Cow manure, Cow manure และ N มีค่าเท่ากับ 585.70, 524.20, 504.90 และ 453.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ โดยตำรับ Leonardite และ N+Leonardite พบว่ามีปริมาณกำมะถันสูง ซึ่งสอดคล้องกับ Table 3 ลีโอเนอร์ดไต์มีปริมาณซัลเฟอร์สูงถึง 35.30 กรัมต่อกิโลกรัม



Table 9 Exchangeable K, Ca, Mg and Extractable S (mg/kg) of the experimental soil after planting

Treatment	Exchangeable K (mg/kg)	Exchangeable Ca (mg/kg)	Exchangeable Mg (mg/kg)	Extractable S (mg/kg)
Control	79.37bc	3497.95	216.71c	585.70bc
Cow manure	104.18a	3515.94	225.33bc	504.90bc
leonardite	81.97bc	3599.26	279.94a	939.60a
N	74.01c	3456.32	221.63c	453.10c
N+Cow manure	91.25ab	3355.89	231.05bc	524.20bc
N+leonardite	81.20bc	3570.38	245.43b	731.50ab
F-test	**	ns	**	**
CV (%)	11.96	3.59	5.91	23.84

**significant at $P < 0.01$ ns = not significant, values followed by the same lowercase letter in column are not significantly difference at $P < 0.05$.

สรุปผลการทดลอง (Conclusions)

จากการศึกษาพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนร่วมกับปุ๋ยมูลโคทำให้ต้นดาวเรืองมีความสูงมากที่สุด แต่การใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนเพียงอย่างเดียวมีแนวโน้มทำให้ทำให้ต้นดาวเรืองปริมาณน้ำหนักรากและแห้งทั้งหมด ผลผลิตดอกดาวเรือง ความเข้มข้นของไนโตรเจน ความเข้มข้นโพแทสเซียม และการดูดใช้ธาตุอาหารไนโตรเจนในดอกของดาวเรืองสูงที่สุด นอกจากนี้ การใส่ลีโอเนอร์ดไต์เพียงอย่างเดียว และการใส่ลีโอเนอร์ดไต์ร่วมกับปุ๋ยเคมีไนโตรเจน ไม่ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของดาวเรืองแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนเพียงอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยมูลโคเพียงอย่างเดียว และการใส่ปุ๋ยมูลโคร่วมกับปุ๋ยเคมีไนโตรเจน แต่ทำให้ดินหลังปลูกมีปริมาณธาตุกำมะถันสูงกว่าค่ารับการทดลองอื่นอย่างเห็นได้ชัด นอกจากนี้ยังมีธาตุแมกนีเซียมที่สูง และทำให้มีอินทรีย์วัตถุในดินสูง เนื่องจากเป็นแหล่งของกรดฮิวมิก แต่การใส่ลีโอเนอร์ดไต์ยังส่งผลโดยตรงต่อค่า pH และ EC เนื่องจากลีโอเนอร์ดไต์มีความเป็นกรดจัดมากและค่าการนำไฟฟ้าสูง ส่งผลให้ดินมีค่า pH ต่ำลง มี EC สูงขึ้น จึงควรเลือกใช้ลีโอเนอร์ดไต์ในดินที่เป็นด่าง เนื่องจากลีโอเนอร์ดไต์ส่งผลดีและผลเสียแก่ดินหลังปลูกจึงควรมีการศึกษาความเหมาะสมของสมบัติและพืชที่สามารถนำลีโอเนอร์ดไต์ไปใช้ประโยชน์ได้สูงสุด และไม่ส่งผลกระทบต่อพืชและสิ่งแวดล้อม

คำขอบคุณ (Acknowledgement)

ขอขอบคุณ คุณสุรินทร์ รินณรงค์ ที่สนับสนุนลีโอเนอร์ดไต์ จากแหล่งแม่ทาน อำเภอสบปราบ จังหวัดลำปาง เพื่อใช้เป็นวัสดุสำหรับการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง (Literature cited)

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2560. ลักษณะและสมบัติของชุดดินภาคกลาง ชุดดินกำแพงแสน. เข้าถึงได้จาก : http://oss101.ldd.go.th/web_thaisoils/pf_desc/central/Ks.htm (เข้าถึงเมื่อ 10 มิถุนายน 2560)
- กรมวิชาการเกษตร. 2544. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.
- รัตนภรณ์ พรหมศรีธา, มณฑนา มิลน์ และอารมณ แสงวนิชย์. 2544. การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของดาวเรือง, หน้า 404-409. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิวัฒน์ ไตรฤกษ์, พลยุทธ สุขสมิต, และจินดารัตน์ ไตรภรณ์. 2552. เอกสารงานวิจัยการเตรียมสารประกอบเกลืออิมเมตจากดินปนถ่านหินจากเหมืองลิกไนต์แม่เมาะ จังหวัดลำปาง. มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี.
- สายชล พรหมอยู่, อัจฉรา จิตตลดากร และฤทธิ ภัทรดิตร. 2555. ผลของการใช้ปุ๋ยมูลวัว ปุ๋ยหมักและปุ๋ยเคมี ต่อการผลิตผักบุ้งจีน, หน้า 1-12. ใน การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 2. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี



- สุชาดา โภชาตม, แสงดาว เขาแก้ว, พลยุทธ สุขสมิตติ, คณพล จุฑามณี และ Gautier Landrot. 2556. การศึกษาลักษณะทางเคมีของลีโอนาร์โดต์จากเหมืองแร่ลิกันต์ เพื่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51 สาขาวิทยาศาสตร์, สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุภาพร รัตนพันธุ์, ปราโมทย์ ทิมขำ, เพลิมศิลป์ งามศิริ, แสงแก้ว คำกวน, นพรัตน์ จันทรีไชย และนันทนา เตชนันท์. 2556. การใช้ประโยชน์จากปุ๋ยมูลหอนด่างกว้างชน. เกษตร. 41(3) : 269-274
- สุรินทร์ รินณรงค์, อัจฉรา จิตตลดากร และพงศ์พันธุ์ เขียวศิริ. 2559. ผลของลีโอนาร์โดต์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกวางตุ้ง, น.1-13. ใน การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 6. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี
- เอเอฟเอ็ม ฟลาวเวอร์ ซีดส์ (ไทยแลนด์) จำกัด. 2560. คำแนะนำการผลิตดาวเรืองไม้ตัดดอก. เข้าถึงได้จาก : <https://th-th.facebook.com/notes/afm-flower-seeds/คำแนะนำการผลิตดาวเรืองไม้ตัดดอก/322348287856045/> (เข้าถึงเมื่อ 10 กรกฎาคม 2560)
- Ahimad, I., M. Asif, A. Amjad and S. Ahmad. 2011. Fertilization enhances growth, yield and xanthophyll contents of marigold. Turkish Journal of Agriculture & Forestry. 35(6) : 641-648.



ผลของการขาดไนโตรเจน โพแทสเซียม และกำมะถัน ต่อการเจริญเติบโตและ การดูดตั้งธาตุอาหารในมันสำปะหลัง

Effect of nitrogen, potassium and sulfur deficiency on growth and nutrients uptake in cassava (*Manihot esculenta* L. Crantz)

วารangkha Thummanatsakun¹, นุชรีย์ พรานัก¹, นุกูล ถวิลถึง¹, วลัยย์ อมรพล²,
สมฤทัย ตันเจริญ³ และสุกัญญา แย้มประชา^{1*}

Varangkha Thummanatsakun¹, Nucharee Phumnuk¹, Nukoon Tawinteung¹,
Wanlee Amornpon², Somrutai Tancharoen³ and Sukunya Yampracha^{1*}

บทคัดย่อ

ไนโตรเจน โพแทสเซียม และกำมะถันเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับมันสำปะหลัง จึงทำการศึกษาผลของการขาดธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียมและกำมะถันต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และการดูดตั้งธาตุอาหารของมันสำปะหลัง โดยปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (KU50) ด้วยเทคนิค Omission trial โดยใช้ทรายเป็นวัสดุปลูกให้ธาตุอาหารในรูปของสารละลาย วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ ประกอบด้วย 5 ทรีตเมนต์ 4 ซ้ำ ได้แก่ ไม่มีการให้ธาตุอาหาร (Control) ให้ธาตุอาหารครบทุกธาตุ (All) ไม่มีการให้ไนโตรเจน (-N) ไม่มีการให้โพแทสเซียม (-K) และไม่มีการให้กำมะถัน (-S) ทำการทดลองเป็นเวลา 4 เดือน จากผลการทดลองพบว่า การขาดไนโตรเจน (N) โพแทสเซียม (K) และกำมะถัน (S) ส่งผลให้ค่า SPAD น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของแผ่นใบ ลำต้น+ก้านใบ เหง้า และรากมันสำปะหลัง ในทรีตเมนต์ -N, -K, -S และ control ต่ำกว่าทรีตเมนต์ All อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้ทรีตเมนต์ -N, -S และ -K ส่งผลให้น้ำหนักแห้งหัวมันสำปะหลังลดลง 100.00, 28.40 และ 33.35% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับทรีตเมนต์ All การขาดไนโตรเจนในทรีตเมนต์ -N และ control ส่งผลให้ค่า SPAD ต่ำที่สุดและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่นๆ ในทรีตเมนต์ -N, -K, -S ความเข้มข้นของ N K และ S ในทุกส่วนของพืชต่ำ และในทรีตเมนต์ -N พบความเข้มข้นของโพแทสเซียมสูง แต่ความเข้มข้นของกำมะถันต่ำในทุกส่วนของพืช นอกจากนี้ทรีตเมนต์ -N ส่งผลต่อการดูดตั้งธาตุอาหารทุกธาตุต่ำ ทรีตเมนต์ -K ทำให้ดูดตั้งโพแทสเซียม แคลเซียม และกำมะถันต่ำ และทรีตเมนต์ -S ทำให้การดูดตั้งไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และกำมะถันต่ำ

คำสำคัญ : มันสำปะหลัง, ไนโตรเจน, โพแทสเซียม, กำมะถัน

Abstract

Nitrogen, potassium, and sulfur are significant to growth and yield of cassava. The objective of this experiment was to study effects of nitrogen potassium and sulfur deficiency on growth and nutrients uptake of cassava. Kasetart 50 (KU50) variety was planted with omission trials in sand culture and provided nutrients in the solution form. The experimental design was randomized complete block design (RCBD) with five treatments i.e. distillation water (control), All nutrients (All), minus N (-N), minus K (-K) and minus S (-S) with 4 replications. The cassava was harvested at 4 months after planting. The results showed that deficiency of nitrogen, potassium, and sulfur were affected to height, fresh and dry weight

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

Department of Plant Production Technology, Faculty of Agriculture, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

² ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน ต. ห้วยโป่ง อ. เมือง จ. ระยอง 21150

Rayong Field Crop Research Center, Field and Renewable Energy Crops Research Institute, Huaipong, Muang, Rayong 21150

³ กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

Soil science Research Group Agricultural Production Science Research and Development Division, Bangkok 10900

* corresponding author: sukunya.ya@kmitl.ac.th

of leave blade, stalk+petio, crown and root which -N, -K and -S treatments was significant decreased as compared to that of treatment All. Moreover, tuber yield was decreased 100.00, 28.40 and 33.35% in treatments -N, -K and -S respectively as compared with All treatment, respectively. SPAD value of cassava in control and -N treatment was lower than those of other treatments. Total N, K and S in -N, -K and -S treatment was low concentration in all plant parts. In addition, -N treatment enhanced high concentration of total K and low total S concentration in all plant part. Moreover, nitrogen deficiency affected to low nutrient uptake. Total potassium, total calcium, and total sulfur uptake in -K treatment was significant decreased when compared with All treatment while total nitrogen, potassium, calcium and sulfur uptake in -S treatment was low.

Keywords : cassava, nitrogen, potassium, sulfur

บทนำ

มันสำปะหลัง *Cassava (Manihot esculenta Crantz)* เป็นพืชอาหารที่สำคัญของประเทศในเขตร้อน โดยเฉพาะประเทศต่างๆ ในทวีปแอฟริกา และ อเมริกาใต้ ในทวีปเอเชีย ประเทศอินโดนีเซีย และอินเดียมีการบริโภคมันสำปะหลังกันเป็นจำนวนมาก (จรุงสิทธิ์ และ อัจฉรา, 2547) ในปี 2558 ประเทศไทยมีผลผลิตมันสำปะหลัง 32.35 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) รายได้จากการส่งออกมันสำปะหลัง 7.07 พันล้านบาท/ปี (กระทรวงพาณิชย์, 2558) อย่างไรก็ตามผลผลิตเฉลี่ยต่อไร่ยังอยู่ในเกณฑ์ต่ำ

มันสำปะหลังเป็นพืชที่ให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูงเมื่อเทียบกับพืชไร่อื่นๆ ธาตุอาหารจึงถูกเคลื่อนย้ายออกจากพื้นที่เป็นจำนวนมาก ประกอบกับเกษตรกรมักปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันหลายปีในพื้นที่เดิมธาตุอาหารในดินจึงลดลง การปลูกมันสำปะหลังจึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตและรักษาระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2558) ไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของโปรตีน คลอโรฟิลล์ เอนไซม์ ฮอร์โมน และวิตามิน มีความสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสงและระบบเมตาบอลิซึมในพืช มันสำปะหลังที่ขาดไนโตรเจนจึงเจริญเติบโตช้ากว่าปกติ ในบางพันธุ์หากขาดไนโตรเจนอย่างรุนแรงจะแสดงอาการใบพืชเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเรียกว่า chlorosis ต้นแคระแกร็น ชะงักการเจริญเติบโต และผลผลิตลดลง งานทดลองของ Sangakkara and Wijesinghe (2014) พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้จำนวนหัวและผลผลิตเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Cardoso *et al.* (2005) พบว่าไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สำคัญสำหรับการสร้างหัวในพืชประเภทหัว โพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมตาบอลิซึม โดยช่วยกระตุ้นกิจกรรมการสังเคราะห์แสง เพิ่มพื้นที่ใบ และส่งเสริมการเคลื่อนย้ายสารอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงเพื่อไปสะสมในราก Blin (1905) รายงานว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมไม่ได้ทำให้ผลผลิตมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นเท่านั้น แต่ยังทำให้ปริมาณแป้งเพิ่มขึ้นด้วย นอกจากนี้ปุ๋ยธาตุรองและจุลธาตุก็มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังด้วย นอกจากนี้การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมและไนโตรเจนในอัตราส่วนที่เหมาะสมยังช่วยลดการสร้างสารประกอบไซยาโนสในหัวมันสำปะหลัง รวมทั้งทำให้อายุใบมันสำปะหลังสั้นลง ทำให้ส่งผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์แสงและการสะสมแป้งในหัวมันสำปะหลัง (Howeler, 2014) การขาดกำมะถันทำให้พืชมีการสะสมอนินทรีย์ไนโตรเจนและกรดอะมิโนในใบพืชสูงมากเกินไป แต่ไม่สามารถสร้างสารประกอบโปรตีนได้เพียงพอ จากงานทดลองของ Panitnok *et al.*, (2013) พบว่าการใช้ปุ๋ยกำมะถันทางใบมีแนวโน้มจะเพิ่มจำนวนหัวต่อต้น และปริมาณแป้งในหัวของมัน

ดังนั้นการขาดธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียม หรือกำมะถัน จึงส่งผลกระทบต่อเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง แต่อิทธิพลจากการขาดธาตุทั้งสามธาตุที่มีต่อผลผลิตอาจมีข้อมูลที่ยังไม่ชัดเจนถึงระดับความรุนแรงที่มีต่อผลผลิต นอกจากนี้การขาดธาตุอาหารทั้งสามธาตุอาจส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นและการดูดดึงธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืชชนิดอื่นๆ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาอิทธิพลของการขาดธาตุอาหารและการจัดการธาตุอาหารของมันสำปะหลัง ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อศึกษาผลของการขาดไนโตรเจน โพแทสเซียม และกำมะถันต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต ความเข้มข้น และการดูดดึงธาตุอาหารในมันสำปะหลัง



อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. การปลูกพืช

ทำการทดลองในเดือนมิถุนายน-พฤศจิกายน พ.ศ. 2559 ในโรงเรือนปลูกพืชโดยใช้เทคนิค Omission trial คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 (KU50) ในกระถางที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางของกระถาง 19 นิ้ว บรรจุทรายหนัก 26 กก. ทรายผ่านการล้างธาตุอาหารที่อยู่ในทรายด้วยน้ำกลั่นและกรดไฮโดรคลอริก 0.01% และชะด้วยน้ำกลั่น 3 ครั้ง ก่อนการปลูกพืชเก็บตัวอย่างน้ำที่ชะผ่านทรายไปวิเคราะห์ธาตุอาหารเพื่อตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีธาตุอาหารเหลืออยู่ในทราย ปลูกมันสำปะหลัง 1 ต้นต่อ 1 กระถาง ก่อนให้ธาตุอาหารตามแต่ละทรีตเมนต์ให้น้ำกลั่นเป็นเวลา 2 สัปดาห์แล้วเริ่มให้ธาตุอาหารตามกรรมวิธีการทดลองที่กำหนด ให้น้ำและธาตุอาหารผ่านระบบน้ำหยด

2. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design; RCBD) ประกอบด้วย 5 ทรีตเมนต์ 4 ซ้ำ คือ

- 1.) ไม่มีการให้ธาตุอาหาร (Control)
- 2.) ให้ธาตุอาหารครบทุกธาตุ (All)
- 3.) ไม่มีการให้ธาตุอาหารไนโตรเจน (-N)
- 4.) ไม่มีการให้โพแทสเซียม (-K)
- 5.) ไม่มีการให้กำมะถัน (-S)

ทุกทรีตเมนต์ให้น้ำและสารละลายทุกวันเวลา 10.00-15.00 น. โดยสารละลายธาตุอาหารจะเตรียมจากสารตั้งต้นและมีความเข้มข้นดังที่แสดงใน Table 1 ซึ่งสารละลายธาตุอาหารเตรียมโดยใช้ความเข้มข้นของธาตุอาหารแต่ละธาตุซึ่งอธิบายโดย Howeler *et al.* (1981) ทุกทรีตเมนต์จะได้รับธาตุอาหารอื่นๆ ที่ไม่ได้ทำการทดลองครบทุกธาตุ ยกเว้นทรีตเมนต์ control และในการเตรียมสารละลายธาตุอาหารไม่ใช่สารเคมีที่มีธาตุซึ่งเป็นทรีตเมนต์ในการทดลอง

Table 1 Concentration and source of plant nutrients solution

No.	nutrients	concentration ($\mu\text{mol/L}$)	source
1	N	1000	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
2	P	100	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
3	K	500	K_2SO_4 , KCl
4	S	1000	Na_2SO_4
5	Mg	200	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
6	Ca	825	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$
7	Fe	20	Fe-EDTA
8	Zn	0.5	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
9	Mn	0.25	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
10	Cu	0.1	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$
11	Ni	0.02	$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
12	Mo	0.02	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

3. การเก็บข้อมูลและการวิเคราะห์ตัวอย่าง

วัดความสูงโดยจากผิวดินไปจนใบอ่อนที่คลี่เต็มที่ของยอดที่สูงที่สุดของต้น วัดคลอโรฟิลล์ใบบนที่เจริญเติบโตเต็มที่และใบแก่โดยใช้เครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ทุกๆ สัปดาห์ หลังพืชอายุครบ 4 เดือนเก็บตัวอย่างพืชแบ่งออกเป็น 5 ส่วน ดังนี้ ลำต้น+ก้านใบ แผ่นใบ ราก เหง้า และหัว ล้างตัวอย่างพืชด้วยน้ำกลั่น นำตัวอย่างแต่ละส่วนซึ่งน้ำหนักสด นำไปอบที่อุณหภูมิ 70°C จนกว่าน้ำหนักจะคงที่ ตัวอย่างแต่ละส่วนจะถูกนำไปวิเคราะห์ธาตุอาหาร โดยแต่ละส่วนถูกนำไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Kjeldahl method วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันทั้งหมด โดยย่อยสลายตัวอย่างโดยวิธี wet oxidation (กรมวิชาการเกษตร, 2544) ด้วยกรดไนตริกเข้มข้นและเปอร์คลอริกเข้มข้นในอัตราส่วน 2:1 และนำไปวัดความเข้มข้นด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES)

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) วิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์โดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 และ 0.01

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเจริญเติบโตของพืช

ความสูงที่อายุ 4 เดือนของต้นสำปะหลังมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ โดยพบว่าความสูงของลำต้นสูงที่สุดในทรีตเมนต์ All รองลงมา คือ ทรีตเมนต์ -S, -K, -N และ Control ตามลำดับ โดยมีค่าเท่ากับ 284.3, 237.5, 229.0, 85.5 และ 81.8 เซนติเมตร ตามลำดับ (Table 2) ซึ่งความสูงของ -S ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับ All และ -K ในขณะที่ -N และ control ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ จะเห็นได้ว่าการที่พืชได้รับธาตุอาหารครบทุกธาตุอย่างเพียงพอทำให้การเจริญเติบโตของพืชเป็นไปอย่างปกติ และเมื่อพืชขาดไนโตรเจนซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักและมีผลอย่างมากกับการเจริญเติบโตของพืชจะทำให้ความสูงของพืชต่ำมาก ซึ่งในทรีตเมนต์ที่ขาดโพแทสเซียมความสูงของพืชลดลงเพียงเล็กน้อย Howeler (2014) พบว่าเมื่อพืชขาดไนโตรเจนและโพแทสเซียมจะให้ความสูงของพืชลดลงเนื่องจากข้อและปล้องจะสั้นกว่าปกติ ค่า SPAD ของพืชมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ (Table 2) ค่า SPAD ในใบบนที่เจริญเติบโตเต็มที่ในตำแหน่งที่ 3-5 สูงสุดภายใต้ทรีตเมนต์ -K รองลงมา คือ -S, All, -N และ control ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 39.70, 37.23, 35.67, 28.93 และ 28.79 ตามลำดับ ค่า SPAD ของใบล่างสูงสุดภายใต้ทรีตเมนต์ All รองลงมาคือ -K, -S, control และ -N ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 42.13, 41.03, 40.15, 27.59 และ 24.02 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าการขาดโพแทสเซียมไม่ส่งผลต่อค่า SPAD อาจเนื่องจากโพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึม และช่วยในการเคลื่อนย้ายสารอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงเพื่อไปสะสมในราก ไม่ได้เกี่ยวข้องโดยตรงกับการสังเคราะห์แสงของพืช โดยตรง (Bryson and Mill, 2015) นอกจากนี้ในทรีตเมนต์ที่ขาดกำมะถันค่า SPAD ไม่แตกต่างทางสถิติกับทรีตเมนต์ -K อาจเนื่องจากในทรีตเมนต์ที่ขาดกำมะถันพืชยังได้รับธาตุไนโตรเจนทำให้พืชสามารถสร้างคลอโรฟิลล์ได้จึงทำให้ไม่ส่งผลกระทบต่อความเขียวของพืชอย่างชัดเจนเหมือนในกรณีที่ขาดไนโตรเจน



Table 2 Height and SPAD value of upper and lower leaf of cassava at 4 months

treatment	Height (cm)	SPAD	
		leaf 3-4	lower leaf
control	81.8±7.2c	28.79±1.7c	27.59±0.9b
All	284.3±31.3a	35.67±0.7b	42.13±2.3a
-N	85.5±5.9c	28.93±0.6c	24.02±1.7b
-K	229.0±6.5b	39.70±0.9a	41.03±1.0a
-S	237.5±10.9ab	37.23±1.0ab	40.15±0.9a
F-test	**	**	**
CV (%)	17.1	11.8	15.7

*Significant at $p \leq 0.05$, **significant at $p \leq 0.01$, ns= not significant values followed by the same lowercase letter in column are not significantly difference at $p \leq 0.05$

น้ำหนักสดของพืชมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ $p < 0.01$ (Table 3) โดยน้ำหนักสดของแผ่นใบทั้งหมด และ ลำต้น+ก้านใบ สูงสุดในทรีตเมนต์ All รองลงมาเป็น -K, -S, -N, control ตามลำดับ โดยที่น้ำหนักสดของใบมีค่าเท่ากับ 198.6, 124.3, 107.0, 5.3 และ 2.8 กรัม/ต้น ตามลำดับ น้ำหนักสดของลำต้นมีค่าเท่ากับ 429.7, 304.8, 243.6, 21.5 และ 18.0 กรัม/ต้น ตามลำดับ น้ำหนักสดของเหง้าก็เป็นไปในทางเดียวกันกับน้ำหนักสดของแผ่นใบ และก้านใบ+ลำต้น น้ำหนักสดของหัวสูงสุดใน All รองลงมาเป็น -S และ -K ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 721.0, 553.7 และ 516.4 กรัม/ต้น ในขณะที่ทรีตเมนต์ control และ -N ไม่มีการสร้างหัว น้ำหนักสดของรากสูงสุดในทรีตเมนต์ All รองลงมาเป็น -K, -S, -N, control ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 225.7, 195.2, 161.1, 22.9 และ 12.7 กรัม/ต้น ตามลำดับ (Table 4)

น้ำหนักแห้งของแผ่นใบ และลำต้น+ก้านใบสูงสุดในทรีตเมนต์ All รองลงมาเป็น -K, -S, -N, control ตามลำดับ น้ำหนักแห้งของแผ่นใบมีค่าเท่ากับ 54.0, 32.9, 30.4, 0.9 และ 0.3 กรัม/ต้น ตามลำดับ น้ำหนักแห้งของลำต้น+ก้านใบ มีค่าเท่ากับ 127.5, 88.2, 73.5, 5.7 และ 4.6 กรัม/ต้น ตามลำดับ (Table 3) น้ำหนักแห้งของเหง้าก็เป็นไปในทางเดียวกันกับ น้ำหนักแห้งของแผ่นใบ และก้านใบ+ลำต้น น้ำหนักแห้งของหัวสูงสุดในทรีตเมนต์ All, -S และ -K เท่ากับ 248.0 177.6 และ 165.3 ตามลำดับ (Table 4) ซึ่งในขณะที่ทรีตเมนต์ control และ -N ไม่มีการสร้างหัว น้ำหนักแห้งของราก สูงสุด ในทรีตเมนต์ All รองลงมาเป็น -S, -K, -N และ control ตามลำดับ มีค่าเท่ากับ 17.5, 14.7, 13.7, 2.0 และ 1.5 กรัม/ต้น ตามลำดับ

Table 3 Fresh and dry weight (g/plant) of leaf blades, stalk+petio and crown of cassava at 4 months

treatment	leaf		stalk + petio		crown	
	fresh	dry	fresh	dry	fresh	dry
control	2.8±0.7c	0.3±0.1c	18.0±3.9d	4.6±1.1c	75.2±4.6c	24.2±1.0b
All	198.6±14.1a	54.0±3.3a	429.7±22.3a	127.5±8.7a	120.2±2.7a	37.5±2.0a
-N	5.3±0.6c	0.9±0.2c	21.5±1.0d	5.7±0.3c	76.6±5.7c	24.0±1.8b
-K	124.3±2.9b	32.9±1.0b	304.8±9.7b	88.2±6.2b	106.5±1.9b	32.8±0.9a
-S	107.0±4.3b	30.4±1.2b	243.6±30.4c	73.5±7.2b	103.8±5.5b	32.8±2.2a
F-test	**	**	**	**	**	**
CV(%)	15.4	13.9	17.2	19.4	9.0	10.9

**significant at $p \leq 0.01$, ns= not significant values followed by the same lowercase letter in column are not significantly difference at $p \leq 0.05$

จากการผลการทดลองจะเห็นได้ว่าในทรีตเมนต์ control และ -N มีการเจริญเติบโตลดลง ความสูง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งของแผ่นใบและก้านใบ+ลำต้นลดลงเมื่อเทียบกับทรีตเมนต์ All ที่พืชได้รับธาตุอาหารครบทุกธาตุอย่างเพียงพอ นอกจากนี้ในทรีตเมนต์ control และ -N พืชไม่สามารถสร้างหัวได้เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของโปรตีน ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของแป้งจึงส่งผลให้ไม่มีการสร้างหัว และในทรีตเมนต์ -K และ -S ส่งผลให้การเจริญเติบโตในส่วนเหนือดินลดลงเช่นกันแต่ยังสามารถให้ผลผลิตหัวได้ แต่ผลผลิตลดลงเมื่อเทียบกับทรีตเมนต์ All Sangakkara and Wijesinghe (2014) ศึกษาผลของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตของมันสำปะหลังพบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Cardoso *et al.* (2005) พบว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อัตรา 90 และ 150 กิโลกรัม ไนโตรเจน/เฮกตาร์ ทำให้มีดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด จำนวนหัว และผลผลิตเพิ่มขึ้น ซึ่งในการศึกษานี้พบทั้งอาการขาดธาตุไนโตรเจนที่แสดงออกทางใบ และการเจริญเติบโตที่ช้าลงอย่างรุนแรง

Table 4 Fresh and dry weight (g/plant) of root and tuber of cassava at 4 months

treatment	tuber		root	
	fresh	dry	fresh	dry
control	0.0±0.0c	0.0±0.0c	12.7±2.1c	1.5±0.4b
All	721.0±67.9a	248.0±29.8a	225.7±21.7a	17.5±2.5a
-N	0.0±0.0c	0.0±0.0c	22.9±3.5c	2.0±0.3b
-K	516.4±19.7b	165.3±5.5b	195.2±28.2ab	13.7±1.8a
-S	553.7±31.6b	177.6±9.1b	161.1±18.4b	14.7±2.8a
F-test	**	**	**	**
CV(%)	19.4	24.0	29.2	37.7

**significant at $p \leq 0.01$, ns= not significant values followed by the same lowercase letter in column are not significantly difference at $p \leq 0.05$

โพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมตาบอลิซึม โพแทสเซียมจะช่วยกระตุ้นกิจกรรมการสังเคราะห์แสง และช่วยในการเคลื่อนย้ายสารอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงเพื่อไปสะสมในราก Howeler (1985) รายงานว่า ปริมาณแป้งเพิ่มขึ้นตามปริมาณโพแทสเซียมที่มากขึ้น Howeler (2014) พบว่า พืชที่ขาดโพแทสเซียมใบบนจะเหลืองและมีขนาดเล็ก นอกจากนี้การขาดโพแทสเซียมอาจส่งผลให้เกิดโรคแอนแทรคโนสด้วยหรือขอบใบอาจจะมีแผลคล้ายอาการขาดน้ำ ในขณะที่ก้ามกะถันเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของกรดอะมิโนหลายชนิดดังนั้นจึงมีบทบาทสำคัญในการสังเคราะห์โปรตีน ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมารายงานว่า การให้ปุ๋ยสังกะสี แมกนีเซียม และก้ามกะถัน ทางใบในมันสำปะหลัง มีแนวโน้มให้น้ำหนักลำต้นสูงขึ้น การฉีดพ่นปุ๋ยแมกนีเซียมซัลเฟตมีแนวโน้มทำให้จำนวนหัวต่อต้นสูงขึ้น นอกจากนี้การฉีดพ่นสังกะสี แมกนีเซียม และซัลเฟตทำให้ปริมาณแป้งในหัวสูงขึ้นด้วย (Panitnok *et al.*, 2013)

2. ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช

จากการทดลองพบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในแผ่นใบ ก้านใบ+ลำต้น เหง้า ราก และหัว มีความเข้มข้นสูงในทรีตเมนต์ -K และแตกต่างทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่นๆ โดยที่มีค่าเท่ากับ 33.3, 8.0, 6.5, 19.6 และ 3.6 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ (Table 5 และ 6) ส่วนความเข้มข้นของไนโตรเจนในทรีตเมนต์ control และ -N ในทุกส่วนมีความเข้มข้นต่ำและแตกต่างทางสถิติกับทรีตเมนต์อื่นๆ



Table 5 Total concentration of nitrogen, potassium and sulfur (g/kg) in leaf blade, stalk+petio and crown of cassava at 4 months

treatment	Leaf blade			stalk + petio			crown		
	N	K	S	N	K	S	N	K	S
control	13.2±3.0b	13.5±0.2ab	16.3±0.1ab	4.2±0.3b	5.3±0.2b	2.2±0.04	3.5±0.2c	3.2±1.0	24.6±2.0
All	30.9±2.0a	11.9b±1.0c	19.4±0.1a	5.4±0.1b	1.8±0.3cd	3.5±0.06	5.1±0.2b	4.8±1.0	13.6±0.6
-N	12.8±1.0b	14.9±0.7a	14.3±0.1b	4.4±0.9b	11.1±0.4a	6.2±0.04	3.2±0.2c	2.9±1.0	71.2±0.1
-K	33.3±1.0a	5.9±0.3d	18.8±0.09a	8.0±0.3a	1.2±0.1d	4.8±0.09	6.5±0.5a	4.5±1.0	11.5±0.3
-S	30.6±0.5a	11.1±0.4c	17.5±0.1ab	5.2±0.7b	3.2±1.0c	5.9±0.2	4.7±0.5b	4.6±0.9	13.1±0.7
F-test	**	**	ns	**	**	ns	**	ns	ns
CV(%)	13.6	10.9	13.6	16.2	24.2	41.8	15.3	55.0	137.7

**significant at $p < 0.01$, ns= not significant values followed by the same lowercase letter in column are not significantly difference at $p < 0.05$

Table 6 Total concentration of nitrogen, potassium and sulfur (g/kg) in tuber and root at 4 months

treatment	root			tuber		
	N	K	S	N	K	S
control	12.1±0.9b	18.2±4.0b	14.1±0.2	n.d.	n.d.	n.d.
All	19.0±1.0a	2.9±0.5c	19.4±0.4	2.4±0.1b	3.1±0.1b	3.1±0.02
-N	14.8±3.0ab	37.3±0.9a	21.9±0.3	n.d.	n.d.	n.d.
-K	19.6±1.0a	1.7±0.2c	18.5±0.2	3.6±0.3a	1.8±0.1c	2.8±0.02
-S	19.9±1.0a	3.4±0.4c	13.1±0.2	1.6±0.4b	4.8±0.1a	2.8±0.0
F-test	*	*	ns	*	**	ns
CV (%)	19.5	26.8	28.6	21.3	8.4	14.1

*Significant at $p \leq 0.05$, **significant at $p \leq 0.01$, ns= not significant values followed by the same lowercase letter in column are not significantly difference at $p \leq 0.05$

n.d. = not detected

ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในส่วนแผ่นใบ, ก้านใบ+ลำต้น, และราก มีความเข้มข้นสูงในทริตเมนต์ -N โดยมีค่าเท่ากับ 14.9, 11.1, และ 37.3 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลมาจาก dilution effect เนื่องจากทริตเมนต์ -N มีขนาดลำต้นเล็ก ทำให้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทริตเมนต์อื่น และความเข้มข้นของโพแทสเซียมในทริตเมนต์ -N ไม่แตกต่างทางสถิติกับทริตเมนต์ control ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในหัวสูงสุดของทริตเมนต์ -S มีค่าเท่ากับ 4.8 กรัม/กิโลกรัม และมีความเข้มข้นต่ำสุดในทริตเมนต์ -K เท่ากับ 1.8 กรัม/กิโลกรัม อย่างไรก็ตามความเข้มข้นของกำมะถันในทุกส่วนไม่มีแตกต่างกันทางสถิติ



3. การดูดตั้งธาตุอาหารของพืช

การดูดตั้งธาตุอาหารของพืชมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ $p \leq 0.01$ (Table 7 และ 8) จากผลการทดลองพบว่า การขาดไนโตรเจนในทรีตเมนต์ -N ทำให้พืชดูดตั้งธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และกำมะถันต่ำ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทรีตเมนต์ All เนื่องจากในทรีตเมนต์ -N พืชมีอาการขาดไนโตรเจน ทำให้เจริญเติบโตช้า แคระแกร็น และมีขนาดต้นเล็ก Bryson and Mill (2015) พบว่าระดับความเข้มข้นของไนโตรเจนในเนื้อเยื่อพืชที่ต่ำมีผลทำให้การดูดตั้งฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันในใบผักกาดหอมต่ำ นอกจากนี้การใส่ไนโตรเจนในอัตราที่ต่ำยังส่งผลให้การดูดตั้งแคลเซียม แมกนีเซียม ทองแดง เหล็ก แมงกานีส โมลิบดีนัม และสังกะสีในพีแคนลดลงอีกด้วย ทั้งนี้อาจขึ้นอยู่กับชนิดของพืช pH ของดิน และระดับของไอออนอื่นที่ใส่ร่วมกัน

การขาดโพแทสเซียมในทรีตเมนต์ -K ส่งผลต่อการดูดตั้งโพแทสเซียม แคลเซียม และกำมะถัน Bryson and Mill (2015) พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนและโพแทสเซียมในเนื้อเยื่อพืชในระดับที่ต่ำจะส่งผลให้ต่อของข้าวโอ๊ตมีการดูดตั้งแมกนีเซียมสูงขึ้น แต่การดูดตั้งแคลเซียมจะลดลง ส่วนการขาดกำมะถันส่งผลให้การดูดตั้งไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และกำมะถันลดลง Bryson and Mill (2015) พบว่าใส่กำมะถันเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนในพืชสูงขึ้น นอกจากนี้การขาดกำมะถันส่งผลให้แคลเซียมลดลงซึ่งอาจเป็นผลต่อเนื่องมาจากการที่การขาดกำมะถันทำให้โพแทสเซียมลดลง

จากผลการทดลองพบว่า การขาดธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียม และกำมะถันส่งผลต่อการดูดตั้งกำมะถันทั้งหมดในมันสำปะหลัง (Table 7) จะเห็นได้ว่าการดูดตั้งกำมะถันทั้งหมดจะสูงสุดภายใต้ทรีตเมนต์ All รองลงมาเป็นทรีตเมนต์ -K และ -S และต่ำที่สุดในทรีตเมนต์ control และ -N ตามลำดับ

Table 7 Total uptake (g/plant) of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium and sulfur of cassava at 4 months

treatment	N	P	K	Ca	Mg	S
control	39.0±9.7c	0.01±0.001b	52.5±7.9d	0.06±0.01c	0.03±0.01b	3.9±0.9b
All	12787.0±1592.5a	0.24±0.02a	1687.5±81.9a	2.75±0.4a	0.99±0.1a	263.2±29.0a
-N	55.0±4.0c	0.03±0.01b	110.8±35.2d	0.08±0.01c	0.04±0.003b	7.9±1.2b
-K	8855.0±291.1b	0.21±0.03a	728.1±107.6c	1.71±0.1b	0.79±0.05a	176.5±8.5b
-S	9006.0±538.8b	0.21±0.03a	1245.8±272.9b	1.85±0.3b	0.78±0.2a	146.8±25.4b
F-test	**	**	**	**	**	**
CV(%)	24.82	30.92	35.86	36.24	34.72	29.52

**significant at $p \leq 0.01$, ns= not significant values followed by the same lowercase letter in column are not significantly difference at $p \leq 0.05$

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองพบว่า ไนโตรเจน โพแทสเซียม และกำมะถันมีผลต่อการเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง ความสูงของต้นของทรีตเมนต์ -N, -K, -S ลดลงเมื่อเทียบกับทรีตเมนต์ All ในทรีตเมนต์ -N, -K และ -S ทำให้น้ำหนักสดและน้ำแห้งของใบ ลำต้นและเหง้าลดลง และในทรีตเมนต์ -N, -S และ -K ส่งผลให้ผลผลิตลดลง 100.00, 28.40 และ 33.35% ตามลำดับ ค่า SPAD ในใบบนและใบล่างพบว่า การขาดไนโตรเจนส่งผลให้ค่า SPAD ลดลงเมื่อเทียบกับทรีตเมนต์อื่นๆ การขาดธาตุอาหารแต่ละธาตุทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่ทำการทดลองในแต่ละทรีตเมนต์ต่ำ นอกจากนี้ในทรีตเมนต์ -N ส่งเสริมให้มีการสะสมโพแทสเซียมสูงขึ้นและทำให้ความเข้มข้นของกำมะถันต่ำ นอกจากนี้การขาดไนโตรเจน โพแทสเซียม และกำมะถันส่งผลต่อการดูดตั้งธาตุอาหารของมันสำปะหลัง โดยเฉพาะเมื่อขาดธาตุไนโตรเจน จะส่งผลให้การดูดตั้งธาตุอาหารทุกธาตุต่ำ ส่วนการขาดโพแทสเซียมจะส่งผลให้การดูดตั้งโพแทสเซียม แคลเซียม และกำมะถันลดลง และการขาดกำมะถันจะส่งผลให้การดูดตั้งไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และกำมะถันลดลง



คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ รหัสโครงการ P15-51192

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงพาณิชย์. 2559. สินค้าเกษตร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก :<http://www.moc.go.th/index.php/home.html>
- กรมวิชาการเกษตร. 2544. ใน คู่มือวิเคราะห์ดินและพืช. กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา น.108-126. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด
- จรุงสิทธิ์ ลิ้มศิลา และ อัจฉรา ลิ้มศิลา. 2547. ประวัติ และความสำคัญ. น.1-7.เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง.กรมวิชาการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการนำเข้า-ส่งออกข้อมูลเศรษฐกิจการเกษตร. [Online]. เข้าถึงได้จาก :
http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export.php
- วิทยากรณ์ วงษ์บำรุง ศุภิมา ธนะจิตต์ สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม และวราชาติ วิศว์พัฒน์. 2559. การตอบสนองของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ต่ออัตราปุ๋ยเคมีในชุดดินยโสธร. น.585-594. .ใน แก่นเกษตร 44 (4).
- Blin, H. 1905. La fumure du manioc (Cassava fertilization). Bulletin Economique de Madagascar 3:419-421.
- Bryson, G.M. and H.A. Mills. 2015. In Plant Analysis Handbook IV. (ed. Publisher: Micro Macro Publishing Inc.,) vol.4, pp.62-131. Athens: Paradise Blvd.
- Cardoso, J., D.S. Santos, V. Silveira, E. Anselmo, S.N. Matsumoto, T. Sedyama, and F.M. Carvalho. 2005. Effect of nitrogen in the agronomic characteristics of cassava. pp.651-659.Bragantia 64.
- Forno D.A. 1977. The mineral nutrition of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) with particular reference to nitrogen. Dissertation. University of Queensland, St. Lucia, Qld., Australia.
- Howeler, R. H., Edwards, D. G. and Asher, C.J. 1981. Application of the flowing solution culture techniques to studies involving mycorrhizas. Plant and Soil, 59, 179-183.
- Howeler, R.H. 2014. In Sustainable Soil and Crop Management of Cassava in Asia. pp.57-97. Centro Internacional de Agricultura Tropical International Center.
- Panitnok, K., S. Chaisri, E.D. Sarobol, S. Ngamprasitthi, P. Chaisri, P. Changle and P. Thongluang. 2013. The Combination effects of Zinc, Magnesium, Sulphurfoliar fertilizer management on cassava growth and yield grown on Map Bon, coarse- variant Soil. pp.288 – 293.Procedia - Social and Behavioral Sciences (91)
- Lozano, J. C., A. Bellotti, J.A. Reyes, R. Howeler, D. Leihner and J. Doll, 1981. Field problems in cassava. pp. 205. Cali: Colombia.
- Sangakkara, U.R. and D.B.Wijesinghe. 2014. Nitrogen Fertilizer Affects Growth, Yield, and N Recovery in Cassava (*Manihot esculenta* L. Crantz). pp. 1446-1452. Communications in Soil Science and Plant Analysis: Taylor & Francis Group, LLC



ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

Effect of storage time on quality of vermicompost

ณัฏฐชัยธร ขัตติยะพุดธิเมธ^{1,2} และชุลีมาศ บุญไทย อิวาย^{1,2*}

Natchayathon Khattiyaphutthimet^{1,2} and Chuleemas Boonthai Iwai^{1,2*}

บทคัดย่อ

เกษตรอินทรีย์ เป็นระบบเกษตรที่ไม่ใช้สารเคมีมุ่งเน้นการใช้อินทรีย์วัตถุ ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินเป็นอีกหนึ่งทางเลือก เนื่องจากมีคุณสมบัติช่วยให้โครงสร้างของดินดีขึ้น มีกรดฮิวมิก ซึ่งสามารถกักเก็บธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชได้ ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษา คุณภาพของปุ๋ยอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ ในการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษา (0, 3, 6, 12, 18 และ 24 เดือน) ต่อสมบัติของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ซึ่งปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่ศึกษาได้จากไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* ให้ ผัก:ดิน: มูลวัว: ขี้เถ้า เป็นอาหาร ในอัตราส่วน 4:3:2:1 จากผลการทดลองพบว่า คุณภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ยังคงมีประสิทธิภาพดี คือ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (6.52) ค่าการนำไฟฟ้า (4.88 dS/m) อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร และมีปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองสูงสุด คือ ไนโตรเจน 0.88 % ฟอสฟอรัส 1.83 % โพแทสเซียม 0.54 % แคลเซียม 2.54 % แมกนีเซียม 0.46% ในขณะที่ปริมาณแบคทีเรีย เชื้อราและแอคติโนมัยซีท มีค่า 73.83×10^4 , 21.18×10^2 และ 19.55×10^2 cfu/g ตามลำดับ และพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 6 เดือนปริมาณธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรองและปริมาณจุลินทรีย์ ค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลง ค่าความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มสูงขึ้น ดังนั้น จะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการเก็บรักษาส่งผลต่อคุณภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินเปลี่ยนแปลงไป

คำสำคัญ : คุณภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน, ระยะเวลาการเก็บรักษา, ไส้เดือนดิน

Abstract

Organic farming is an agriculture system that relies on using organic substance such as vermicompost. Application of vermicompost improves the soil structure and it comprises humic acid which stores nutrient for plant growth. However, during storage the vermicompost, it's quality might change. The aim of this study was to investigate the changes in the properties of the vermicompost when stored after 0, 3, 6, 12, 18 and 24 months. The vermicompost used in this study came from the *Eudrilus eugeniae* composting worms, fed with vegetable, soil, cow manure, and ashes of 4:3:2:1 ratio. The results found that storage times affected on the properties of vermicompost. The results found that the quality of vermicompost stored for 3 months at room temperature was still in efficiency. The pH 6.52, electrical conductivity 4.88 were all meet the standard of the organic fertilizer. The nutrients contained 0.88% of nitrogen, 1.83% of phosphorus, 0.54% potassium, 2.54% of calcium, 0.46 % magnesium and the bacteria, fungi and actinomycetes were found 73.83×10^4 , 21.18×10^2 and 19.55×10^2 cfu/g respectively. After 6 months, trend of the macronutrient, micronutrient elements, electrical conductivity and microorganism decreased but trend of the pH increased. Therefore, storage time affect the quality of vermicompost.

Keywords : vermicomposting quality, storage time, earthworm

¹ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร สาขาปฐพีศาสตร์และสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

¹Department of Plant Sciences and Agricultural Resources, Soil Science and Environment Division, Faculty of Agriculture, KhonKaen University, Khonkaen Thailand 40002

²ศูนย์วิจัยและพัฒนาการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำบูรณาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

²Integrated Water Resource Management Research and Development Center in Northeast Thailand, 40002

*Corresponding author; E-mail : chuleemas1@gmail.com, chulee_b@kku.ac.th

บทนำ

เกษตรอินทรีย์ (organic farming) เป็น ระบบการปลูกพืชที่คำนึงถึงสภาพแวดล้อม เป็นระบบการผลิตพืชที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช มุ่งเน้นการใช้อินทรีย์วัตถุ เช่น ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยพืชสด และ ปุ๋ยชีวภาพ ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินเป็นอีกหนึ่งทางเลือก ซึ่งการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (vermicomposting) เป็นกระบวนการทางเทคโนโลยีอย่างง่าย ของส่วนผสมอินทรีย์ โดยใช้ไส้เดือนดินในการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของของเสีย และผลิตสารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชออกมา (สุลีมาศ และคณะ, 2554) อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาที่ผ่านไปคุณภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินย่อมเกิดการเปลี่ยนแปลงได้เช่นกัน โดยปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ได้แก่ แหล่งอาหารของไส้เดือนดิน เช่น กากของเสียจากครัวเรือน ของเสียที่เป็นสารอินทรีย์จากอุตสาหกรรมเกษตร (ณัฐกิตติ์, 2558; นันทฤติ และคณะ, 2554 ; รัชนีและคณะ, 2555) เศษพืช ผัก มูลของเสียต่างๆ จากฟาร์มปศุสัตว์ กากตะกอนน้ำเสีย (Surthar, 2010 ; Suthar *et al.*, 2012; Singh *et al.*, 2010; Negi and Suthar, 2013; Suthar *et al.*, 2014; Suthar, 2009 ; Iwai *et al.*, 2013) Norman และคณะ (2007) ได้ศึกษาเปรียบเทียบแหล่งอาหารจาก 3 แหล่งเพื่อนำมาผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ได้แก่ ปุ๋ยมูลวัวควาย ของเสียจากอาหาร และของเสียจากกระดาษ พบว่า ปุ๋ยหมักที่ได้จากแต่ละแหล่งอาหารจะมีปริมาณธาตุอาหารที่แตกต่างกัน, วิธีการเก็บรักษาปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน การเก็บรักษามีผลต่อคุณภาพปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน โดยณัฐริรา (2558) ได้ศึกษาผลของภาชนะบรรจุ ได้แก่ ถุงดำ ถุงพลาสติกใส และถุงปุ๋ยพลาสติก ปิดปากถุงและเก็บที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 3 เดือน พบว่าการเก็บรักษาปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินโดยถุงปุ๋ยพลาสติกทำให้ปุ๋ยมีคุณสมบัติทางเคมีและปริมาณจุลินทรีย์ดีที่สุด ณัฐริรา (2558) ได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อ การเปลี่ยนแปลงคุณภาพปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินในระหว่างการเก็บรักษา โดยปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่ใช้ในการศึกษา ได้จากไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. eugeniae* ให้กากมัน : ดิน: มูลไก่ เป็นอาหาร ในอัตราส่วน 7 : 2 : 1 พบว่า ผลของระยะเวลาในการเก็บรักษา (0, 3, 6, 9 และ 12 เดือน) ต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน พบว่า ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่เก็บรักษาเป็นเวลานาน 6 เดือนยังคงมีประสิทธิภาพดี คือ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน อยู่ในเกณฑ์ตามมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ และมีปริมาณธาตุอาหารสูงสุด คือ ไนโตรเจนทั้งหมด 0.60% โพแทสเซียม 1.30% แคลเซียม 1.10% และ แมกนีเซียม 0.44% ปริมาณเชื้อราสูงสุด คือ 22.00×10^3 cfu/g และยังคงพบแบคทีเรียและแอคทีโนมัยซีต เท่ากับ 11.33×10^3 cfu/g และ 1.67×10^3 cfu/g ตามลำดับ ซึ่งการศึกษาลักษณะของเวลาในการเก็บรักษาต่อคุณภาพของมูลไส้เดือนดินยังคงมีไม่มากนัก ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่ใช้ปุ๋ยมูลวัวเป็นอาหารที่ระยะเวลาการจัดเก็บ 0, 3, 6, 12, 18 และ 24 เดือน

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษารายละเอียดของข้อมูลตัวอย่างปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน จากกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินของศูนย์การเรียนรู้และพัฒนาไส้เดือนดินเพื่อการเกษตรและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น คัดเลือกและสุ่มตัวอย่างปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ซึ่งเป็นปุ๋ยจากการหมัก ผัก ดิน มูลวัวและขี้เถ้าในอัตราส่วน 4:3:2:1 โดยใช้ ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. eugeniae* ที่ระยะการจัดเก็บเป็นเวลา 0, 3, 6, 12, 18 และ 24 เดือน ตัวอย่างละ 1 กิโลกรัมในถุงพลาสติก ปิดปากถุง จำนวน 3 ซ้ำ เพื่อนำไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและชีวภาพ โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี LSD (Least Significant Difference)

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

การศึกษาสมบัติทางเคมีบางประการ ดำเนินการศึกษาที่ห้องปฏิบัติการ บริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) สาขาขอนแก่น ทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรดเป็นด่าง วิเคราะห์หาความเป็นกรดเป็นด่างด้วย pH meter ใช้อัตราส่วนของปุ๋ยต่อน้ำ 1:2 ค่าการนำไฟฟ้าอัตราส่วนของปุ๋ยต่อน้ำ 1:10 วัดโดยเครื่อง electrical conductivity meter ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) ใช้ Kjeldahl method ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P_2O_5) วิเคราะห์โดย Spectrophotometric molybdovanadophosphate method (AOAC 2000) ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (total K_2O) ปริมาณแคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) วิเคราะห์โดยย่อยตัวอย่างเช่นเดียวกับการหาปริมาณโพแทสเซียมและวัดด้วยเครื่อง Inductively coupled plasma emission spectrometer (AOAC 2000)



การวิเคราะห์ทางชีวภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

ซึ่งตัวอย่างปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจำนวน 10 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ที่มีน้ำกลั่นปลอดเชื้อ ปริมาตร 90 มิลลิลิตร ปั่นด้วยเครื่องปั่นแล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน ทำการเจือจางน้ำตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นปลอดเชื้อ ให้มีความเจือจาง 10^{-3} , 10^{-4} และ 10^{-5} (Wu *et al.*, 2004)

แบคทีเรีย

นำสารละลายที่ได้ไป pour plate technique ในอาหารเลี้ยงเชื้อ soil extract agar ทำการเจือจางความเข้มข้นละ 3 ขั้วปัมที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน นับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

แอคติโนมัยซีท

นำสารละลายที่ได้ไป pour plate technique ในอาหารเลี้ยงเชื้อ actinomycetes agar ทำการเจือจางความเข้มข้นละ 3 ขั้วปัมที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน นับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

เชื้อรา

นำสารละลายที่ได้ไป spread plate technique บนอาหารเลี้ยงเชื้อ rose Bengal-streptomycin agar ที่มีการเติมยาปฏิชีวนะ streptomycin ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำการเจือจางความเข้มข้นละ 3 ขั้วปัมที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-7 วัน นับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด

ผลและวิจารณ์

การเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีและชีวภาพที่ระยะเวลาการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่ระยะเวลาการเก็บรักษา คือ 0, 3, 6, 12, 18 และ 24 เดือน ผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมี (Table 1) มีสมบัติทางชีวภาพ (Table 2) ผลจากการศึกษาพบว่าค่าความเป็นกรด-ด่างลดลงใน 3 เดือนแรกเนื่องจากการเกิดกรดขึ้นในระหว่างกระบวนการไนตริฟิเคชัน (nitrification) (Andy, 2012 ; ญฐริรา, 2558) นอกจากนี้ค่าความเป็นกรด-ด่างที่ลดลงอาจเกิดจากการที่จุลินทรีย์ที่ละลายฟอสเฟตโดยการสร้างกรดแล้วปลดปล่อยออกมาซึ่งสอดคล้องกับปริมาณฟอสฟอรัสที่มีมากขึ้นในช่วง 3 เดือนแรกของการเก็บรักษา จากนั้นค่าความเป็นกรด-ด่าง เพิ่มขึ้น ในช่วงการเก็บรักษา 6-24 เดือน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Andy (2012) ที่ได้ทำการศึกษาคุณภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่เก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 5 เดือน พบว่าค่าความเป็นกรด-ด่าง ในตัวอย่างปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในช่วง 3 เดือนแรกและมีแนวโน้มที่ลดต่ำลง ปริมาณไนโตรเจนมีปริมาณสูงขึ้นในเดือนที่ 3 และมีแนวโน้มต่ำลง เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในกระบวนการ nitrification ส่งผลกระทบอย่างมากต่อความเข้มข้นของธาตุอาหาร โดยกระบวนการ nitrification จะเปลี่ยนรูปแอมโมเนียไนโตรเจนทั้งหมดให้เป็นไนเตรต ซึ่งจะสร้างกรดขึ้น ส่งผลให้ค่า pH ลดลง เมื่อ pH ลดลง จะทำให้ธาตุอาหารอยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น อินทรีย์วัตถุเมื่อมีการสลายตัวโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์จะทำให้ปริมาณธาตุอาหารมีมากขึ้น ในขณะที่กิจกรรมของจุลินทรีย์ทำให้ธาตุอาหารบางชนิด เช่น ฟอสฟอรัสที่ละลายได้ถูกใช้ไป และถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปที่สกัดได้น้อยลง

ปริมาณของฟอสฟอรัส โฟสเฟตซีเอ็ม แคลเซียมและแมกนีเซียม ปริมาณธาตุอาหารหลักและรองสูงขึ้นเนื่องจากกระบวนการ mineralization ซึ่งเป็นกระบวนการที่จุลินทรีย์เปลี่ยนรูปสารประกอบอินทรีย์ให้เป็นสารประกอบอนินทรีย์ (ญฐริรา, 2558) และเมื่อเวลาผ่านไปมีปริมาณที่ลดลง ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Harit *et al.*, (2014) ในศึกษาผลของการจัดเก็บต่อคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน พบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษานานขึ้นปริมาณธาตุอาหารที่อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะลดลง ปริมาณไนโตรเจนลดลงถึง 49 % ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมลดลงมากกว่า 75% และพบว่าปริมาณธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมมีปริมาณลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 60 วัน พบว่าในระหว่างการเก็บรักษาคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของมูลไส้เดือนดินจะเปลี่ยนไป โดยปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชยังคงอยู่ แต่เมื่อระยะเวลาการจัดเก็บนานขึ้นธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีปริมาณน้อยลง

ผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางชีวภาพ พบว่าปริมาณแบคทีเรียมีแนวโน้มสูงขึ้นจากระยะเวลา 0- 12 เดือน แล้วจึงมีแนวโน้มลดลง ปริมาณแบคทีเรียสูงที่สุดที่ระยะเวลาการจัดเก็บ 12 เดือน คือ 252.50×10^4 cfu/g ปริมาณแอคติโนมัยซีสสูงที่สุดที่ระยะ 0 และ 3 เดือน คือ 43.75×10^2 cfu/g ปริมาณเชื้อราสูงที่สุดที่ระยะ 0 เดือน คือ 31.00×10^2 cfu/g โดยปริมาณแบคทีเรีย เชื้อราและแอคติโนมัยซีสมีแนวโน้มลดลง ตามระยะเวลาการเก็บรักษา ทั้งนี้การเจริญเติบโตและการเพิ่มประชากรของจุลินทรีย์ขึ้นอยู่กับปัจจัย 2 ประการคือ ปัจจัยด้านปริมาณและความเป็นประโยชน์ของอาหาร กับปัจจัยด้าน



สภาพแวดล้อมต่างๆ ปกติปัจจัยด้านอาหารมักเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีศาสตร์, 2548) ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมีลักษณะเป็นวัสดุพูน มีน้ำ อากาศและอาหารที่เป็นปัจจัยต่อการดำรงชีวิตของจุลินทรีย์ นอกจากนี้คาร์บอน (C) ไฮโดรเจน (H) และออกซิเจน (O) แล้ว ธาตุอาหารอื่นที่จุลินทรีย์ต้องใช้มาก ได้แก่ ไนโตรเจน (N) ซัลเฟอร์ (S) และ ฟอสฟอรัส (P) ในขณะที่ธาตุอาหาร โพแทสเซียม (K) โซเดียม (Na) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) คลอรีน (Cl) และ เหล็ก (Fe) เป็นธาตุอาหารพืชที่ต้องการในปริมาณน้อย โดยเฉพาะไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่จุลินทรีย์ต้องมากเป็นพิเศษ เพราะเป็นองค์ประกอบของโปรตีนและกรดอะมิโน จุลินทรีย์อาจนำเอาไนโตรเจนเข้าไปในรูปของกรดอะมิโนหรือสารอนินทรีย์ไนโตรเจน สอดคล้องกับปริมาณจุลินทรีย์ที่ลดลงในเดือนที่ 18 และ 24 ของการเก็บรักษาปุ๋ยหมักโดยไส้เดือนดินซึ่งปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมดได้ลดลงในเดือนที่ 18 และ 24 เช่นเดียวกัน

Table 1 The chemical properties of vermicompost at various storage periods

Storage time (months)	pH (1:1)	EC (1:10) dS/m	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)	Total Ca (%)	Total Mg (%)
0	6.83 e	1.96 d	0.80 b	1.74 a	0.49 b	0.43 d	0.17 d
3	6.52 f	4.88 a	0.88 a	1.83 a	0.54 a	2.54 b	0.46 b
6	7.04 c	1.96 d	0.69 c	0.41 b	0.45 c	1.05 c	0.21 c
12	6.97 d	3.36 c	0.68 d	0.24 c	0.46 c	3.24 a	0.50 a
18	7.16 b	2.24 c	0.64 e	0.21 c	0.29 e	0.96 c	0.13 de
24	7.68 a	1.29 e	0.61 f	0 d	0.33 d	0.61 d	0.15 e
F-test	**	**	**	**	**	**	**
CV	0.08	0.09	0.73	7.38	3.18	9.81	6.47

** Mean (n=3) in the same column followed by the same lower case letters are significantly different at $p \leq 0.01$ by Least Significant Difference (LSD)

Table 2 The biological properties of vermicompost at various storage periods

Storage time (months)	Total bacteria (cfu*10 ⁴)	Total actinomyces (cfu*10 ²)	Total fungi (cfu*10 ²)
0	8.75 x 10 ⁴ f	43.75 x 10 ² a	31.00 x 10 ² a
3	71.50 x 10 ⁴ d	19.75 x 10 ² b	19.80 x 10 ² c
6	168.33 x 10 ⁴ b	43.75 x 10 ² a	26.00 x 10 ² b
12	252.50 x 10 ⁴ a	21.75 x 10 ² b	6.34 x 10 ² e
18	152.50 x 10 ⁴ c	6.33 x 10 ² c	15.50 x 10 ² d
24	53.30 x 10 ⁴ e	<1.0 x 10 ² d	5.50 x 10 ² e
F-test	**	**	**
CV	2.45	7.07	11.08

** Mean (n=3) in the same column followed by the same lower case letters are significantly different at $p \leq 0.01$ by Least Significant Difference (LSD)

สรุปผล

ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง ยังคงมีประสิทธิภาพดี คือ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร และมีปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรองสูงสุด คือ ไนโตรเจน 0.88 % ฟอสฟอรัส 1.83 % โพแทสเซียม 0.54 % แคลเซียม 2.54 % และแมกนีเซียม 0.46% ปริมาณแบคทีเรีย เชื้อราและแอคติโนมัยซีท มีค่า 73.83 x 10⁴, 21.18 x 10² และ 19.55 x 10² cfu/g ตามลำดับ และพบว่าเมื่อเวลาผ่านไปปริมาณธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง ค่าการนำไฟฟ้ามีแนวโน้มลดลง ค่าความเป็นกรด-ด่างมีแนวโน้มสูงขึ้น ดังนั้น ควรคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บรักษาและควรมีการศึกษาการเพิ่มเติมถึงการเพิ่มคุณภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินในระหว่างการรักษา



คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์เรียนรู้วิจัยและพัฒนาไส้เดือนดินเพื่อการเกษตรและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ศูนย์วิจัยและพัฒนาการบริการจัดการทรัพยากรน้ำบูรณาการ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) จำกัด สาขาขอนแก่น และห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 กรมวิชาการเกษตร จันทบุรีวิจัยสำเร็จ ล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2551. คู่มือการวิเคราะห์ปุ๋ยอินทรีย์. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักวิจัยและพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุลิมาศ บุญไทย อิวาย, มงคล ต๊ะอู่น, สุรศักดิ์ เสรีพงศ์ และนันทวุฒิ จำปางาม. 2554. การผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน: การจัดการของเสีย ดิน ผลผลิตที่ดีและปลอดภัย. ศูนย์บริการวิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สุลิมาศ บุญไทย อิวาย และ ณัฐริรา แก้วกล้าหาญ. 2559. การศึกษาปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพปุ๋ยหมัก โดยไส้เดือนดินระหว่างการเก็บรักษา. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 3(2):55-61.
- นันทวุฒิ จำปางาม, สุลิมาศ บุญไทย อิวาย และมงคล ต๊ะอู่น. 2554. การจัดการกากของเสียจาก อุตสาหกรรมกรดซิตริกที่ใช้กากมันสำปะหลังเป็นวัตถุดิบโดยใช้ไส้เดือนดิน. วารสารแก่นเกษตร 39(พิเศษ): 328-333.
- ณัฐกิตติ์ เพชรหมื่นไวย. 2558. การใช้ของเสียอุตสาหกรรมร่วมกับมูลไก่ในการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ณัฐริรา แก้วกล้าหาญ. 2558. การศึกษาปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- รัชณี วงโคกสูง, สุลิมาศ บุญไทย อิวาย และมงคล ต๊ะอู่น. 2555. การใช้กากน้ำตาลและน้ำกากส่าร่วมกับของเสียอุตสาหกรรม แป้งมันสำปะหลังต่อการอยู่รอดของไส้เดือนดินและคุณภาพปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน. วารสารดินและปุ๋ย 34(1-4): 38-45.
- อานัฐ ตันโช. 2548. เทคนิคการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. ปทุมธานี.
- Andy, K. 2012. The effects of storage on the quality of vermicompost. Solid waste research program. University of Wisconsin System.
- Harit, A.K., M. Karthikeyan, S. Gajalakshmi, and S.A. Abbasi. 2014. Effect of storage on some physical and chemical characteristics of vermicast. Journal of Applied Horticulture. 16(2): 112-116.
- Iwai, C.B., T. Mongkon, C.Thammared and B. Praweena. 2013. Management of Municipal Sewage Sludge by Vermicomposting Technology: Converting a Waste into a Bio fertilizer for Agriculture. IJERD – International Journal of Environmental and Rural Development. 4-1: 170-174.
- Arancon, N.O., A. E. Clive, B. Andrei, C. John, G. Paola and D.M. James. 2007. Influences of vermicomposts, produced by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in the greenhouse. Applied Soil Ecology. 39:91-99.
- Negi, R. and S. Surinda. 2013. Vermistabilization of paper mill wastewater sludge using Eisenia fetida. Bioresource Technology. 128, 193-198.
- Singh, J., A. Kaur, A.P. Vig and P.J. Rup. 2010. Role of Eisenia fetida in rapid recycling of nutrients from bio sludge of beverage industry. Ecotoxicology and Environmental Safety. 73(3), 430-435.
- Suthar, S. 2010. Recycling of agro-industrial sludge through vermitechnology. Ecological Engineering. 36(8), 1028-1036.



- Suthar, S. 2009. Vermistabilization of municipal sewage sludge amended with sugarcane trash using epigeic *Eisenia fetida* (Oligochaeta). *Journal of Hazardous Materials*. 163(1): 199–206.
- Suthar, S., K.M. Pravin. and S. Sushma. 2012. Vermicomposting of milk processing industry sludge spiked with plant wastes. *Bioresource Technology*. 116: 214–219.
- Suthar, S., S. Poonam and K. Kapil. 2014. Vermiremediation of heavy metals in wastewater sludge from paper and pulp industry using earthworm *Eisenia fetida*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 109: 177–184.
- Wu, W., Y. Qing-fu, M. Hang, D.Xue-jun, and J. Wen-ming. 2004. Bt-Transgenic Rice Straw Affects the Culturable Microbiota and Dehydrogenase and Phosphatase Activities in a Flooded Paddy Soil. *Soil Biology and Biochemistry* 36(2):289–95.



การประเมินอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินตาคลี Evaluation of chemical fertilizer ratio management on maize production in takhil soil series

พจนนา ขาวมาก^{1*}, SUCHANYA JAROENSENG¹, SUPAPORN SUPEESO¹ และอรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์²

Pornnapa Khawmak^{1*}, Suchanya jaroenseng¹, Supaporn supeesoo¹ and Audthasit Wongmaneeroj²

บทคัดย่อ

การทดลองเพื่อประเมินอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินตาคลี ในพื้นที่ของสถานีวิจัยแสลงพัน จ.สระบุรี โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 3 ตำรับ คือ 1)ไม่ใส่ปุ๋ย 2)ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 15-5-3 และ 3) 20-0-0 กก.N-P₂O₅-K₂Oต่อไร่ ซึ่งเป็นการใส่ปุ๋ยภายหลังการปรับสภาพดินด้วยกำมะถันผงในอัตรา 600 กก.ต่อไร่ เป็นเวลา 120 วัน ซึ่งทำให้ค่าปฏิกิริยาดินลดลงจาก 8.10 (ด่างปานกลาง) เป็น 6.34 (กรดเล็กน้อย) ผลการทดลองเปรียบเทียบการใส่ปุ๋ยในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่า ปุ๋ยเคมีไม่มีผลทำให้ความสูง ผลผลิตของข้าวโพด และปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมดในใบข้าวโพดแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีผลให้น้ำหนักสดของต้นข้าวโพดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยอัตรา 15-5-3 กก.N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่ ให้น้ำหนักสดสูงสุด และมีปริมาณการสูญเสียฟอสฟอรัสจากดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยอัตรา 20-0-0 กก.N-P₂O₅-K₂Oต่อไร่ มีการสูญเสียฟอสฟอรัสสูงสุด สรุปว่าการปรับสภาพดินด้วยกำมะถันผงทำให้ความเป็นกรดของดินและความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินเพิ่มขึ้น และการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 20-0-0 กก.N-P₂O₅-K₂Oต่อไร่ เหมาะในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในชุดดินตาคลีที่มีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสะสมอยู่ในระดับสูง

คำสำคัญ: กำมะถัน, ปุ๋ยเคมี, ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, การเจริญเติบโต, ผลผลิต

Abstract

To evaluate the optimum fertilizer recommendation for maize grown in Takli soil series was conducted in Salangphan research station in Saraburi province. Randomized Complete Block Design was used in this experiment with 3 replications. The treatments comprised of 1) control 2) fertilizer application of 15-5-3 and 3) 20-0-0 kg N-P₂O₅-K₂O per rai after application of sulfur powder at rate of 600 kg per rai and incubation for 120 days. Sulfur application could decrease soil acidity from 8.10 to 6.34. Comparisons between fertilizer applications reveal that plant height, yield and nitrogen phosphorus and potassium contents in leaves show not significantly different. On the other hand, fertilizer application had an effect to fresh weight significantly which 15-5-3 kg of N-P₂O₅-K₂O per rai given the maximum fresh weight and less phosphate loss from soil. Application of 20-0-0 kg of N-P₂O₅-K₂O per rai showed the maximum phosphate loss. In conclusion, amend with sulfur powder could improve soil acidity and increase phosphate and potassium availability. The optimum fertilizer application is 20-0-0 kg of N-P₂O₅-K₂O per rai for maize production on Takli soil series which has high available phosphate and potassium in soil.

Keywords : sulfur ,fertilizer, maize ,growth and yield

¹ บริษัท เจริญโภคภัณฑ์โปรดิ๊วส จำกัด อ.นครหลวง จ.พระนครศรีอยุธยา 13260

Charoen pokphand produce Co.,Ltd, NakhonLuang District, Phra Nakhon Si Ayutthaya 13260

²ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140 Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom, 73140

* Corresponding author pornnapa.kha@cpcrop.com



บทนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์และมีความต้องการเพิ่มขึ้นทุกปี (นงคราญ, 2553) เป็นพืชที่สามารถปลูกได้ในดินแทบทุกเนื้อดิน แต่ดินที่มีความเหมาะสมควรเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีปริมาณธาตุอาหารพืชที่อุดมสมบูรณ์ และค่าปฏิกิริยาดินที่เหมาะสมกับการผลิตข้าวโพดจะเป็นกรดเล็กน้อย มีค่าอยู่ในช่วง 6.0-7.0 (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ประสิทธิภาพในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่ำ มีสาเหตุมาจากปัญหาด้านต่างๆ ได้แก่ การเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปัญหาภัยธรรมชาติที่เกิดจากการแปรปรวนของฤดูฝน และการขาดเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการผลิต (สถาบันวิจัยพืชไร่, 2546) การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชหลักมานานหลายปีติดต่อกัน ถึงแม้ชุดดินในพื้นที่จะมีความอุดมสมบูรณ์พอควร แต่ด้วยการปลูกในพื้นที่เดิมเป็นเวลานานทำให้สภาพดินมีความสมบูรณ์ลดลง

ประเทศไทยพบดินเหนียวหรือดินแคลคาเรียส (calcareous soil) บริเวณเทือกเขาสูงทางตอนกลางและที่ราบภาคกลาง ดินดังกล่าวเกิดจากวัตถุดิบกำเนิดที่เป็นต่าง เช่น หินปูน หรือหินมาร์ล ชุดดินสำคัญที่จัดว่าเป็นดินเหนียวหรือดินแคลคาเรียส ได้แก่ ชุดดินตาคลี และ ชุดดินลพบุรี ซึ่งพบมากในเขตจังหวัดลพบุรี สระบุรี และนครสวรรค์ ดินเหนียวเป็นดินที่มีค่าปฏิกิริยาดินสูง ซึ่งค่าปฏิกิริยาดินมีความสำคัญต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน (นวลศรี และคณะ, 2543) เนื่องจากเป็นตัวควบคุมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน แม้ว่าค่าปฏิกิริยาดินไม่ได้มีผลกระทบโดยตรงต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและชีวภาพของดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) ทำให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชบางชนิดถูกตรึงหรืออยู่ในรูปที่ไม่ละลายออกมาเป็นประโยชน์ต่อพืช จึงจำเป็นต้องมีการปรับปรุงดินเพื่อให้ค่าปฏิกิริยาดินของดินลดลงอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวโพด

ปุ๋ยเคมีเป็นวัสดุที่มีความสำคัญต่อการยกระดับผลผลิต และการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตของพืชผลทางการเกษตร (ยงยุทธ์ และคณะ, 2551) ปริมาณการใส่ปุ๋ยเคมีต่อพื้นที่ขึ้นอยู่กับลักษณะของดินที่แตกต่างกันในแต่ละชุดดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่แตกต่างตามการจัดการหรือการใส่ปุ๋ย สภาพภูมิอากาศ หรือปริมาณและการกระจายตัวของฝนที่ไม่สม่ำเสมอ (ระวีวรรณ และคณะ, 2552; ศิริสุตา และคณะ, 2552) จึงได้ศึกษาการเลือกใช้อัตราปุ๋ยที่ถูกต้องเหมาะสมสำหรับข้าวโพดที่ปลูกในดินเหนียวเพื่อเป็นแนวทางการจัดการแปลงและการปรับปรุงดินสำหรับระบบการผลิตข้าวโพด

อุปกรณ์และวิธีการ

การประเมินอัตราปุ๋ยที่เหมาะสมในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินตาคลี ซึ่งได้ทำการทดลอง ณ สถานีวิจัยแสงพัน อ.วังม่วง จ.สระบุรี ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ – ตุลาคม พ.ศ.2559

1. อุปกรณ์

1.1 เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ CP301

1.2 กำมะถันผง

1.3 ปุ๋ยเคมี สูตร 27-12-6 และ 21-0-0

1.4 เครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ ได้แก่ pH meter (Schott : lab 850 model), Electrical conductivity

meter (Schott : lab 960 model), Micro-Kjeldahl distillation apparatus (Gerhard : Vapodest 30s model), digestion apparatus (Gerhard : TUR/K model), Spectrophotometer (Biochrom : Libra S70) , Atomic absorption spectrophotometer (SvantAA GBS) เครื่องชั่งไฟฟ้า และตู้อบไฟฟ้า

2. วิธีการ

ปรับปรุงดินในแปลงทดลองที่มีค่าปฏิกิริยาดินสูง ทำให้ความเป็นกรดของดินเพิ่มขึ้น โดยใช้กำมะถันผงในอัตรา 600 กก.ต่อไร่ คลุกเคล้าในดินแล้วให้น้ำชลประทานและหมักดินไว้เป็นเวลา 120 วัน ก่อนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ CP301 สมบัติบางประการของดินก่อนและหลังปรับปรุงดินด้วยกำมะถันผง ได้แสดงไว้ใน Table 1



แบ่งแปลงทดลองออกเป็นแปลงย่อยขนาด 27 ตารางเมตร (4.9×5.4 เมตร) จำนวน 9 แปลงทดลอง ปลุกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ CP301 ใช้ระยะห่างระหว่างต้น 20 เซนติเมตร ระยะห่างระหว่างแถว 70 เซนติเมตร จำนวน 6 แถวต่อแปลงย่อย ปลุกแถวละ 28 หลุม วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 3 ดำรับการทดลอง ได้แก่

ดำรับที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (0-0-0 กก.N-P₂O₅-K₂O ต่อไร่)

ดำรับที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 15-5-3 กก.N-P₂O₅-K₂Oต่อไร่ (ตามการจัดการแปลงของสถานีวิจัยแสงสัพพ)

ดำรับที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 20-0-0 กก.N-P₂O₅-K₂Oต่อไร่ (ตามคำแนะนำที่ได้จากค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร (2548))

การใส่ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ดำรับที่ 2 อัตรา 15-5-3 กก.N-P₂O₅-K₂Oต่อไร่ ซึ่งเป็นอัตราที่ใช้ในการจัดการแปลงของสถานีวิจัยแสงสัพพ ที่มีการใช้พื้นที่ในการปลูกข้าวโพดเป็นระยะเวลานาน ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 27-12-6 แบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยรองพื้น ครั้งที่ 2 ใส่เมื่ออายุ 14 วันหลังปลูก อัตรา 30 และ 12 กก.ต่อไร่ ตามลำดับ และใส่ปุ๋ยสูตร 21-0-0 เมื่ออายุ 21 วันหลังปลูก อัตรา 18 กก.ต่อไร่ และดำรับที่ 3 อัตรา 20-0-0 กก.N-P₂O₅-K₂Oต่อไร่ ได้จากค่าวิเคราะห์ดินและตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (2548) ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 แบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยรองพื้น ครั้งที่ 2 ใส่เมื่ออายุ 30 วันหลังปลูก อัตรา 63 และ 32 กก.ต่อไร่ ตามลำดับ

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทางความสูงของข้าวโพดโดยวัดจากโคนต้นจนถึงฐานใบธงที่อายุ 50 วันและ 80 วัน เก็บข้อมูลตัวอย่างใบข้าวโพดในระยะออกไหมในตำแหน่งใบใต้ฝักหรือใบตรงกันข้ามฝักที่ข้าวโพดอายุ 45-50 วัน แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน บดตัวอย่างใบข้าวโพด และวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม (ศรีสม, 2544) เก็บข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักเมล็ดที่ความชื้น 15% น้ำหนักฝักต่อไร่ จำนวนฝักต่อไร่ และเปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ด เก็บข้อมูลน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งที่อายุ 95 วัน

เก็บดินด้วยวิธีสุ่มที่ระดับความลึก 0-15 ซม. เพื่อวิเคราะห์สมบัติดินบางประการ ได้แก่ 1) ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) วัดโดยใช้เครื่อง pH meter อัตราส่วนระหว่างดินกับน้ำ เท่ากับ 1:1 (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542) 2) ค่าการนำไฟฟ้า (ECe) วัดโดยใช้เครื่อง electrical conductivity meter อัตราส่วนระหว่างดินกับน้ำ เท่ากับ 1:5 (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542) 3) อินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter) โดยวิธี Walkley and Black Titration (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542) 4) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ สกัดตัวอย่างดินด้วยสารละลาย Bray-II และวัดปริมาณโดยวิธี colorimetric (ทัศนีย์ และจรงค์, 2542) 5) โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ สกัดตัวอย่างดินด้วยสารละลาย NH₄OAc pH 7.0 และวัดปริมาณโดย atomic absorption spectrophotometer (Pratt, 1965)



Table 1 Soil chemical properties before and after sulfur incubation

Soil properties	Results	
	before	after
pH (1:1)	8.10	6.34
ECe (dS/m)	1.45	1.03
Organic matter (%) ^{1/}	1.33	0.90
Available P (mg/kg) ^{2/}	236	266
Exchangeable K (mg/kg) ^{3/}	121	144
Exchangeable Ca (mg/kg) ^{3/}	2,940	2,639
Exchangeable Mg (mg/kg) ^{3/}	3,336	3,042

Remark : ^{1/} = Walkey and Black method (ทศนีย์ และจรงค์, 2542)

^{2/} = Bray II method (ทศนีย์ และจรงค์, 2542)

^{3/} = Extracted with NH₄OAc pH 7.0 (Pratt, 1965)

ผลการทดลองและวิจารณ์

สมบัติทางประการของดินหลังปรับสภาพด้วยกำมะถันผง

การใช้กำมะถันผงในอัตรา 600 กก.ต่อไร่ คลุกเคล้าในดินแล้วให้น้ำชลประทานและหมักดินไว้เป็นเวลา 120 วัน ก่อนปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ CP301 มีผลให้ ค่าปฏิกิริยาดินลดลง 1.76 ยูนิต จาก 8.10 อยู่ในระดับต่างปานกลางลดลงเป็น 6.34 อยู่ในระดับเป็นกรดเล็กน้อย ทำให้ค่าปฏิกิริยาดินอยู่ในช่วง 6.0-7.0 ซึ่งเหมาะสมกับการให้ผลผลิตข้าวโพดที่ดี (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ค่าการนำไฟฟ้าลดลงอยู่ในระดับไม่เค็ม (1.03 เดซิซีเมนตต่อเมตร) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินลดลงอยู่ในระดับต่ำ (0.90 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง แต่ยังอยู่ในระดับสูง (2,639 และ 3,042 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ) และมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้น อยู่ในระดับสูงมาก (266 และ 144 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ)(Table 1)

การเจริญเติบโตของข้าวโพด

ความสูง

การเจริญเติบโตทางความสูงของต้นข้าวโพดเมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ความสูงของต้นข้าวโพดที่อายุ 50 และ 80 วันหลังปลูก ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) ตำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยวัดความสูงได้สูงสุด คือ 212 และ 217 เซนติเมตร ที่อายุ 50 และ 80 วันหลังปลูก รองลงมาได้แก่ ตำรับ 20-0-0 และ 15-5-3 กก.N-P₂O₅-K₂Oต่อไร่ มีความสูง 211, 210 เซนติเมตร ที่อายุ 50 วัน และ 212, 211 เซนติเมตร ที่อายุ 80 วัน ตามลำดับ เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารในดินมีปริมาณสูงกว่าค่าวิกฤตของข้าวโพด จึงมีผลทำให้ความสูงของต้นข้าวโพดในแต่ละตำรับทดลองไม่มีความแตกต่างกัน



Table 2 Plant heights of maize at different growth stages

Fertilizer rates (kg.N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Height (cm)	
	50 Days	80 Days
0-0-0	212	217
15-5-3	210	211
20-0-0	211	212
F-test	ns	ns
C.V.(%)	2.9	1.9

Remark : ns: non significant. Numbers followed by a common letter are not significantly different according to DMRT.

ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

การใส่ปุ๋ยในอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ มีผลให้ น้ำหนักฝักต่อไร่ น้ำหนักเมล็ดที่ความชื้น 15% จำนวนฝักต่อไร่ และเปอร์เซ็นต์กะเทาะเมล็ดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 3) กล่าวคือ ดำรับ 15-5-3 กก.N-P₂O₅-K₂Oต่อไร่ ส่งผลให้น้ำหนักเมล็ดที่ความชื้น 15% และจำนวนฝักต่อไร่สูงสุด คือ 1,816 และ 13,016 กก.ต่อไร่ ตามลำดับ และดำรับ 20-0-0 กก.N-P₂O₅-K₂Oต่อไร่ ให้น้ำหนักฝักต่อไร่สูงสุด คือ 3,034 กก.ต่อไร่

จากผลการทดลองผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ดำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตใกล้เคียงกับดำรับที่ใส่ปุ๋ยในอัตรา 15-5-3 และ 20-0-0 กก.N-P₂O₅-K₂Oต่อไร่

Table 3 Effect of fertilizer application on yield of maize

Fertilizer rates (kg.N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Fresh ear weight (kg/rai)	Grain wt.at 15% mc. (kg/rai)	Ear number (per rai)	Shelling (%)
0-0-0	2,751	1,689	12,268	81.2
15-5-3	2,941	1,816	13,016	81.2
20-0-0	3,034	1,807	12,789	80.8
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	4.5	3.7	2.7	0.5

Remark : ns: non significant. Numbers followed by a common letter are not significantly different according to DMRT.

ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมดในใบข้าวโพด

ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมดในใบข้าวโพดเมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4) โดยดำรับ 20-0-0 กก.N-P₂O₅-K₂Oต่อไร่ มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสะสมสูงสุด คือ 2.79% และ 0.51% ตามลำดับ และดำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ย มีปริมาณโพแทสเซียมสะสมสูงสุด คือ 1.16%



จากผลการทดลองมีเพียงตำรับ 20-0-0 กก.N-P₂O₅-K₂Oต่อไร่ เท่านั้น ที่มีปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในใบข้าวโพดอยู่ในระดับที่เพียงพอความต้องการของข้าวโพดในช่วง 2.8-4.0% และ 0.25-0.50% ตามลำดับ (Campbell and Plank, 1992)

Table 4 Concentrations of nitrogen phosphorus and potassium in maize leaves at 50 days after planting

Fertilizer rates (kg.N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)
0-0-0	2.58	0.44	1.16
15-5-3	2.58	0.49	1.11
20-0-0	2.79	0.51	1.02
F-test	ns	ns	ns
C.V. (%)	6.9	10.2	24.9

Remark : ns: non significant. Numbers followed by a common letter are not significantly different according to DMRT.

น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพด

น้ำหนักสดของต้นข้าวโพดเมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5) ซึ่งการใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 15-3-3 กก.N-P₂O₅-K₂Oต่อไร่ ให้น้ำหนักสดสูงสุด คือ 9,491 กก.ต่อไร่ เนื่องจากการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ซึ่งมีความสำคัญในการสร้างการเจริญเติบโตและความแข็งแรงของลำต้น (กรมวิชาการเกษตร, 2548) รองลงมาได้แก่ ตำรับ 20-0-0 กก.N-P₂O₅-K₂Oต่อไร่ และตำรับไม่ใส่ปุ๋ย มีค่า 9,108 และ 7,674 กก.ต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดเมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Table 5) ตำรับ 15-5-3 กก.N-P₂O₅-K₂Oต่อไร่ ให้น้ำหนักแห้งสูงสุด คือ 2,901 กก.ต่อไร่ รองลงมาได้แก่ ตำรับ 20-0-0 กก.N-P₂O₅-K₂Oต่อไร่ และตำรับไม่ใส่ปุ๋ย มีค่า 2,869 และ 2,404 กก.ต่อไร่ ตามลำดับ

Table 5 Fresh and dry weight of maize at 95 days after planting

Fertilizer rates (kg.N-P ₂ O ₅ -K ₂ O/rai)	Fresh weight (kg/rai)	Dry weight (kg/rai)
0-0-0	7,674 b	2,404
15-5-3	9,491 a	2,901
20-0-0	9,108 ab	2,869
F-test	*	ns
C.V. (%)	8.9	14.2

Remark : * = significant at the 0.05 level, ns: non significant. Numbers followed by a common letter are not significantly different according to DMRT.

ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารจากดินโดยติดไปกับผลผลิตข้าวโพดที่เก็บเกี่ยว

ปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียจากดินติดไปกับผลผลิต เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 6) ตำรับ 15-5-3 กก.N-P₂O₅-K₂Oต่อไร่ มีปริมาณการสูญเสียไนโตรเจนและโพแทสเซียมสูงสุด คือ 28.33 กก.Nต่อไร่ และ 6.90 กก.K₂Oต่อไร่ รองลงมาได้แก่ ตำรับ 20-0-0 กก.N-P₂O₅-K₂O



ต่อไร่ และดำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ย มีค่า 28.19, 26.34 กก.นต่อไร่ และ 6.87 และ 6.42 กก. K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ และมีปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียจากดินติดไปกับผลผลิตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 6) โดยดำรับ 20-0-0 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ มีปริมาณการสูญเสียสูงสุด คือ 6.87 กก. P_2O_5 ต่อไร่ รองลงมาได้แก่ ดำรับ 15-5-3 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ และดำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ย มีค่า 5.27 และ 4.90 กก. P_2O_5 ต่อไร่ ตามลำดับ

จากผลการทดลอง พบว่า ไนโตรเจนมีปริมาณการสูญเสียติดไปกับเมล็ดสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุอาหารอื่น เพราะไนโตรเจนจะเคลื่อนย้ายไปสะสมในเมล็ดและคงเหลือไว้ที่ต้นเพียง 1 ใน 3 (สรสิทธิ์, 2511) และดำรับ 20-0-0 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ มีปริมาณการสูญเสียฟอสฟอรัสจากดินติดไปกับผลผลิตสูงสุดถึง 6.87 กก. P_2O_5 ต่อไร่ แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 20-0-0 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ช่วยทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในดินที่สะสมอยู่ในระดับสูงลดลงได้

Table 6 Estimate nutrient losses through crop removal

Fertilizer rates (kg. $N-P_2O_5-K_2O$ /rai)	N (kg.N/rai)	P (kg. P_2O_5 /rai)	K (kg. K_2O /rai)
0-0-0	26.34	4.90 b	6.42
15-5-3	28.33	5.27 b	6.90
20-0-0	28.19	6.87 a	6.87
F-test	ns	**	ns
C.V. (%)	3.7	4.4	4.4

Remark : ** = significant at the 0.01 level, ns: non significant. Numbers followed by a common letter are not significantly different according to DMRT.

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า การใส่ก้ามะถันผงที่อัตรา 600 กก.ต่อไร่ ทั้งไว้เป็นเวลา 120 วัน ส่งผลให้ค่าปฏิกิริยาดินลดลงจาก 8.10 อยู่ในระดับเป็นด่างปานกลาง ลดลงเป็น 6.34 อยู่ในระดับกรดเล็กน้อย สอดคล้องกับงานวิจัย Hansen และคณะ (2003) ที่กล่าวว่าก้ามะถันผงสามารถช่วยปรับปรุงคุณสมบัติของดิน ทำให้ความเป็นกรดของดินเพิ่มขึ้น และเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน การปรับปรุงดินโดยการปรับค่าปฏิกิริยาดินให้เหมาะสมจะทำให้พืชสามารถดูดใช้ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมได้มากขึ้น เพราะมักถูกตรึงหรืออยู่ในรูปที่ไม่ละลายมาเป็นประโยชน์ต่อพืช (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) และจากผลการวิเคราะห์สมบัติบางประการของดินก่อนและหลังปรับปรุงดินด้วยก้ามะถันผง (Table 1) จะเห็นได้ว่า มีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่สะสมในดินมากเกินความต้องการของพืช เนื่องมาจากการใช้ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ดังผลการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าดำรับที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีให้ผลผลิตใกล้เคียงกับดำรับที่ใส่ปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีในอัตรา 20-0-0 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ มีผลให้ดูดใช้ฟอสฟอรัสในดินที่มีอยู่ในระดับสูงให้ลดลงได้ถึง 6.87 กก. P_2O_5 ต่อไร่ จึงควรลดหรือลดปริมาณการใช้ปุ๋ยทั้งสอง เพราะนอกจากจะเป็นการสิ้นเปลืองปุ๋ยแล้ว การสะสมของธาตุทั้งสองในปริมาณสูง อาจจะส่งผลกระทบต่อสมดุลของธาตุอาหารอื่นในดิน อย่างไรก็ตามเมื่อใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 20-0-0 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ไปได้สักระยะ ควรมีการตรวจวิเคราะห์ดิน เพื่อติดตามผลการปรับปรุงดิน และประเมินความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน

สรุป

การใส่ปุ๋ยเคมีที่เหมาะสมในการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในชุดดินตาคลี คือ อัตรา 20-0-0 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ เพราะในดินมีปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสะสมอยู่ในระดับสูง จึงควรลดการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม เพื่อลดปริมาณการสะสมของธาตุทั้งสองในดิน



เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. ลักษณะและสมบัติของชุดดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 55/03/48. สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ทัศนีย์ อุตตะนันท์ และจรงค์ จันทรเจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นงคราญ มณีวรรณ. 2553. ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ปลูกอย่างไรให้ได้ผลผลิตสูง. วารสารพัฒนาที่ดิน 47: 48-55.
- นวลศรี กาญจนกุล, สุวรรณีย์ ภูธรย์ราช และ ขนิษฐศรี อุ้นตระกูล. 2543. ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินประเทศไทย. กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน.
- ยงยุทธ โอสธสภ, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ ขวลิศ องประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- ระวีวรรณ โชติพันธ์, ชัยสิทธิ์ ทองจู, กุมุท สังขศิลา, จุฑามาศ ร่มแก้ว และสุรเดช จินตกานนท์. 2552. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดงปลายฤดูฝน, น. 60-71. ใน การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 1 เรื่องดินและปุ๋ย ในภาวะวิกฤตอาหารและพลังงาน. วันที่ 23-24 เมษายน 2552 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.
- ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2544. การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศิริสุตา บุตรเพชร, ชัยสิทธิ์ ทองจู, กุมุท สังขศิลา, จุฑามาศ ร่มแก้ว และสุรเดช จินตกานนท์. 2552. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนปลายฤดูฝน, น. 51-62. ใน การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. วันที่ 9 ธันวาคม 2552 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.
- สถาบันวิจัยพืชไร่. 2546. สรุปรายงานผลงานวิจัยพืชไร่ 2546. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สรสิทธิ์ วัชรโรยาน. 2511. เคมีและความอุดมสมบูรณ์ของดินนา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อำนาจ สุวรรณฤทธิ์. 2553. ปุ๋ยกับการเกษตรและสิ่งแวดล้อม. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- Campbell, C.R. and C.O. Plank. 1992. Sample preparation. In: Plank CO, editor. Plant analysis reference procedures for the southern region of the United States. Athens (GA): Georgia Cooperative Extension Service. p 1-12. Southern Cooperative Series Bulletin 368. Available at www.ncagr.gov/agronomi/pdffiles/sera368.pdf (verified 2011 Aug 24).
- Hansen, H. R., B.L. Hector and J. Feldmann. 2003. A qualitative and quantitative evaluation of the seaweed diet of North Ronaldsay sheep. Anim. Feed Sci. Technol., 105 (1/4): 21-28
- Pratt, P.F. 1965. Methods of Soil Analysis Part II. In Potassium. (ed. C.A. Black), pp. 1022-1030. Wisconsin : Amer. Soc. of Agron. Inc.



ผลของการใช้สารฮิวมิกต่างชนิดกันต่อองค์ประกอบผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105

Effect of application of different humic substance type

on rice yield components of KDML 105

จิราพร บุตรศรี¹

Jiraporn Bootsri¹

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อศึกษาชนิดและสมบัติทางเคมีสารฮิวมิกที่สกัดได้จากลีโอนาร์ไดต์และศึกษาผลของชนิดของสารฮิวมิกต่อองค์ประกอบผลผลิตของข้าวสายพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ พบว่า สารฮิวมิกที่สกัดได้จากลีโอนาร์ไดต์มีจำนวน 6 ชนิด ได้แก่ โซเดียมฮิวเมต โซเดียมฮิวมิน โซเดียมฟุลเวต โพแทสเซียมฮิวเมต โพแทสเซียมฮิวมินและโพแทสเซียมฟุลเวต ซึ่งผลพบว่า ในโพแทสเซียมฮิวมิน มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด (35.60% และ 61.38%) ตามลำดับ โซเดียมฮิวเมตมีไนโตรเจนทั้งหมดสูงที่สุด (0.49%) โซเดียมฮิวมิน โซเดียมฮิวเมตและโพแทสเซียมฟุลเวตมีฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์สูงที่สุดที่ (1.36%) ขณะที่โซเดียมฮิวเมตมีโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้สูงที่สุด (2.86%) ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างพบว่าในโซเดียมฮิวมิน และโพแทสเซียมฮิวมินมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดที่ (7.73 และ 6.20) ตามลำดับ แต่มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำสุดที่ (2.91 และ 2.45) ตามลำดับ และจากผลการศึกษการใช้สารฮิวมิกต่างชนิดกันต่อองค์ประกอบผลผลิตข้าว พบว่า ความสูงต้น จำนวนต้นตอก จำนวนรวงตอก ความยาวรวงตอก ที่ปลูกในแต่ละกรรมวิธีทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการฉีดพ่นโซเดียมฮิวเมต และ โพแทสเซียมฮิวเมตมีผลให้ผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด (1,294.93 และ 1,224.53) กก./ไร่ ตามลำดับ นอกจากนี้การใช้โพแทสเซียมฟุลเวต ยังส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดต่อรวงต่ำที่สุด น้ำหนักเมล็ดตอกต่อรวงต่ำที่สุด จึงส่งผลทำให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำที่สุด 940.31 กก./ไร่

คำสำคัญ: สารประกอบกรดฮิวมิก, ข้าวขาวดอกมะลิ 105

Abstract

The aims of this study were to investigate the type and chemical properties of humic substances extracted from Leonardite and study were effect of humic substances on yield components of KDML105 rice variety employing complete randomized design (CRD) consisting 7 treatments with 3 replications there are 6 types of humic substances extracted from Leonardite: Na- Humatec, Na-Humin Na-Fulvate, K-Humatec, K-Humin and K-Fulvate. Results showed that the K-humin gave the highest amount of organic carbon and organic matter (35.60% and 61.38%) respectively, Na-humate gave highest total nitrogen contents (0.49%), Na-humin N-humate and K-fuvate gave highest gave highest available phosphate (1.36%) and Na-humate gave the highest water soluble potash (2.86%). The pH value found in Na-humin and K-humin had the highest pH values (7.73 and 6.20), respectively, but the lowest conductivity was (2.91 and 2.45) respectively. And the results of different types of humic substances on rice yield showed that, plant height, tiller number per plant, panicle number per plant, panicle length, there were no statistically significant differences in the treatments. Na-humate and K-humate had the highest grain yield as (1,294.93 and 1,224.53) Kg/rai, respectively. In addition, the use of K-fuvate it also sends the lowest seed-setting rate. Filled grain weight lowest As a result, the lowest grain yield was 940.31 kg / rai.

Keywords: Humic substance, KDML 105

¹คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ต.แม่กา อ.เมือง จ.พะเยา 56000

School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Maka, Muang, Phayao, 56000



บทนำ

ปัจจุบันการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในประเทศไทยมีเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการส่งเสริมจากหน่วยงานของรัฐบาล ให้มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ทดแทนหรือแบบผสมผสานกัน เพื่อลดต้นทุนในการผลิตทางการเกษตรเพื่อตอบโจทย์ เกษตรมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน รวมถึงปัจจุบันการเกษตรในประเทศไทยมีการทำการเกษตรอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นปุ๋ยอินทรีย์ต้องสามารถตอบสนองต่อความต้องการให้ได้มากที่สุด ซึ่งในพื้นที่จังหวัดลำปางมีเหมืองถ่านหินลิกไนท์ซึ่งนำมาใช้เป็นพลังงานในการผลิตกระแสไฟฟ้าและในขั้นตอนการขุดจะพบว่ามีมูลดินสีดำซึ่งเป็นถ่านหินคุณภาพต่ำที่ชื่อว่าลีโอนาร์ไดต์อยู่เป็นจำนวนมากและมีราคาถูก ลีโอนาร์ไดต์ สามารถพบได้จากส่วนเหลือทิ้งจากการทำเหมืองถ่านหินลิกไนท์ ซึ่งเป็นถ่านหินที่เกิดจากการย่อยสลายของซากพืชซากสัตว์เป็นเวลานานนับพันล้านปี มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นสารประกอบฮิวมัส (humus) เป็นองค์ประกอบอยู่สูง (Ayuso *et al.*, 1996 และ Kohanowski, 1970) โดยเฉพาะสารฮิวมิก (humic substances) ยังสามารถแยกได้เป็นฮิวมิน (humic acid) กรดฮิวมิก (humic acid) และกรดฟุลวิก (fulvic acid) สมบัติของกรดฮิวมิกจะมีสีน้ำตาลเข้มถึงดำ ส่วนกรดฟุลวิกจะมีสีเหลืองถึงแดง สารเชิงซ้อนทั้งสองชนิดมีบทบาทต่อการเจริญเติบโตและกระบวนการทางสรีระของพืชหลายประการ มีบทบาทในการเพิ่มค่าอินทรีย์วัตถุและไนโตรเจน Ece *et al.*, (2007) และจากรายงาน สุชาติ และคณะ, (2556) พบว่า ลีโอนาร์ไดต์มีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชเป็นองค์ประกอบอยู่หลายธาตุในปริมาณสูง ซึ่งสามารถใช้เป็นแหล่งของธาตุอาหารบางชนิดได้ โดยเฉพาะ ธาตุแคลเซียม แมกนีเซียม และกำมะถัน นอกจากนี้ลีโอนาร์ไดต์มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ แต่มีค่าความแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง ที่สำคัญมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเป็นองค์ประกอบอยู่สูง ด้วยเหตุนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดและสมบัติทางเคมีสารฮิวมิกที่สกัดจากลีโอนาร์ไดต์ และศึกษาผลของชนิดของสารฮิวมิกต่อองค์ประกอบผลผลิตข้าวสาลีพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 การสกัดกรดฮิวมิกจากลีโอนาร์ไดต์

ใช้วิธีสกัดตามวิธีการของ (วิวัฒน์ และคณะ, 2552) โดยทำการเก็บตัวอย่างลีโอนาร์ไดต์จากโรงงานที่ผลิตแล้วนำมาสกัดสารฮิวมิกโดยละลายตัวอย่างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ จากนั้นกรดฮิวมิกจะถูกสกัดเข้ามาละลายอยู่ในชั้นของสารละลายต่างเป็นโซเดียมฮิวเมตและโซเดียมฟุลเวต หรือโพแทสเซียมฮิวเมตและโพแทสเซียมฟุลเวต ในส่วนของตะกอนซึ่งไม่ละลายนั้นคือส่วนฮิวมิน จากนั้นนำสารละลายที่ได้มาตกตะกอนด้วยกรด โดยปรับให้ความเป็นกรด-ด่างของสารละลายเท่ากับ 1 แล้วนำไปเข้าเครื่องปั่นเหวี่ยง เพื่อแยกตะกอนเกลือฮิวเมตออกมา แล้วนำไปเข้าตู้อบลมร้อนอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ส่วนที่ไม่ตกตะกอนเป็นกรดฟุลเวต นำไปเข้าเครื่องระเหยเพื่อแยกสารละลายออกจากตัวอย่างแล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์สมบัติของสารฮิวมิกแต่ละชนิด ได้แก่ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) อินทรีย์คาร์บอน (organic carbon; OC) อินทรีย์วัตถุ (organic matter; OM) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total nitrogen) ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด (total phosphate) และ ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (total potassium) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (analysis of variance, ANOVA) แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีด้วย Duncan' New Multiple Range Test (DMRT)

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของสารฮิวมิกต่างชนิดกันต่อองค์ประกอบผลผลิตของข้าวขาวดอกมะลิ 105

ทำการทดสอบผลของสารฮิวมิกที่สกัดได้ต่อองค์ประกอบของข้าวโดยปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 (KDML105) ในโรงเรือน ดินที่ใช้ศึกษาอยู่กลุ่มชุดดินที่ 15 ลักษณะเนื้อดินเป็นพวกดินร่วนเหนียวหรือดินร่วนปนทรายแข็ง ดินบนมีสีน้ำตาลปนเทา มีการระบายน้ำค่อนข้างเลวถึงปานกลาง มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 5.5 – 8.0 ปัจจุบันใช้ทำนาปีของเกษตรกรกลุ่มชุดดินนี้คือ ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ประกอบด้วย 7 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ ได้แก่ 1) คือฉีดย่น้ำกลั่นอย่างเดียว (control) 2) ฉีดย่นโซเดียมฮิวเมต 3) ฉีดย่นโซเดียมฮิวมิน 4) ฉีดย่นโซเดียมฟุลเวต 5) ฉีดย่นโพแทสเซียมฮิวเมต 6) ฉีดย่นโพแทสเซียมฮิวมิน และ 7) ฉีดย่นโพแทสเซียมฟุลเวต โดยการฉีดย่นให้กับพืชโดยตรงในแต่ละกรรมวิธีใช้ที่ระดับความเข้มข้น 20 มก./ลิตร ฉีดย่น ในระยะกำเนิดดอก (panicle initiation; PI) โดยใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2548) หลังการเก็บเกี่ยวทำการบันทึกข้อมูลความสูงของต้น จำนวนต้นตอกออก จำนวนรวงตอกออก วัดความยาวรวงตอกออก



จำนวนเมล็ดดีต่อรวง จำนวนเมล็ดลีบต่อรวง คำนวณเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดต่อรวง น้ำหนักเมล็ดดีต่อกอ น้ำหนักเมล็ดลีบต่อกอ น้ำหนักเมล็ดรวมต่อกอ ผลผลิตต่อไร่ และมวลชีวภาพ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี แล้วเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีด้วย Duncan' New Multiple Range Test (DMRT)

ผลการทดลองและวิจารณ์

ส่วนประกอบและสมบัติของสารฮิวมิกที่ได้จากลีโอนาร์โดต์

จากผลการศึกษาการสกัดสารฮิวมิกจากลีโอนาร์โดต์ พบว่า สารฮิวมิกที่สกัดได้แบ่งออกเป็น 6 ชนิด คือ โซเดียมฮิวมิน โซเดียมฮิวเมต โซเดียมฟูลเวต โพแทสเซียมฮิวมิน โพแทสเซียมฮิวเมต และโพแทสเซียมฟูลเวต และเมื่อวิเคราะห์สมบัติของสารเคมีทั้ง 6 ชนิด จะเห็นว่า กรรมวิธีโพแทสเซียมฮิวมิน มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนและปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงที่สุด โดยมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนที่วิเคราะห์ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 19.48-35.60% และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุที่วิเคราะห์ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 33.58-61.38% ส่วนปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.12-0.49% โดยกรรมวิธีโซเดียมฮิวเมตมีปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุด ส่วนปริมาณฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ที่วิเคราะห์ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 1.350-1.360% ซึ่งพบว่ามีสูงที่สุดในกรรมวิธีของโซเดียมฮิวมิน โซเดียมฮิวเมต และโพแทสเซียมฟูลเวต และปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถละลายน้ำได้ที่วิเคราะห์ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 3.52-3.86% โดยกรรมวิธีโซเดียมฮิวเมตมีปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถละลายน้ำได้สูงที่สุด ส่วนค่าความเป็นกรด-ด่างที่วิเคราะห์ได้มีค่าอยู่ระหว่าง 1.14-7.73 โดยกรรมวิธีโซเดียมฮิวมิน และโพแทสเซียมฮิวมินมีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงสุดที่ 7.73 และ 6.20 ตามลำดับ แต่เป็นกรรมวิธีที่มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำสุดที่ 2.91 และ 2.45 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าการนำไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 2.45-64.30

ผลของการใช้สารประกอบฮิวมิกต่างชนิดกันต่อองค์ประกอบผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ 105

จากการศึกษาการใช้สารฮิวมิกแต่ละชนิดที่สกัดได้จากลีโอนาร์โดต์ต่อองค์ประกอบของผลผลิตข้าว ผลพบว่า องค์ประกอบผลผลิตของข้าว ได้แก่ ความสูง จำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวงต่อกอ ที่ปลูกในแต่ละกรรมวิธีทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ จำนวนเมล็ดดีต่อรวงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยจำนวนเมล็ดดีต่อรวงมีมากที่สุดในกรรมวิธีที่ฉีดพ่นโพแทสเซียมฮิวเมต และ โพแทสเซียมฟูลเวต เท่ากับ 173.79 และ 178.76 เมล็ดต่อรวง นอกจากนี้การใช้โพแทสเซียมฮิวเมต ยังส่งผลให้มีจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงน้อยที่สุด และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยโพแทสเซียมฟูลเวต และ โพแทสเซียมฮิวมิน ซึ่งมีจำนวนเมล็ดลีบมากที่สุด เท่ากับ 38.55 และ 30.91 เมล็ดต่อรวง ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดต่อรวงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่ามีการติดเมล็ดต่อรวงสูงที่สุดในกรรมวิธีที่ฉีดพ่น โพแทสเซียมฮิวเมต เท่ากับ 91.08% นอกจากนี้การใช้โพแทสเซียมฮิวเมต ยังส่งผลให้น้ำหนักเมล็ดดีต่อกอเพิ่มสูงขึ้น 62.81 ก./กอ และน้ำหนักเมล็ดลีบต่อกอต่ำที่สุด 0.97 ก./กอ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ฉีดพ่น โซเดียมฮิวเมตซึ่งมีน้ำหนักเมล็ดดีต่อกอสูงที่สุด 65.76 ก./กอ แต่กลับพบว่าเปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดมีค่าเท่ากับ 84.14% ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยกรรมวิธีที่ทำการฉีดพ่น โพแทสเซียมฮิวเมต และ โซเดียมฮิวเมตสามารถให้ผลผลิตต่อไร่มากที่สุดคือ 1,224.53 และ 1,294.93 กก./ไร่ ส่วนน้ำหนักเมล็ดลีบต่อกอมีมากที่สุดในกรรมวิธีที่ฉีดพ่น โพแทสเซียมฟูลเวตมีค่าเท่ากับ 2.98 ก./กอ นอกจากนี้การใช้โพแทสเซียมฟูลเวต ยังส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดต่อรวงต่ำที่สุด น้ำหนักเมล็ดดีต่อกอต่ำที่สุด จึงส่งผลทำให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำที่สุด 940.31 กก./ไร่ ส่วนปริมาณมวลชีวภาพมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีมากที่สุดคือกรรมวิธีของโซเดียมฮิวมิน และ โซเดียมฮิวเมต เท่ากับ 83.75 และ 83.27 กรัม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Osman และคณะ (2013) ที่พบว่าการฉีดพ่นของกรดฮิวเมตและกรดฟูลเวตนำไปสู่การเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญของ น้ำหนักเมล็ด อัตราผลผลิตข้าวเปลือก และฟางข้าว



Table 1 The type of humic compound isolated from Leonardite and the basic chemical properties

Humic substances	OC (%)	OM (%)	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)	pH ^{1/}	EC ^{1/} (ds/cm)
Na-Humin	34.39 ^{ab}	59.29 ^{ab}	0.35 ^{ab}	1.360 ^a	3.72 ^a	7.73 ^a	2.91 ^c
Na-Humatec	25.97 ^c	44.78 ^c	0.49 ^a	1.360 ^a	3.86 ^a	1.39 ^d	24.63 ^b
Na-Fulvate	19.48 ^e	33.58 ^e	0.26 ^{ab}	1.353 ^{ab}	3.52 ^b	1.14 ^e	62.30 ^a
K-Humin	35.60 ^a	61.38 ^a	0.14 ^b	1.353 ^{ab}	3.74 ^a	6.20 ^b	2.45 ^c
K-Humatec	25.05 ^c	43.18 ^c	0.42 ^a	1.350 ^b	3.81 ^a	1.41 ^d	27.17 ^b
K-Fulvate	21.91 ^d	37.77 ^d	0.12 ^b	1.360 ^a	3.57 ^{ab}	1.23 ^{de}	64.30 ^a
F-test	**	**	**	**	**	**	**
CV (%)	3.15	3.15	6.63	3.15	0.49	2.85	21.08

Mean in the same column followed by the same upper case letters are not significantly different (p>0.05) DMRT

**significantly different at p< 0.01., ^{1/} Humic substances: water ratio as 1:10

Table 2 The rice yield components of KDML 105 affected by application of different humic substance

Treatment	plant height (cm.)	tiller number per plant	panicle number per plant	panicle length (cm.)	Grain number	
					FGN	UFGN
Control	152.22	12.89	12.22	27.08	126.10 ^c	27.02 ^{ab}
Na-Humin	146.11	13.33	13.22	27.99	134.71 ^c	16.88 ^b
Na-Humatec	146.67	15.44	15.33	26.35	143.79 ^{bc}	22.82 ^{ab}
Na-Fulvate	152.00	15.44	15.00	26.23	145.00 ^{bc}	25.56 ^{ab}
K-Humin	147.33	14.00	13.33	26.07	162.98 ^{ab}	30.91 ^{ab}
K-Humatec	159.44	15.00	13.78	25.17	173.79 ^a	13.17 ^b
K-Fulvate	153.78	14.56	14.22	27.12	178.76 ^a	38.55 ^a
F-test	ns	ns	ns	Ns	**	**
CV (%)	5.65	10.70	11.57	9.03	8.49	41.09

Mean of the same column followed by the same upper case letters are not significantly different (p>0.05) DMRT

ns= non significantly different (p>0.05) ** = significantly differences at p< 0.01

Table 3 The rice yield components of KDML 105 affected by application of different humic substance

Treatment	Seed setting rate (%)	Grain weight (g./plant)			grain yield (Kg./rai)	biomass (g./plant)
		FGW	UFGW	TGW		
Control	84.74 ^{ab}	55.29 ^{ab}	1.79 ^{ab}	57.07 ^{ab}	1095.85 ^{ab}	55.39 ^c
Na-Humin	89.63 ^a	49.39 ^b	1.03 ^b	50.42 ^b	968.02 ^b	83.75 ^a
Na-Humatec	84.14 ^{ab}	65.76 ^a	1.68 ^a	67.44 ^a	1294.93 ^a	83.27 ^a
Na-Fulvate	82.78 ^{ab}	54.62 ^{ab}	1.75 ^{ab}	56.37 ^{ab}	1082.30 ^{ab}	59.79 ^{bc}
K-Humin	81.43 ^{ab}	49.79 ^b	1.92 ^b	51.71 ^b	992.90 ^b	79.01 ^{ab}
K-Humatec	91.08 ^a	62.81 ^a	0.97 ^a	63.78 ^a	1224.53 ^a	76.95 ^{abc}
K-Fulvate	75.43 ^b	46.00 ^b	2.98 ^a	48.97 ^b	940.31 ^b	67.16 ^{abc}
F-test	**	**	**	**	**	**
CV (%)	6.41	12.11	49.94	11.02	11.20	15.87

Mean of the same column followed by the same upper case letters are not significantly different (p>0.05) DMRT

** significantly differences at p< 0.01

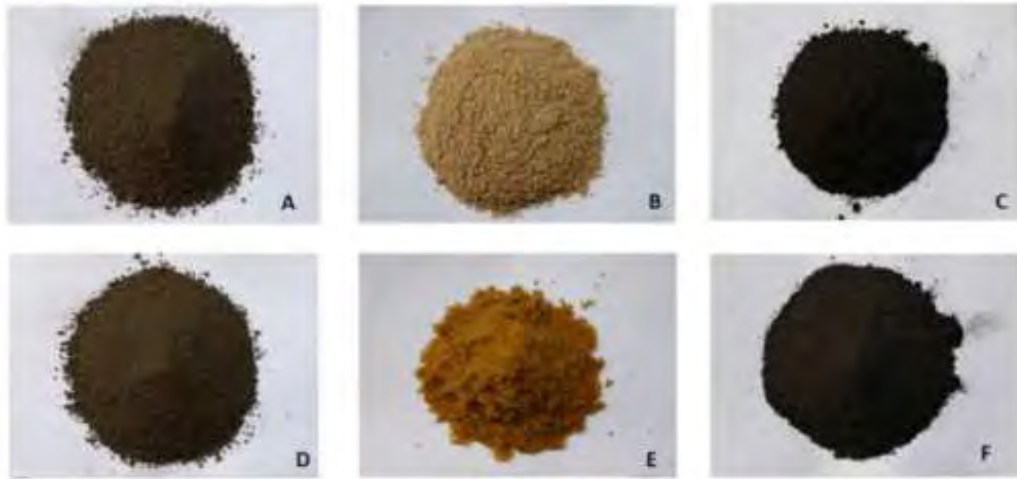


Figure 1 Appearance of humic compounds extract from Leonardite, Na-Humin (A) Na- Fulvate (B) Na-Humatec (C) K-Humin (D) K-Fulvate (E) K-Humatec (F)

สรุป

จากการศึกษาการสกัดสารฮิวมิกจากลีโอนาร์ไดต์ สารฮิวมิกที่สกัดได้แบ่งออกเป็น 6 ชนิด คือ โซเดียมฮิวมิน โซเดียมฮิวเมต โซเดียมฟุลเวต โพแทสเซียมฮิวมิน โพแทสเซียมฮิวเมต และโพแทสเซียมฟุลเวต และเมื่อวิเคราะห์สมบัติทางสารเคมีของสารฮิวมิกที่สกัดได้ พบว่า โดยส่วนใหญ่มีค่าความเป็นกรดสูง และค่าการนำไฟฟ้าในสารฮิวมิกบางชนิดมีค่าที่สูงจนเกินมาตรฐานจึงไม่เหมาะต่อการนำมาใช้ ส่วนปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมดฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด ก็ถือว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกรมวิชาการเกษตรแต่ยังมีปริมาณธาตุอาหารที่น้อยหากเทียบกับปุ๋ยอินทรีย์ทั่วไป และจากการศึกษาการใช้สารฮิวมิกแต่ละชนิดที่สกัดได้จากลีโอนาร์ไดต์ต้องคำนึงประกอบของผลผลิตข้าว ผลพบว่า ความสูงของต้น จำนวนต้นต่อกอ จำนวนรวงต่อกอ ความยาวรวงต่อกอ ที่ปลูกในแต่ละกรรมวิธีทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ในขณะที่ จำนวนเมล็ดดีต่อรวงมีมากสุดในกรรมวิธีที่ฉีดพ่นโพแทสเซียมฮิวเมต และ โพแทสเซียมฟุลเวต นอกจากนี้การใช้โพแทสเซียมฮิวเมต ยังส่งผลให้มีจำนวนเมล็ดลีบต่อรวงน้อยที่สุด ส่วนกรรมวิธีที่ฉีดพ่นด้วยโพแทสเซียมฟุลเวต มีจำนวนเมล็ดลีบมากที่สุด เพอร์เซ็นต์การติดเมล็ดต่อรวงพบว่ามีสูงที่สุดในกรรมวิธีที่ฉีดพ่น โพแทสเซียมฮิวเมต นอกจากนี้ส่งผลให้น้ำหนักเมล็ดดีต่อกอเพิ่มสูงขึ้น และกรรมวิธีที่ทำการฉีดพ่น โพแทสเซียมฮิวเมต และ โซเดียมฮิวเมต สามารถให้ผลผลิตต่อไร่สูงที่สุด นอกจากนี้การใช้โพแทสเซียมฟุลเวต ยังส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การติดเมล็ดต่อรวงต่ำที่สุด น้ำหนักเมล็ดดีต่อกอต่ำที่สุด น้ำหนักเมล็ดลีบต่อกอมีมากที่สุด จึงส่งผลทำให้ผลผลิตต่อไร่ต่ำ ส่วนปริมาณมวลชีวภาพพบว่ามีมากที่สุดคือกรรมวิธีของ โซเดียมฮิวมิน และ โซเดียมฮิวเมต แสดงให้เห็นว่าการใช้สารฮิวมิกแต่ละชนิดที่สกัดได้จากลีโอนาร์ไดต์ พบว่ามีผลต่อองค์ประกอบของผลผลิตข้าวค่อนข้างดี เนื่องด้วยสารฮิวมิกที่นำมาฉีดพ่นทางใบจะถูกดูดเข้าไปในเซลล์และทำหน้าที่ช่วยให้กระบวนการต่างๆ เช่น ช่วยให้รากยึดตัว ส่งเสริมการดูดธาตุอาหาร และการนำธาตุอาหารที่ดูดได้ไปใช้ในกระบวนการต่างๆ ในพืชดีขึ้น แต่ธาตุอาหารต่างๆ ที่พืชต้องการยังต้องมาจากดินเหมือนเดิม (ยงยุทธ, 2553) ดังนั้นหากจะเป็นเพิ่มประสิทธิภาพที่ดีที่สุดควรมีการใช้ร่วมกับทางดิน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย และขอขอบคุณคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยาที่สนับสนุนอุปกรณ์ในการทำวิจัย



เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2548. การแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ.เอกสารวิชาการ กรมวิชาการเกษตรฉบับที่ 8/2548
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพมหานคร.
- ยงยุทธ โอสธสภ. 2553. อีวมีสและกรดอีวมีค. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- วิวัฒน์ ไตรฤกุล, พลยุทธ สุขสมิตี และจินดารัตน์ โตกมลธรรม. 2552. การเตรียมสารประกอบเกลืออีวเมตจากดินปนถ่านหิน
จากเหมืองลิกไนต์แม่เมาะ จังหวัดลำปาง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี.
- สุชาดา โภชาตม, แสงดาว เขาแก้ว, พลยุทธ สุขสมิตี, คณพล จุฑามณี และ Gautier Landrot. 2556. การศึกษาลักษณะทาง
เคมีของลีโอเนิร์ดไคต์จากเหมืองลิกไนต์เพื่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร, น. 243-249. ใน รายงานการประชุม
ทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51 (สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม). มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- สุภานันท์ เงินน้อย. 2557. ผลของกรดอีวมีคที่สกัดจากลีโอเนิร์ดไคต์ต่อการเจริญเติบโตผลผลิต และปริมาณธาตุอาหารของ
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- Ayuso, M., T. Hernfindez, C. Garcia and J.A Pascual. 1996. Biochemical and chemical structural
characterization of different organic material used as manures. Bio resource Technology. 57: 201-
207.
- Ece, A.K., N. Eryigit and F. Uysal. 2007. The effect of leonardite applications on climbing bean yield and
the some soil properties. Agronomy. 6: 480-483.
- Kohanowski, N.N. 1970. Leonardite in North Dakota. North Dakota Quarterly. 38: 36-42.
- Osman E. A. M., A. A. EL- Masry and K. A. Khatab. 2013. Effect of nitrogen fertilizer sources and foliar spray
of humic and/or fulvic acids on yield and quality of rice plants. Adv. Appl. Sci. Res., 4(4):174-181

ผลการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวและการใช้ปุ๋ยน้ำสกัดต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวใน การทำนาในพื้นที่นาฝน

Effect of rice straw compost and compost tea application on growth and yield component of rice in rainfed area

ธีรวุฒิ ลากตระกุล¹, ศศิธร กุสุวรรณวิจิตร¹, สударัตน์ ตรีเพชรกุล^{2*}, แสงชัย เอกประทุมชัย² และทรงพล คุณศรีสุข¹

Teerawut Laptrakoon¹, Sasithorn Kusuwanwichid¹, Sudarut Tripetchkul^{2*},

Saengchai Akeprathumchai² and Songpon Koonsrisuk¹

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอิทธิพลของการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวและปุ๋ยน้ำสกัดต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวขาวดอกมะลิ105 ในระบบนาโยนอินทรีย์ในพื้นที่นาฝน การทดลองเป็นแบบ Factorial experimental design ขนาด 2x2 ประกอบด้วย 4 ชุดการทดลอง คือ 1) ไม่ใช้ทั้งปุ๋ยหมักฟางข้าวและปุ๋ยน้ำสกัด (T1) 2) ไม่ใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวและใช้ปุ๋ยน้ำสกัด (T2) 3) ใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวและไม่ใช้ปุ๋ยน้ำสกัด (T3) และ 4) ใช้ทั้งปุ๋ยหมักฟางข้าวและปุ๋ยน้ำสกัด (T4) ผลการศึกษาพบว่า การเจริญเติบโตของข้าวในด้านความสูงและจำนวนต้นต่อกอในช่วงระยะเวลาเดียวกันทั้ง 4 ชุดการทดลอง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่องค์ประกอบของผลผลิตข้าวในด้านจำนวนช่อดอกต่อรวง สัดส่วนเมล็ดดี น้ำหนักเมล็ดข้าว 1000 เมล็ด และผลผลิตข้าวของชุดการทดลอง T4 มีแนวโน้มสูงกว่าชุดการทดลอง T3, T2 และ T1 ทั้งนี้มีการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนเมล็ดดีและน้ำหนักเมล็ดข้าว 1000 เมล็ด ($P<0.05$) เป็นผลมาจากอิทธิพลร่วมระหว่างปุ๋ยหมักฟางข้าวและปุ๋ยน้ำสกัด ชุดการทดลอง T2 และ T4 ซึ่งมีการใช้ปุ๋ยน้ำสกัดมีพื้นที่การเกิดโรคใบแปลงร้อยละ 6.7 และ 6.1 ตามลำดับ ซึ่งต่ำกว่าชุดการทดลอง T1 และ T3 ที่ไม่มีการใช้ปุ๋ยน้ำสกัดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.042$) โดยการฉีดพ่นปุ๋ยน้ำสกัดมีอิทธิพลต่อการลดพื้นที่การเกิดโรคได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.003$)

คำสำคัญ: ปุ๋ยหมักฟางข้าว, ปุ๋ยน้ำสกัด, ผลผลิตข้าว, ข้าวขาวดอกมะลิ105, โรคข้าว

Abstract

Objective of this study is to investigate influence of rice straw compost and compost tea on growth and yield of 'parachute transplanted' KDML105 in rainfed area. 2*2 factorial experimental design containing 4 experimental runs: 1) no supplementation of both rice straw compost and compost tea (T1), 2) rice straw compost tea supplemented without compost addition (T2), 3) rice straw compost addition without compost tea supplementation (T3) and 4) supplementation of both rice straw compost and compost tea (T4). Results showed that the growth of rice in terms of height and number of tillers/hill within the same cultivating period of all treatments are not significantly different ($P>0.05$). However,

¹สถาบันพัฒนาและฝึกอบรมโรงงานต้นแบบ, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Pilot Plant Development and Training Institute, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150

²คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok 10150

*Corresponding author: sudarut.tri@kmutt.ac.th

performance in terms of the number of spikelet/panicle, healthy grains, weight of 1000 grains and total yield of Treatment 4 was found to be better than those of Treatments 1, 2 and 3. It was found further that an increase in the number of healthy grain and weight of 1000 grains ($P < 0.05$) appeared to be significantly influenced by an interaction between rice straw compost and compost tea. Further, disease affected area found for treatments 2 and 4 whereby rice straw compost tea was applied was found to be 6.7 and 6.1%, respectively, which is significantly less than those of treatments 1 and 3 ($P = 0.042$) where rice straw compost tea was omitted. Application of compost tea appeared to reduce the size of cultivated area affected by diseases significantly ($P = 0.003$)

Keywords: Rice straw compost, Compost tea, Rice yield, Thai rice KDML105, Rice disease

บทนำ

ข้าวถือเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยที่มีการส่งออกมากเป็นอันดับ 1 ของโลก ในการปลูกข้าวนอกจากจะได้ข้าวเป็นผลผลิตแล้ว ยังมีฟางข้าวเหลือทิ้งในพื้นที่จำนวนมากประมาณ 26.9 ล้านตัน/ปี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2559) แม้จะมีการนำไปใช้ประโยชน์บ้างแต่ยังคงเหลือตกค้างในพื้นที่จำนวนมาก เนื่องจากฟางข้าวมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของข้าว (นิภา และคณะ, 2556) การนำฟางข้าวใส่ลงไปในแปลงนาแล้วไถกลบทิ้งไว้น้อยกว่า 14 วัน ส่งผลให้ผลผลิตลดลง จำเป็นต้องหมักให้ได้อย่างน้อย 21-28 วัน (นิตยา และคณะ, 2551) ดังนั้นการนำฟางข้าวไปใช้ในการปรับปรุงคุณภาพดิน ในช่วงที่มีระยะเวลาในการจัดการปลูกข้าวจำกัดควรนำฟางข้าวมาทำปุ๋ยหมักเพื่อให้เกิดการย่อยสลายสมบูรณ์ก่อน รวมทั้งลดปัญหาการปนเปื้อนจากเชื้อก่อโรคที่อาจมีในฟางข้าวได้ (Simarmata *et al.*, 2012)

โรคข้าวถือเป็นปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่ส่งผลต่อผลผลิตข้าวให้ลดลง โรคข้าวที่สำคัญในประเทศไทย ได้แก่ โรคใบไหม้ อันมีสาเหตุจากการเข้าทำลายของเชื้อราก่อโรคกลุ่ม *Pyricularia* sp., โรคใบจุดสีน้ำตาล อันมีสาเหตุจากการเข้าทำลายของเชื้อราก่อโรคกลุ่ม *Helminthosporium* sp., โรครากเน่า โรคโคนเน่า โรคเมล็ดด่าง โรคราน้ำค้าง และ โรคยอดฝักดาบ อันมีสาเหตุจากการเข้าทำลายของเชื้อราก่อโรคกลุ่ม *Fusarium* sp., โรคขอบใบแห้ง และ โรคใบขีดโปร่งแสง อันมีสาเหตุจากการเข้าทำลายของแบคทีเรียก่อโรคกลุ่ม *Xanthomonas* sp., โรคใบสีส้ม อันมีสาเหตุจากการเข้าทำลายของเชื้อไวรัส *Rice Tungro Bacilliform Virus* (RTBV) และ *Rice Tungro Spherical Virus* (RTSV), โรคใบหงิก อันมีสาเหตุจากการเข้าทำลายของเชื้อไวรัส *Rice Ragged Stunt Virus* (RRSV) เป็นต้น (สำนักงานวิจัยและพัฒนาข้าว, 2555) ในปัจจุบันการป้องกันโรคข้าวส่วนใหญ่เกษตรกรจะใช้สารเคมีในการป้องกันและยับยั้งซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและตัวเกษตรกรเองได้

ปุ๋ยน้ำสกัดจากปุ๋ยหมัก (Compost tea) เป็นน้ำสกัดที่มาจากปุ๋ยหมักโดยมีการให้อากาศหรือไม่ให้อากาศที่ยังคงมีสารอาหารและจุลินทรีย์บางชนิดหลงเหลืออยู่ โดยเฉพาะกรดอินทรีย์และฮอร์โมนพืช (Ingham, 2005; Scheuerell, 2003; Scheuerell and Mahaffee, 2002) ตลอดจนสารประกอบอื่นๆ เช่น สารประกอบกลุ่มฟีนอลิก ได้แก่ เทนิน ซึ่งสารต่างๆ เหล่านี้รวมทั้งจุลินทรีย์มีผลต่อการเจริญเติบโต ของพืช รวมทั้งการยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคพืช จากการศึกษาที่ผ่านมา มีการนำปุ๋ยน้ำสกัดไปใช้ในการป้องกันและยับยั้งจุลินทรีย์ก่อโรคพืชในข้าว ในระดับห้องปฏิบัติการพบว่า ปุ๋ยน้ำสกัดจากเศษผักผลไม้ และ ปุ๋ยน้ำสกัดจากมูลไส้เดือน สามารถยับยั้งการเจริญของ *Fusarium moniliforme* ในข้าวได้ (Manandhar and Yami, 2008) อย่างไรก็ตามการทดสอบประสิทธิภาพการใช้ปุ๋ยน้ำสกัดต่อโรคพืชในข้าวมีการศึกษาค่อนข้างน้อย ดังนั้นงานวิจัยนี้สนใจศึกษาอิทธิพลของปัจจัยการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวและการใช้ปุ๋ยปุ๋ยน้ำสกัดฟางข้าวต่อการเจริญเติบโตองค์ประกอบผลผลิตข้าว และ การเกิดโรคในข้าวที่ปลูกแบบนาโยนอินทรีย์ในพื้นที่น่าน้ำฝน

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

แปลงนาสาธิต ณ หมู่บ้านหินแร่ ต.ท่ากระดาน อ.สนมชัยเขต จ.ฉะเชิงเทรา จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 35 มีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย มีการระบายน้ำดีถึงปานกลาง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมาก (4.5-6.0) ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ โดยมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ประมาณ 1.9%, 0.14%, 16 ppm และ 32 มก./กก. ตามลำดับ

ชุดการทดลอง

การวางแผนการทดลองแบบ Factorial experimental design ขนาด 2x2 โดยมีปัจจัยที่ 1 คือ ไม่ใส่ปุ๋ยหมักและใส่ปุ๋ยหมัก ปัจจัยที่ 2 คือ ไม่ฉีดพ่นและฉีดพ่นปุ๋ยน้ำสกัด มี 4 ชุดการทดลอง คือ 1) ไม่ใช้ทั้งปุ๋ยหมักพางข้าวและปุ๋ยน้ำสกัด (T1, NC+NCT) 2) ไม่ใส่ปุ๋ยหมักพางข้าวและใช้ปุ๋ยน้ำสกัด (T2, NC+CT) 3) ใช้ปุ๋ยหมักพางข้าวและไม่ใช้ปุ๋ยน้ำสกัด (T3, C+NCT) และ 4) ใช้ทั้งปุ๋ยหมักพางข้าวและปุ๋ยน้ำสกัด (T4, C+CT) แต่ละแปลงขนาดประมาณ 2*2 ตร.ม. จำนวน 3 ซ้ำ

การเตรียมปุ๋ยหมักพางข้าวและปุ๋ยน้ำสกัด

การทำปุ๋ยหมักพางข้าว: โดยใช้สัดส่วน พางข้าว: มูลวัว ในสัดส่วน 5: 1 (โดยปริมาตร) ปรับความชื้นประมาณร้อยละ 60-70 ตลอดระยะเวลาการหมัก หมักปุ๋ยเป็นระยะเวลา 30 วัน สมบัติทางกายภาพและเคมีของของปุ๋ยหมัก (AOAC, 1995) ดังแสดงใน Table 1

การทำปุ๋ยน้ำสกัด: โดยใช้สัดส่วน ปุ๋ยหมักพางข้าว: กากน้ำตาล: น้ำ ในสัดส่วน 1: 1: 10 (โดยน้ำหนัก) มีการเติมอากาศเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ทำการกรองนำส่วนสารละลายไปใช้ โดยใช้สัดส่วนปุ๋ยน้ำสกัด: น้ำ ในสัดส่วน 1: 500 (โดยน้ำหนัก) สมบัติทางกายภาพและเคมีของปุ๋ยน้ำสกัด (AOAC, 1995) แสดงใน Table 1

Table 1 Physical and chemical properties of rice straw compost and compost tea

parameter	Compost	Compost tea
pH	7.56±0.07	5.03±0.06
Moisture content (MC) (%)	56.61±0.9	94.14±0.2
Organic matter (OM) (%)	52.49±2.6	84.49±0.04
Total carbon (TC) (%)	29.16±1.46	46.94±0.02
Nitrogen (N) (%)	1.63±0.03	0.08±0.01
Acidity (%)	-	0.4±0.1
Available Phosphorus (P) (%)	0.07±0.002	0.02±0.003
Available Potassium (K) (%)	1.3±0.013	0.08±0.0006
Total phenolic compound (TPC) (mg/L)	-	2151.5±189.2
Total bacteria (CFU/ml)	1.5×10 ⁵	2.4×10 ⁶
Fungi (CFU/ml)	8.5×10 ⁴	1.6×10 ⁵

วิธีการปลูกข้าว

การทดลองปลูกข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในพื้นที่นาฝน โดยรูปแบบการปลูกข้าวเป็นแบบนาโยนอินทรีย์ โดย เริ่มปลูกข้าวช่วงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2559 และเก็บเกี่ยวผลผลิตในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2559

การปลูกเริ่มจากการเตรียมดินโดยการตีดินให้เป็นตมก่อนการโยนกล้าข้าวพร้อมกับมีการใส่ปุ๋ยหมักพางข้าวปริมาณ 280 กก./ไร่ ลงในชุดทดลอง T3 และ T4 หลังจากโยนกล้าข้าวระยะห่าง 20x20 เซนติเมตร ในระหว่างการปลูกข้าวมีการรักษาระดับน้ำให้อยู่ประมาณ 5-10 เซนติเมตร มีการฉีดพ่นปุ๋ยน้ำสกัดทุก 14-20 วัน (Edwards *et al.*, 2010) โดยเริ่มฉีด

พ่นครั้งแรกในช่วงข้าวตั้งต้น (ข้าวอายุ 30 วัน) และเว้นช่วงของการฉีดพ่นในช่วงข้าวแทงช่อดอก และฉีดอีกครั้งเมื่อข้าวออกรวงสมบูรณ์

การตรวจวัด

การเจริญเติบโต: วัดความสูงและจำนวนต้น/กอ ในช่วงข้าวตั้งต้น แตกกอ ตั้งท้อง และเก็บเกี่ยว โดยมีอายุข้าวประมาณ 10, 50, 80 และ 120 วัน ตามลำดับ

การเกิดโรคและแมลง: วัดพื้นที่การเกิดโรค โดยถ่ายภาพและนำภาพมาคำนวณหาพื้นที่การเกิดโรคโดยใช้โปรแกรม Photoshop (ธีรวิทย์ และคณะ, 2558) และวัดการกระจายตัวของโรคโดยการนับใบข้าวที่ติดโรคต่อกอ

องค์ประกอบผลผลิตข้าว: ในช่วงเก็บเกี่ยวทำการเก็บตัวอย่างข้าวเพื่อนับ จำนวนช่อดอก/รวงข้าว จำนวน จำนวนเมล็ดต่อรวง สัดส่วนเมล็ดดี น้ำหนักเมล็ดข้าว 1000 เมล็ด (เก็บตัวอย่าง 10 ซ้ำ/แปลง) และเก็บตัวอย่างผลผลิตข้าว

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

วิเคราะห์ค่าความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี F-test โดยใช้โปรแกรม MINITAB15

ผลและวิจารณ์

1) ความสูงและจำนวนต้นต่อกอของข้าว

Figure 1 และ Figure 2 แสดงการเจริญเติบโตของข้าวด้านความสูงและจำนวนต้นต่อกอ พบว่า ความสูงของต้นข้าว และจำนวนต้นต่อกอของข้าวทั้ง 4 ชุดการทดลองในช่วงระยะเวลาการเจริญเติบโตเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แสดงให้เห็นว่าอิทธิพลของการปรับปรุงดินโดยใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวและการใช้ปุ๋ยน้ำสกัดจากปุ๋ยหมักฟางข้าวไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวในด้านความสูงและจำนวนต้นต่อกอที่ระยะการเจริญเติบโตของข้าวต่างๆ กัน ผลการศึกษาสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมารายงานว่า การใส่ฟางข้าวหรือปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยเคมีไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวทางด้านความสูงและจำนวนต้นต่อกอของข้าว (Yang *et al.*, 2010; Turmuktini *et al.*, 2012)

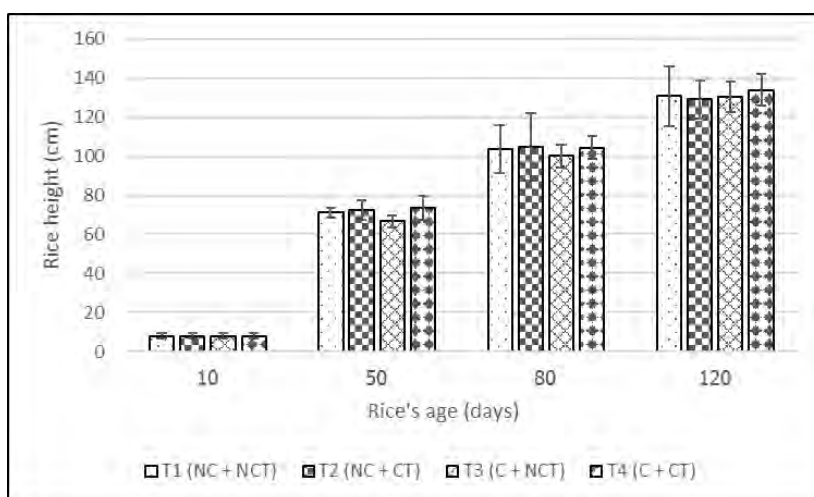


Figure 1 Height of transplanted rice at different stage of growth :

-  not used both rice straw compost and compost tea (T1)
-  not used rice straw compost and used compost tea (T2)
-  used rice straw compost and not used compost tea (T3)
-  used both rice straw compost and compost tea (T4)

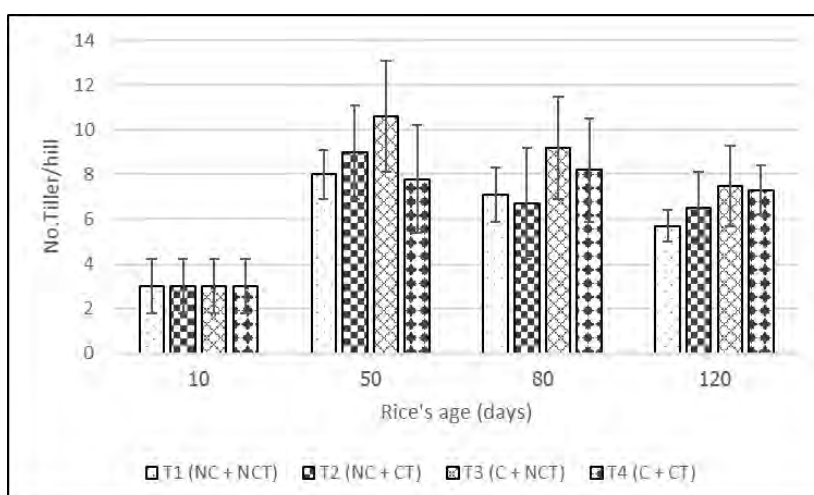


Figure 2 Number of tiller/hill of transplanted rice at different stage of growth :

-  not used both rice straw compost and compost tea (T1)
-  not used rice straw compost and used compost tea (T2)
-  used rice straw compost and not used compost tea (T3)
-  used both rice straw compost and compost tea (T4)

2) ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตข้าว

Table 2 แสดงองค์ประกอบของผลผลิตและผลผลิตข้าวในช่วงเก็บเกี่ยว พบว่า จำนวนเมล็ดข้าวต่อรวงทั้ง 4 ชุดการทดลอง มีค่าอยู่ในช่วง 84-103 เมล็ด/รวง ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) แต่จำนวนข้อดอกต่อรวง สัดส่วนเมล็ดดี และน้ำหนักเมล็ดข้าว 1000 เมล็ด รวมทั้งผลผลิตข้าวของชุดการทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าว (T3 และ T4) มีแนวโน้มสูงกว่าชุดการทดลองที่ไม่มีการปรับปรุงคุณภาพดิน (T1 และ T2) จากการวิเคราะห์ ANOVA (Table 3) พบว่าการใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวมีอิทธิพลต่อคุณภาพเมล็ดข้าวในด้าน จำนวนข้อดอกต่อรวง น้ำหนักเมล็ดข้าว 1000 เมล็ด และผลผลิตข้าว ($P<0.05$) ในขณะที่การใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวและปุ๋ยน้ำสกัดมีอิทธิพลร่วมกันต่อคุณภาพเมล็ดข้าวในด้าน สัดส่วนเมล็ดดีและน้ำหนักเมล็ดข้าว 1000 เมล็ด ($P<0.05$) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปุ๋ยน้ำสกัดนอกจากมีธาตุอาหารแล้วยังมีสารประกอบอื่นๆ เช่น Phenolic compound (Table 1) ซึ่งมีรายงานว่าช่วยป้องกันและยับยั้งจุลินทรีย์ที่ก่อโรคพืช (Hargreaves *et al.*, 2009) และฮอร์โมนพืชซึ่งอาจช่วยในการพัฒนาของเมล็ดข้าว (Watanabe *et al.*, 2009; Atia, 2013)

Table 2 Yield and yield components of transplanted rice at harvest stage

Treatment	No.spikelet/panicle	No.grain/panicle	%healthy grain	Grain weight 1000 (g)	yield (kg/rai)
T1 (NC + NCT)	8.9±2.7 ^b	102.9±32.8 ^a	89.7±7.6 ^b	25.7±0.4 ^b	305±5 ^c
T2 (NC + CT)	10.2±2 ^{ab}	88.3±27.4 ^a	89.7±7.2 ^b	27.2±0.6 ^a	343±39 ^{bc}
T3 (C + NCT)	11.3±1.8 ^{ab}	84±30.9 ^a	90.7±5.5 ^b	26.9±0.4 ^a	386±12 ^{ab}
T4 (C + CT)	12.5±3.7 ^a	97.4±20.2 ^a	93.6±6.8 ^a	27.3±0.4 ^a	411±27 ^a
%CV	27.4	30.2	7.2	2.9	13.1

Mean ± Standard Deviation, means in the column followed by the same letters are not significantly different at $p<0.05$ T1 is not used both rice straw compost and compost tea, T2 is not used rice straw compost and used compost tea, T3 is used rice straw compost and not used compost tea and T4 is used both rice straw compost and compost tea

3) การเกิดโรค

โรคที่ตรวจพบในแปลง ได้แก่ โรคใบไหม้ ใบด่าง ขอบใบแห้ง จากการตรวจวัดการเกิดโรคโดยจุลินทรีย์เชิงพื้นที่ การเกิดโรคในแปลงและจำนวนใบที่เกิดโรคต่อจำนวนใบทั้งหมดต่อกอ พบว่า ชุดการทดลองที่มีการฉีดพ่นปุ๋ยน้ำสกัดในชุดการทดลอง T2 และ T4 แม้จะมีจำนวนใบที่เกิดโรคต่อกอไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับชุดการทดลอง T1 และ T3 ซึ่งไม่มีการฉีดพ่นปุ๋ยน้ำสกัดแต่มีการกระจายของโรคซึ่งวัดในเชิงพื้นที่การเกิดโรคในแปลงต่ำกว่าชุดการทดลอง T1 และ T3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) (Figure 3) จากการวิเคราะห์ ANOVA (Table 3) พบว่า การใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวและปุ๋ยน้ำสกัดมีอิทธิพลร่วมต่อการลดพื้นที่การเกิดโรค ($P = 0.042$) แต่ปุ๋ยน้ำสกัดมีอิทธิพลต่อการลดพื้นที่การเกิดโรคมกกว่าปุ๋ยหมักฟางข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P = 0.003$) (Table 3) ทั้งนี้อาจเนื่องจากจุลินทรีย์และสารประกอบในปุ๋ยน้ำสกัดบางชนิด เช่น กลุ่มฟีนอลิก โดยเฉพาะเทนนิน (Table 1) มีอิทธิพลในการยับยั้งเชื้อก่อโรค (Manandhar and Yami, 2008; Ferreira *et al*, 2012; Sayago-Ayerdi *et al*, 2013)

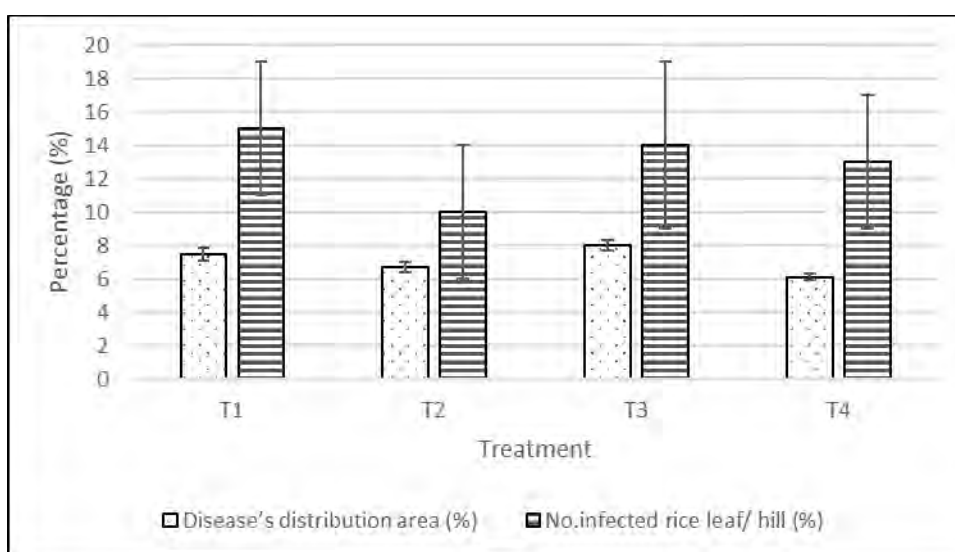


Figure 3 Disease's distribution on paddy field area at Flowering Stage: T1 is not used both rice straw compost and compost tea, T2 is not used rice straw compost and used compost tea, T3 is used rice straw compost and not used compost tea and T4 is used both rice straw compost and compost tea,  Disease's distribution area (%) and  No infected rice leaf/ hill (%)

Table 3 Analysis of Variance for compost and compost-tea effect on disease's distribution, yield and yield components of rice

Parameter	Effect	DF	P-Value	R-Sq
Disease's distribution area (%)	Compost	1	0.818	92.89
	Compost-tea	1	0.003*	
	Compost*Compost-tea	3	0.042*	
	Error	4		
No.infected rice leaf/ total No.rice leaf in hill	Compost	1	0.395	84.13
	Compost-tea	1	0.020*	
	Compost*Compost-tea	3	0.069	
	Error	4		
No.spikelet/panicle	Compost	1	0.009*	21.6
	Compost-tea	1	0.148	
	Compost*Compost-tea	3	0.953	
	Error	4		
No.grain/panicle	Compost	1	0.587	7.12
	Compost-tea	1	0.947	
	Compost*Compost-tea	3	0.126	
	Error	4		
%healthy grain	Compost	1	0.039*	68.31
	Compost-tea	1	0.116	
	Compost*Compost-tea	3	0.118	
	Error	4		
Grain weight 1000 (g)	Compost	1	0.000*	68.31
	Compost-tea	1	0.000*	
	Compost*Compost-tea	3	0.000*	
	Error	4		
yield (kg/rai)	Compost	1	0.012*	84.8
	Compost-tea	1	0.147	
	Compost*Compost-tea	3	0.712	
	Error	4		

สรุป

การใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวในการปรับปรุงดินก่อนปลูกข้าวและ/หรือการใช้ปุ๋ยน้ำสกัดจากปุ๋ยหมักฟางข้าวในการฉีดพ่นข้าวทุก 14-20 วัน ในช่วงข้าวตั้งต้น แตกกอ ตั้งท้อง และออกรวง ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวด้านความสูงและจำนวนต้นตอก รวมทั้งองค์ประกอบผลผลิตข้าวในด้าน จำนวนเมล็ดข้าวต่อต้น แต่มีอิทธิพลร่วมกันต่อพื้นที่การกระจายตัวของโรคในแปลงนาและคุณภาพของผลผลิตข้าวในด้าน จำนวนช่อดอกต่อรวง สัดส่วนเมล็ดดี และน้ำหนักเมล็ดข้าว 1000 เมล็ด ทั้งนี้ การปรับปรุงดินโดยใช้ปุ๋ยหมักฟางข้าวในอัตรา 280 กก./ไร่ ร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยน้ำสกัดให้ผลผลิตข้าวสูงกว่าและพื้นที่การเกิดโรคต่ำกว่าชุดทดลองที่ไม่มีการปรับปรุงดินและไม่ฉีดพ่นปุ๋ยน้ำสกัดประมาณร้อยละ 35 และ 22 ตามลำดับ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช) ในการให้ทุนสนับสนุนการวิจัยโครงการ “การพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการทำปุ๋ยหมักฟางข้าวและปุ๋ยน้ำสกัดจากปุ๋ยหมักฟางข้าวเพื่อใช้ในการทำนาอินทรีย์ในพื้นที่นาข้าวปน ภูมิศึกษา: เกษตรกรชุมชนหินแร่ ต.ท่ากระดาน อ.สนามชัยเขต จ.ฉะเชิงเทรา” ประจำปีงบประมาณ 2559 ขอขอบคุณ คุณศิริยา คำพิลา (พี่ต่าย) และศักดิ์ชัย ชาทาดี (พี่ชัย) จากมูลนิธิวนเกษตรเพื่อสังคม ในการช่วยเหลือประสานงานการทำงานในพื้นที่ ขอขอบคุณครอบครัวของนายกิจเจริญ บุญรอด ในการเอื้อเฟื้อสถานที่ในการวิจัย และขอขอบคุณกลุ่ม “เกษตรกรพึ่งตน คนอินทรีย์ บ้านหินแร่” ในการร่วมปฏิบัติและการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2559. ชนิดและปริมาณวัสดุต่อซังของประเทศไทย. <http://mordin.ddd.go.th/nana/web-ddd/soil/Page11.htm>. [เข้าถึงเมื่อ 22 ธันวาคม 2559]
- ธีรฤดี ลากตระกุล, สุภารัตน์ ตรีเพชรกุล และแสงชัย เอกประทุมชัย. 2558. การใช้โปรแกรม Photoshop ในการหาพื้นที่ผิว/ใบจากภาพถ่ายดิจิทัล. การประชุมทางวิชาการครั้งที่ 53. สาขาพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 33.
- นิตยา รื่นสุข, ประนอม มงคลบรรจง, เฉลิมชาติ ฤาไชยคาม และวาสนา อินแถลง. 2551. การจัดการฟางข้าวในพื้นที่ทำนาอย่างต่อเนื่อง. วารสารวิชาการข้าว. ปีที่ 2. ฉบับที่ 1 มกราคม-เมษายน 2551. หน้า 35-46.
- นิภา ธรรมโสม, มัจฉา แก้วพิลา, ดวงสมร ตูลาพิทักษ์, เกษสุตา เดชพิมล, พชรินทร์ ส่งศรี และ พชร แสนจันทร์. 2556. ผลของอัตราฟางข้าวต่อผลผลิตข้าวและการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจก. Khon Kaen AGR.J.. 41(2): 33-38.
- สำนักงานวิจัยและพัฒนาข้าว กรมการข้าว. 2555. “องค์ความรู้เรื่องข้าว : ศัตรูข้าวและการป้องกันกำจัด”. อ้างอิงจาก <http://www.brrd.in.th/rkb/disease%20and%20insect/index.php-file=content.php&id=133.htm> [เข้าถึงเมื่อ 19 กันยายน 2556]
- Association Office Analytical Chemists International (AOAC). 1995. Official Methods of Analysis. 16th ed. The Association Office Agricultural Chemists. Virginia.
- Atia, R.H. 2013. Effect of compost, compost tea and humic substances enriched with K or Zn on rice yield and net return under nitrogen forms and levels. Soil Sci and Agric J. Mansoura Univ. 4(3): 245-257.
- Edwards, C.A., N.Q. Arancon, M. Vasko-Bennett, A. Askar, G. Keeney and B. Little. 2010. Suppression of green peach aphid (*Myzus persicae*) (Sulz.). citrus mealybug (*Planococcus citri*) (Risso.). and two spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) (Koch.) attacks on tomatoes and cucumbers by aqueous extracts from vermicomposts. Crop protection. 29: 80-93.
- Ferreira, P.R.B., C.S.O. Mendes, C.G. Rodrigues, J.C.M. Rocha, V.D.A. Royo, H.M. Valerio and D.A.D. Oliveira. 2012. Antibacterial activity tannin-rich fraction from leaves of *Anacardium humile*, Ciencia Rural. Santa Maria. 42(10): 1861-1864.
- Hargreaves, J.C., M.S. Adl and P.R. Warman. 2009. The effects of municipal solid waste compost and compost tea on mineral element uptake and fruit quality of strawberries. Compost Science and Utilization Journal. 17(2): 1849-1858.
- Ingham, E. 2005. The compost tea brewing manual. US Printings. Soil Foodweb Incorporated. Oregon.

- Manandhar, T. and K.D. Yami. 2008. Biological control of foot root disease of rice using fermented products of compost and vermicompost. *Scientific World*. 6(6): 52-57.
- Sayago-Ayerdi, S.G., C.L. Moreno-Hernandez, E. Montalvo-Gonzalez, M.L. Garcia-Magana, M. Mata-Montes de Oca, J.L. Torres and J.P. Jimenez. 2013. Mexican ‘Ataulfo’ mango (*Mangifera indica* L) as a source of hydrolysable tannins. Analysis by MALDI-TOF/TOF MS. *Food research international*. 51: 188-194.
- Scheuerell, S.J. 2003. understanding how compost tea can control disease. *BioCycle*. 44(2): 20-25.
- Scheuerell, S.J. and W.F. Mahaffee. 2002. Compost Tea: Principles and Prospects for Plant Disease Control. *Compost Science and Utilization*. 10: 313-338.
- Simarmata, T, T. Turmuktini, A. Citraresmini and B. Joy. 2012. Application of straw compost and biofertilizers to remediate the soils health and to increase the productivity of paddy rice in Indonesia, Conference on International Research on Food Security. Natural Resource Management and Rural Development organize. Georg-August University and University of Kassel-Witzenhausen.
- Turmuktini, T., E. Kantikowati, B. Natalie, M. Setiawati, Y. Yuwariah, B. Joy and T. Simarmata. 2012. Restoring the Health of Paddy Soil by Using Straw Compost and Biofertilizers to Increase Fertilizer Efficiency and Rice Production with Sobari (System of Organic Based Aerobic Rice Intensification) Technology. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*. 2(4): 519 - 526.
- Watanabe, T., L.H. Mna, D.M. Vien, V.T. Khang, N.N. Ha, T.B. Linh and O. Ito. 2009. Effects of continuous rice straw compost application on rice yield and soil properties in the Mekong Delta. *Soil Science and Plant Nutrition*. 55(6): 754-763.
- Yang, CH., T.K. Kim, J.H. Ryu, S.B. Lee, S. Kim, N.H. Baek, W.Y. Choi and S.J. Kim. 2010. Effect of rice straw application on soil physic-chemical properties. 19th World Congress of Soil Science. Soil Solutions for a Changing World. 1-6 August 2010. Brisbane, Australia. Published on DVD.

การจัดการปุ๋ยมันสำปะหลังเฉพาะพื้นที่ในแหล่งปลูกจังหวัดอุทัยธานี

Fertilizer management of cassava production for a specific area in Uthai Thani province

สุภาพร สุขโต^{1*}, สมบัติ บวรพรเมธี¹, กำพลศักดิ์ สุขโต¹, สัจด์ ดวงแก้ว¹, ปัญญา พุกสุน² และนิลุบล ทวีกุล²

Supaporn Sukto^{1*}, Sombut Bowonporn¹, Kampolsak Sukto¹, Sangud Duangkeaw¹,

Panya Pooksoon² and Nilubon Taweekul²

บทคัดย่อ

การจัดการปุ๋ยมันสำปะหลังเฉพาะพื้นที่ ได้ดำเนินการในแหล่งปลูกมันสำปะหลังจังหวัดอุทัยธานี ในช่วงปี พ.ศ. 2556 – 2559 เพื่อยกระดับผลผลิต และขยายผลสู่เกษตรกร โดยการคัดเลือกพื้นที่ วิเคราะห์พื้นที่ ทดสอบเทคโนโลยี ขยายผลสู่เกษตรกร และการถ่ายทอดความรู้ ผลการดำเนินงานจากคัดเลือกพื้นที่เพื่อทำการทดสอบและขยายผล ประกอบไปด้วยบริเวณที่มีพื้นที่ปลูก หนาแน่น ในเขตปริมาณน้ำฝน 1,000-1,200 มิลลิเมตรต่อปี ลักษณะเนื้อดินร่วนปนทราย จำนวน 23 แปลง เนื้อดินทรายจำนวน 7 แปลง เนื้อดินร่วนจำนวน 1 แปลง และเนื้อดินทรายปนร่วนจำนวน 9 แปลง รวม 38 แปลง ปัญหาสำคัญของเกษตรกรในพื้นที่ แหล่งปลูกคือเกษตรกรมีการใช้ปุ๋ยไม่ถูกต้องเหมาะสม ขาดการปรับปรุงบำรุงดิน และการเลือกพันธุ์ปลูกไม่เหมาะสมกับพื้นที่ จึงได้นำเทคโนโลยีการจัดการดินและปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน และพันธุ์มันสำปะหลังที่เหมาะสมกับพื้นที่ ทดสอบเปรียบเทียบกับวิธีปฏิบัติของเกษตรกร ที่ปลูกปลายฤดูฝนระหว่างปี 2556-2558 พบว่ามันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 11 ที่ระยะปลูกระหว่างต้น 0.80 เมตร ระยะระหว่างแถว 1.0 เมตร ก่อนปลูกหว่านปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ แล้วไถคลุกกับดิน และใส่ปุ๋ยเคมีตามค่า วิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตเฉลี่ยและผลตอบแทนรายได้เฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 58.5 และ 0.5 ตามลำดับ ในปี 2559 นำเทคโนโลยี ดังกล่าวขยายผลสู่การใช้ประโยชน์ โดยบูรณาการร่วมกับหน่วยงานภาครัฐและเอกชน ในพื้นที่แหล่งปลูกมันสำปะหลังของจังหวัด อุทัยธานีและจังหวัดสุพรรณบุรี สามารถสร้างเครือข่ายการเรียนรู้ของเกษตรกรได้ 5 กลุ่ม ในพื้นที่ 4 อำเภอของจังหวัดอุทัยธานี มีจำนวนสมาชิกรวม 155 คน มีพื้นที่ปลูกรวม 1,546 ไร่ และถ่ายทอดความรู้ให้แก่เกษตรกรในรูปแบบการจัดนิทรรศการ การ ฝึกอบรม และการจัดงานถ่ายทอดเทคโนโลยี รวม 22 ครั้ง มีเกษตรกรและผู้สนใจเข้าร่วมงานรวม 3,730 คน

คำสำคัญ: มันสำปะหลัง การจัดการปุ๋ย ค่าวิเคราะห์ดิน เฉพาะพื้นที่ เพิ่มผลผลิต

¹ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุทัยธานี ต.เขากวางทอง อ.หนองฉาง จ.อุทัยธานี

Uthai Thani Agricultural Research and Development Center, Khao kwangthong, Nong chang district, Uthai Thani

²สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 ต.บางหลวง อ.สรรพยา จ.ชัยนาท

Office of Agricultural Research and Development Region 5, Bangluang, Sappapa district, Chainat

*corresponding author supaporn.suk@gmail.com.

Abstract

Fertilizer management of cassava production for a specific area was carried out in Uthai Thani province during 2013 – 2016. Aims of this study were to raise cassava yield and expand the fertilizer application based on soil analysis technology to farmers. The procedures consisted of target area selection, the area analysis, on farm test of technology, expanding and transferring technology. Results showed that an area with dense cassava production plots was selected for on farm testing and expanding of technology. The area located under annual rainfall of 1,000 – 1,200 mm with number of plots under sandy loam, sand, loam, and loamy sand were 23, 7, 1 and 9 plots, respectively. The major problems for cassava production in this area were improper fertilizer used, lacking of soil fertility improvement and unsuitable cassava varieties used. Therefore, technologies of soil and fertilizer management based on soil analysis and suitable cassava variety for the area were tested to compare with farmer's practice at late rainy planting cassava during 2013 to 2015. The test results showed that cassava var. Rayong 11 planted with spacing of 1.0 m between rows and 0.8 m between plants in a row, 500 kg/rai of chicken manure incorporation before planting, and soil analysis based fertilizer application provided 58.5 % average yield and 0.5 average benefit cost ratio higher than those from the farmer's practices. In 2016, the technologies were expanded to other cassava planting area in Uthai Thani and Suphan Buri provinces by the cooperation between government and private sectors. Therefore 5 learning networks of farmers with 115 members and planting area of 1,546 rais were established in 4 districts of Uthai Thani. In additions, the technologies were transferred through exhibition, training and field day for 22 times with 3,730 attended farmers.

Keywords: cassava, fertilizer management, soil analysis, specific area, increase productivity

บทนำ

จังหวัดอุทัยธานี มีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังมากเป็นอันดับ 7 ของภาคกลางภาคตะวันตก ในปี 2558 พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นเป็น 155,753 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 11.5 ของปี 2557 ผลผลิตเฉลี่ย 3.5 ตันต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) จากการวิเคราะห์พื้นที่พบว่า แหล่งปลูกที่สำคัญอยู่ในอำเภอลานสัก บ้านไร่ สว่างอารมณ์ และห้วยคต ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในเขตที่มีปริมาณน้ำฝน 1,000-1,200 มิลลิเมตรต่อปี ร้อยละ 78.4 ลักษณะเนื้อดินที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่จะเป็นเนื้อดินร่วนปนทราย ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ขาดการปรับปรุงดิน ทำให้สภาพดินเสื่อมโทรม (กรมวิชาการเกษตร, 2553) และเกษตรกรใช้ปุ๋ยไม่ถูกต้องเหมาะสมกับสภาพแปลงปลูกทั้งสูตรปุ๋ย ปริมาณ ช่วงเวลา และ วิธีการใส่ปุ๋ย ซึ่งปุ๋ยที่เกษตรกรใช้ส่วนใหญ่สูตร 15-15-15 16-20-0 46-0-0 และ 27-12-6 เป็นต้น และปริมาณที่ไม่ถูกต้อง เช่น การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไป พืชเจริญเติบโตเพิ่มขึ้น (Cock, 1975; Howeler, 2002) พืชหักการแบ่งเซลล์ของรากลดลง (จิราภรณ์, 2557) ทำให้ผลผลิตลดลง (Jakchaiwat *et al.*, 2013) และเกษตรกรใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมไม่เพียงพอ การสร้างและเคลื่อนย้ายแป้งกับน้ำตาลไปสะสมในหัวจึงลดลง (กรมพัฒนาที่ดิน, มปป) ทำให้ผลผลิตและคุณภาพต่ำ (Anonymous, 2017) ทั้งนี้เกษตรกร ไม่ใส่ปุ๋ยรองพื้น โดยเฉพาะฟอสฟอรัสที่ช่วยกระตุ้นการเจริญของราก (วีระวัฒน์, 2558) ซึ่งปุ๋ยรองพื้นจะช่วยให้ การดูดอาหารดีขึ้น และผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น (Gordon, 1999) อีกทั้งเกษตรกรใส่ปุ๋ยแล้วไม่กลบปุ๋ย จะทำให้สูญเสียปุ๋ยไปกับการชะล้างและการระเหิด ผลผลิตและคุณภาพจึงลดต่ำลง

(สรสิทธิ์ และคณะ, 2527) จากการจัดการแปลงมันสำปะหลังและสภาพแวดล้อมที่ต่างกันส่งผลให้ศักยภาพการผลิตมันสำปะหลังมีความแตกต่างกัน การนำองค์ความรู้จากผลงานวิจัยถ่ายทอดสู่เกษตรกรเพื่อพัฒนาศักยภาพการผลิต จึงควรเป็นเทคโนโลยีที่มีขั้นตอนการปฏิบัติไม่ยุ่งยาก สามารถเผยแพร่และใช้เป็นแหล่งเรียนรู้เพื่อให้เกษตรกรนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่ของตนเองได้ โดยบูรณาการร่วมกับหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐ และเอกชน ในรูปแบบของการถ่ายทอดความรู้ และการจัดทำแปลงต้นแบบ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลัง และสร้างเครือข่ายการเรียนรู้ ก่อให้เกิดการนำเทคโนโลยีไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับพื้นที่ในแหล่งปลูกต่าง ๆ ของจังหวัดอุทัยธานี

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการ ณ แปลงเกษตรกร จังหวัดอุทัยธานี จำนวน 38 แปลง ระหว่างเดือนตุลาคม 2556 – ธันวาคม 2559 ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การคัดเลือกพื้นที่ดำเนินการ โดยใช้ข้อมูลพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง (Digital file) ปี 2554 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2554) มาวิเคราะห์เชิงซ้อน กับแผนที่ชุดดิน (Digital file) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2544) และแผนที่เขตภูมิอากาศจากกรมอุตุนิยมวิทยา วิเคราะห์สภาพแวดล้อมของแหล่งปลูกมันสำปะหลัง เพื่อกำหนดพื้นที่เป้าหมายดำเนินการและขยายผล โดยพิจารณาจากพื้นที่ที่มีการปลูกมันสำปะหลังหนาแน่น 2) การวิเคราะห์พื้นที่การผลิตมันสำปะหลังในพื้นที่เป้าหมาย โดยการสำรวจพื้นที่ปลูกรายแปลง เพื่อรวบรวมข้อมูลการปฏิบัติและปัญหาการผลิตของเกษตรกรในพื้นที่ และวางแผนการดำเนินงาน 3) การทดสอบเทคโนโลยี ประกอบด้วย 2 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 สุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนเตรียมดินปลูก 1-2 เดือน ที่ความลึก 10-15 เซนติเมตร (กรมพัฒนาที่ดิน, มปป.) เพื่อวิเคราะห์หาอินทรีย์วัตถุในดิน เนื้อดิน ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง พอสפורัสที่เป็นประโยชน์ และ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และนำมาคำนวณปริมาณธาตุอาหารตามค่าวิเคราะห์ดิน (Table 1) ปลูกมันสำปะหลัง ก่อนปลูกหว่านมูลไก่เกลบ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ แล้วไถกลบ ซึ่งเป็นการปรับปรุงดินและเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดิน ธาตุอาหารที่มีในปุ๋ยมูลไก่ได้แก่ ไนโตรเจน พอสפורัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม เหล็ก ร้อยละ 2.12 2.63 2.18 4.5 0.88 0.49 0.12 ตามลำดับ และมีแมงกานีส ทองแดง และสังกะสี 520.4 98.7 และ 0.03 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (สุกัญญาและคณะ, มปป.) ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน โดยใช้ปุ๋ยสูตร 18-46-0 และ 0-0-60 เป็นปุ๋ยรองพื้น และใส่ 46-0-0 เป็นปุ๋ยแต่งหน้าที่ยอายุ 1 และ 3 เดือนหลังปลูก แซ่ท่อนพันธุ์ด้วยไทอะมีโทแซม 25 % WG อัตรา 4 กรัมต่อน้ำ 20 นาน 5-10 นาที ก่อนปลูก กรรมวิธีที่ 2 วิธีปฏิบัติของเกษตรกร ทั้ง 2 กรรมวิธี ดำเนินการทดสอบในลักษณะแปลงต้นแบบเพื่อใช้เป็นแหล่งเรียนรู้ และถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลังให้กับเกษตรกรตั้งแต่ปลูกจนถึงเก็บเกี่ยว โดยเกษตรกรเจ้าของแปลงเป็นผู้ปฏิบัติดูแลรักษา มันสำปะหลังทั้ง 2 กรรมวิธี ในทุกขั้นตอนการผลิต พื้นที่ทดสอบกรรมวิธีละ 5 ไร่ สุ่มตัวอย่างเก็บเกี่ยวในพื้นที่ 3x6 เมตร จำนวน 4 ซ้ำ 4) ขยายผลสู่เกษตรกร โดยบูรณาการร่วมกันระหว่างศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุทัยธานี สำนักงานเกษตรจังหวัดอุทัยธานี สำนักงานพัฒนาที่ดินอุทัยธานี และโรงพยาบาลโคกชัยสตาร์ช ในการคัดเลือกพื้นที่ดำเนินการและเกษตรกรกลุ่มเป้าหมาย เพื่อสร้างเครือข่ายการเรียนรู้ 5) การถ่ายทอดความรู้ โดยการฝึกอบรม จัดเวทีเสวนาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการจัดแสดงนิทรรศการ

Table 1 The use of fertilizers based on soil analysis for cassava.

Analysis Item	Level	Soil analysis	Rate of Fertilizer
Organic matter (OM, %)	Low	<1	N 16 kg/rai
	Medium	1-2	N 8 kg/rai
	High	>2	N 4 kg/rai
Available (P, mg/kg)	Low	<7	P ₂ O ₅ 8 kg/rai
	Medium	7-30	P ₂ O ₅ 4 kg/rai
	High	>30	P ₂ O ₅ 0 kg/rai
Exchange Potassium (K, mg/kg)	Low	<30	K ₂ O 16 kg/rai
	Medium	30-60	K ₂ O 8 kg/rai
	High	>60	K ₂ O 4 kg/rai

ที่มา : กรมวิชาการเกษตร (2553)

ผลและวิจารณ์การทดลอง

1. คัดเลือกพื้นที่ดำเนินการ

พบว่าจากการสำรวจพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่ร้อยละ 78.4 อยู่ในเขตปริมาณฝน 1,000-1,200 มิลลิเมตรต่อปี รองลงมา ร้อยละ 17.8 อยู่ในเขตปริมาณฝน 1,200-1,400 มิลลิเมตรต่อปี มีเพียงร้อยละ 3.8 อยู่ในเขตปริมาณฝน 800-1,000 มิลลิเมตรต่อปี ร้อยละ 43.8 ปลูกบนเนื้อดินร่วนปนทราย ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีโอกาสเสี่ยงต่อการขาดแคลนน้ำได้ง่าย ชุดดินที่พบมาก ได้แก่ ชุดดินสันป่าตอง มาบบอน และท่าม่วง ร้อยละ 30.5 ปลูกบนเนื้อดินร่วนเหนียวที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงถึงปานกลาง ชุดดินที่พบมาก ได้แก่ กำแพงแสน ลาดหญ้า และท่ายาง และร้อยละ 24.9 ปลูกบนเนื้อดินทรายปนดินร่วน เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและโครงสร้างไม่ดี เช่น ดินชุดจันทิก ทับเสลา และดงตะเคียน ดังนั้นจึงทำการทดสอบและขยายผล ในแปลงที่มีลักษณะเนื้อดินร่วนปนทราย จำนวน 23 แปลง เนื้อดินทรายจำนวน 7 แปลง เนื้อดินร่วน 1 แปลง และเนื้อดินทรายปนร่วน 9 แปลง รวม 38 แปลง ซึ่งอยู่ในเขตพื้นที่อำเภอสามโก้ ห้วยคต บ้านไร่ และหนองฉาง

2. การวิเคราะห์พื้นที่

จากการสำรวจพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในเขตพื้นที่ จังหวัดอุทัยธานี โดยการสัมภาษณ์เกษตรกรจำนวน 133 ราย พบว่า เกษตรกรปลูกมันสำปะหลังปลายฤดูฝนในช่วงเดือนพฤศจิกายน และ ธันวาคม (ร้อยละ 28.9 และ 42.1 ตามลำดับ) ระยะปลูก ระหว่างแถว 100-120 เซนติเมตร และระหว่างต้น 50-80 เซนติเมตร จำนวนต้นต่อไร่เฉลี่ย 2,273 ต้น ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนต้นต่อไร่ที่เหมาะสม (1,600-2,500 ต้นต่อไร่) ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, 2547) พันธุ์มันสำปะหลังที่เกษตรกรนิยมปลูกได้แก่ พันธุ์ระยอง 5 เกษตรศาสตร์ 50 ห้วยบง 60 ห้วยบง 80 ระยอง 11 ระยอง 7 และระยอง 9 ตามลำดับ เมื่อนำพิกัดแปลงมาซ้อนทับ (overlay technique) กับแผนที่ความเหมาะสมของพันธุ์มันสำปะหลัง (วลัยพรและคณะ, 2553) พบว่าเกษตรกรร้อยละ 48.7 ใช้พันธุ์ปลูกที่เหมาะสมกับพื้นที่ ขณะที่ร้อยละ 40.8 ยังใช้พันธุ์ปลูกไม่เหมาะสมกับพื้นที่ ส่วนอีกร้อยละ 10.5 ไม่สามารถวิเคราะห์ได้ เนื่องจากขาดข้อมูลด้านพันธุ์และชุดดินปลูก ตามลำดับ จากการเก็บตัวอย่างดินรายแปลงจำนวน 100 แปลง มาวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักในห้องปฏิบัติการ พบว่า ดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อยู่ระหว่าง 4.8-7.9 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ อยู่ในระดับต่ำกว่าค่าวิกฤติ ซึ่งอินทรีย์วัตถุอยู่ในช่วง 0.3-0.9 เปอร์เซ็นต์ ร้อยละ 77.0 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 4-6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ร้อยละ 43.0 และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในช่วง 8-29 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ร้อยละ 25 ซึ่งระดับค่าวิกฤติของปริมาณอินทรีย์วัตถุ

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในการผลิตมันสำปะหลังมีค่าน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ น้อยกว่า 7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ น้อยกว่า 30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2553) เกษตรกรร้อยละ 100 มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มปริมาณธาตุอาหารหลักแต่ไม่มีการตรวจวิเคราะห์ดิน การตัดสินใจเลือกใส่ปุ๋ยและอัตราที่ใส่ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ลองผิดลองถูกด้วยตนเอง ตามคำแนะนำของเพื่อนบ้าน และการได้ข้อมูลจากสื่อต่าง ๆ ได้แก่ ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 10-75 กิโลกรัมต่อไร่ 16-20-0 อัตรา 25-50 กิโลกรัมต่อไร่ และ 46-0-0 อัตรา 10-50 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นต้น และใส่แบบหว่านไปตามร่องปลูกโดยไม่กลบปุ๋ย เกษตรกรเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังตั้งแต่อายุ 8 เดือน จนถึง 12 เดือน โดยเก็บเกี่ยวมากที่สุดในช่วงมันสำปะหลังอายุ 11 และ 12 เดือน คิดเป็นร้อยละ 31.6 และ 60.5 ตามลำดับ จากผลการสำรวจแสดงให้เห็นว่าพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังขาดความอุดมสมบูรณ์ ซึ่งดินที่อุดมสมบูรณ์ต้องมีอินทรีย์วัตถุในดินไม่น้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ (กรมวิชาการเกษตร, 2553) และเกษตรกรมีการใช้โพแทสเซียมไม่เพียงพอทำให้ผลผลิตและคุณภาพต่ำ (Anonymous, 2017) แต่ใส่ไนโตรเจนเกินความจำเป็นทำให้การแบ่งเซลล์ของรากลดลง (จิราภรณ์, 2557) ผลผลิตจึงลดลง (Jakchaiwat *et al.*, 2013) และเกษตรกรไม่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสรองพื้นที่ช่วยกระตุ้นการแตกแขนงและรากฝอย (วีระวัฒน์, 2558) ซึ่งการใส่ปุ๋ยรองพื้นจะช่วยให้การดูดอาหารดีขึ้น และผลผลิตเพิ่มสูงขึ้น (Gordon, 1999) และเกษตรกรมีวิธีการใส่ปุ๋ยที่ไม่ถูกต้อง คือใส่แล้วไม่กลบปุ๋ย หว่านไปตามร่องปลูก ซึ่งจะทำให้พืชดูดอาหารได้ช้าและไม่ทันกับความต้องการใช้แล้ว ยังสูญเสียไปกับการชะล้างและการระเหิด ทำให้ความเป็นประโยชน์ต่อพืชน้อยลง จึงควรกลบปุ๋ยทุกครั้ง (สรสิทธิ์ และคณะ, 2527) ประกอบกับเกษตรกรขาดการปรับปรุงดิน ไม่ใส่อินทรีย์วัตถุ ทำให้สภาพดินเสื่อมโทรม ผลผลิตและคุณภาพลดต่ำลง (กรมวิชาการเกษตร, 2553) ดังนั้นปัญหาเร่งด่วนที่ต้องได้รับการแก้ไข คือการจัดการธาตุอาหาร ให้เหมาะสมเฉพาะพื้นที่เพื่อพัฒนาศักยภาพผลผลิตมันสำปะหลังในจังหวัดอุทัยธานี

3. ทดสอบเทคโนโลยี

ปี 2556 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักพบว่า มีค่าอินทรีย์วัตถุอยู่ระหว่าง 0.78-1.46 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 7-87 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 44 - 112 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากผลวิเคราะห์ดินพบว่าจำนวนแปลงเกษตรกรที่ต้องใส่ไนโตรเจนในระดับสูงและปานกลาง 16 และ 8 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ร้อยละ 11.1 และ 88.9 ของจำนวนแปลงทั้งหมด (ตามลำดับ) และต้องใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในระดับต่ำ ปานกลางและสูง 0 4 และ 8 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อไร่ร้อยละ 11.1 77.8 และ 11.1 ตามลำดับ และต้องใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในระดับปานกลางและต่ำ 8 และ 4 กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อไร่ร้อยละ 77.8 และ 22.2 ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 16-20-0 และ 46-0-0 ในอัตรา 25-50 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 2) ซึ่งเป็นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในระดับสูงเกินค่าวิเคราะห์ดิน ร้อยละ 66.7 และ 88.9 ตามลำดับ แต่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมต่ำกว่าค่าวิเคราะห์ดินร้อยละ 66.7 ซึ่งการใส่ปุ๋ยของกรรมวิธีเกษตรกรจึงไม่สอดคล้องปริมาณธาตุอาหารในดิน การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินจึงให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้ง สูงสุดที่ 8,913 กิโลกรัมต่อไร่ และ 34.0 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับการใส่ปุ๋ยวิธีเกษตรกรในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้ง เพียง 5,046 กิโลกรัมต่อไร่ และ 31.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า มันสำปะหลังจะตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้ผลผลิตสูงกว่าวิธีปฏิบัติของเกษตรกร การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินให้ผลผลิตเฉลี่ย 5,471 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าวิธีเกษตรกรที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 3,161 กิโลกรัมต่อไร่ และมีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ย 29.8 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกรที่มีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ย 26.8 เปอร์เซ็นต์ (Table 3) จึงทำให้มีผลตอบแทนรายได้เฉลี่ย (BCR) 1.8 สูงกว่าเมื่อเทียบกับวิธีเกษตรกร ที่มีค่า BCR เฉลี่ย 1.2 (Table 4)

ปี 2557 ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักพบว่า มีค่าอินทรีย์วัตถุอยู่ระหว่าง 0.48-1.50 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 6-26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 11-97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากผลวิเคราะห์ดินพบว่าจำนวนแปลงเกษตรกรที่ต้องใส่ไนโตรเจนในระดับสูงและปานกลาง 16 และ 8 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ร้อยละ

77.8 และ 22.2 ของจำนวนแปลงทั้งหมด (ตามลำดับ) และต้องใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในระดับปานกลางและสูง 4 และ 8 กิโลกรัม ฟอสฟอรัสต่อไร่ร้อยละ 77.8 และ 22.8 ตามลำดับ และต้องใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในระดับต่ำ ปานกลาง และสูง 4 8 และ 16 กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อไร่ร้อยละ 33.3 44.4 และ 22.2 ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 16-20-0 27-12-6 และ 46-0-0 ในอัตรา 15-50 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 2) ซึ่งเป็นการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนในระดับสูงเกินค่าวิเคราะห์ดิน ร้อยละ 55.6 แต่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่ำกว่าค่าวิเคราะห์ดินร้อยละ 55.6 และ 77.8 ตามลำดับ ซึ่งการใส่ปุ๋ยของ กรรมวิธีเกษตรกรจึงไม่สอดคล้องปริมาณธาตุอาหารในดิน การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินจึงให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งสูงที่สุด 7,210 กิโลกรัมต่อไร่ และ 27.6 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับการใส่ปุ๋ยวิธีเกษตรกรในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์ แป้งสูงที่สุดเพียง 3,440 กิโลกรัมต่อไร่ และ 25.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า มันสำปะหลังจะตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ย ตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้ผลผลิตสูงกว่าวิธีปฏิบัติของเกษตรกร ซึ่งการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินมีผลผลิตเฉลี่ย 5,068 กิโลกรัมต่อ ไร่ สูงกว่าวิธีเกษตรกรที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 2,778 กิโลกรัมต่อไร่ และมีเปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ย 23.6 เปอร์เซ็นต์ สูงกว่ากรรมวิธีเกษตรกรที่มี เปอร์เซ็นต์แป้งเฉลี่ย 22.9 เปอร์เซ็นต์ (Table 3) จึงทำให้ผลตอบแทนรายได้เฉลี่ย (BCR) 2.1 สูงกว่าเมื่อเทียบกับวิธีเกษตรกร ที่มีค่า BCRเฉลี่ย 1.3 (Table 4)

Table 2 Soil analysis data and rate of fertilizer application, based on the soil analysis of farm test plots and farmer practice, during 2013-2015.

Year	Farmers	Soil analysis			Rate of N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg/rai)	Farmers practice		Farmers practice Chemical fertilizer	
		OM (%)	Avail.P (mg/kg)	Exch.K (mg/kg)		Variety	Spacing (m)	N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (kg/rai)	Fertilizer formula* (kg/rai)
2013	1.Noy Srichan	1.32	11	87	8-4-4	KU50	0.7x1.0	7.8-8.8-3.8	1 ¹ (25) ² , 4(25)
	2.Lacksame Kheawsri	1.07	15	44	8-4-8	KU50	0.6x0.8	12.3-13.3-8.3	1(55), 4(25)
	3.Nongyao Luehan	1.40	87	112	8-0-4	HB60	0.5x1.0	22-6.8-5.3	1(25), 2(25), 3(25)
	4.Phreecha KhamKeaw	1.25	7	53	8-8-8	R5	0.5x0.5	27-5-0	2(50), 4(25)
	5.Yupha Raungsrichan	0.78	5	49	16-8-8	R5	0.5x0.5	17.3-9.8-6.8	1(25), 3(50)
	6.Pitsanu Choochai	1.43	26	51	8-4-8	R5	0.5x0.5	13.2-5-0	2(20), 4(25)
	7.Luckana Sisane	1.46	10	59	8-4-8	R5	0.5x0.8	19.8-8.8-3.8	1(25), 2(25), 4(25)
	8.Anothai Khamsri	1.02	12	46	8-4-8	R5	0.5x0.8	38.5-17.5-7.5	1(50), 2(50), 4(50)
	9.Saksophon Khamsri	1.41	15	44	8-4-8	R5	0.5x0.8	38.5-17.5-7.5	1(50), 2(50), 4(50)
2014	10.Thanhip Chamnanchad	0.54	7	42	16-8-8	R5	0.3x1.0	13.9-5.3-2.3	1(15), 2(20), 4(15)
	11.Titima Srichan	0.51	7	53	16-8-8	KU50	0.5x0.6	26.8-3.8-3.8	1(25), 2(50)
	12.Chaleaw Phayakchone	1.26	8	11	8-8-16	R5	0.6x1.0	7.5-7.5-7.5	1(50)
	13.Mana Chaiyo	0.62	21	35	16-4-8	R5	0.5x0.5	7.5-7.5-7.5	1(50)
	14.Arree Meekham	0.48	13	80	16-4-4	R5	0.3x0.5	17.3-9.8-6.8	1(25), 3(50)
	15.Nirut Meekham	1.50	21	97	8-4-4	R5	0.5x0.8	17.3-9.8-6.8	1(25), 3(50)
	16.Pratheep Charoen	0.73	6	11	16-8-16	R5	0.3x0.5	23-0-0	1(50)
	17.Ratchanee Sangsud	0.59	26	71	16-4-4	R5	0.5x1.0	7.8-8.8-3.8	1(25), 4(25)
	18.Nongyao Luehan	0.58	6	33	16-8-8	HB60	0.5x1.0	22-6.8-5.3	1(25), 2(25), 3(25)
2015	19.Kanyarat Chanphayap	0.84	5	58	16-8-8	R11	0.6x 0.6	3.6-9.2-18	2(35), 5(20), 6(30)
	20.Somphong Sukhanon	0.98	10	26	16-4-16	R11	0.8x1.0	30.8-8.8-3.8	1(25), 2(50), 4(25)
	21.Khamnung Prakobkhetkarn	1.4	38	112	8-0-4	R5	0.5x0.5	23.3-13.8-3.8	1(25), 2(25), 4(50)
	22.Sakchai Phrasertdech	0.79	12	37	16-4-8	HB60	0.7x1.0	7.5-7.5-7.5	1(50)
	23.Darat Premsukdee	0.59	26	71	16-4-4	R5	0.8x1.0	12.4-6.5-6.5	1(43), 2(13)
	24.Manop Taengseng	2.18	46	85	4-0-4	R5	0.8x1.0	17.3-9.8-6.8	1(25), 3(50)
	25.Kaesorn Phosridee	0.58	6	33	16-8-8	HB80	0.5x1.0	15.3-3.8-3.8	1(25), 2(25)

- Chemical fertilizer formula of farmers*, ¹ 1 = 15-15-15, 2 = 46-0-0, 3 = 27-12-6, 4 = 16-20-0, 5 = 18-46-0, and 6 = 0-0-60

- Chemical fertilizer formula of farmers*, (25)² = fertilizer rate used by farmer.

- The majority of soil texture is sandy loam, loamy sand, sand and loam for 22, 9, 6 and 1 farms, respectively.

- During 2013-2016, soil properties of 15 farms were improved by organic matter inclusion.

ปี 2558 ดำเนินการทดสอบในไร่เกษตรกรจำนวน 7 ราย ลักษณะเนื้อดินร่วนปนทรายถึงทราย ผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลักพบว่า มีค่าอินทรีย์วัตถุอยู่ระหว่าง 0.58-2.1เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 5-46 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 26-112 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากผลวิเคราะห์ดินพบว่าจำนวนแปลงเกษตรกรที่ต้องใส่ไนโตรเจนในระดับสูง ปานกลาง และ ต่ำ 16 8 และ 4 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ร้อยละ 71.4 14.3 และ 14.3 ของจำนวนแปลงทั้งหมด (ตามลำดับ) และต้องใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในระดับสูง ปานกลางและต่ำ 8 4 และ 0 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อไร่ร้อยละ 28.6 42.9 และ 28.6 ตามลำดับ และต้องใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในระดับสูง ปานกลาง และต่ำ 16 8 และ 4 กิโลกรัมโพแทสเซียมต่อไร่ ร้อยละ 14.3 42.9 และ 42.9 ตามลำดับ ขณะที่กรรมวิธีเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 16-20-0 27-12-6 18-46-0 0-0-60 และ 46-0-0 ในอัตรา 13-50 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 2) ซึ่งเป็นการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในระดับสูงเกินค่าวิเคราะห์ดินร้อยละ 42.9 และ 85.7 ตามลำดับ แต่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมต่ำกว่าค่าวิเคราะห์ดินร้อยละ 42.9 ตามลำดับ ซึ่งการใส่ปุ๋ยของกรรมวิธีเกษตรกรจึงไม่สอดคล้องปริมาณธาตุอาหารในดิน การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินจึงให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งสูงที่สุด 7,900 กิโลกรัมต่อไร่ และ มากกว่า 34 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับการใส่ปุ๋ยวิธีเกษตรกรในสภาพแวดล้อมเดียวกัน ให้ผลผลิตและเปอร์เซ็นต์แป้งสูงที่สุดเพียง 6,733 กิโลกรัมต่อไร่ และ มากกว่า 34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า มันสำปะหลังจะตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ทำให้ผลผลิตสูงกว่าวิธปฏิบัติของเกษตรกร ซึ่งการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินมีผลผลิตเฉลี่ย 6,005 กิโลกรัมต่อไร่ สูงกว่าวิธีเกษตรกรที่ให้ผลผลิตเฉลี่ย 5,207 กิโลกรัมต่อไร่ (Table 3) แต่มีผลตอบแทนรายได้เฉลี่ย (BCR) มีค่าเท่ากันคือ 2.3 (Table 4) อย่างไรก็ตามมีบางแปลงที่ให้ผลผลิตต่ำกว่าวิธีเกษตรกรเนื่องจากพื้นที่ปลูกอยู่ติดกับแปลงปลูกยูคาลิปตัส ทำให้เกิดการแก่งแย่งแสงแดด น้ำ และธาตุอาหาร

Table 3 Yield and starch content of cassava root produced by using farmers or DOA practices at Lan sak, Sawang arom, Huay khot and Nong chang districts, Uthai Thani province during 2013-2015.

Year	No.	Farmers	Yields (kg./rai)		Starch content (%)	
			Farmers practices	DOA practices	Farmers practices	DOA practices
2013	1	Noy Srichan	3,156	5,840	30.0	30.4
	2	Lacksame Kheawsri	3,045	6,050	25.0	28.8
	3	Nongyao Luehan	3,615	5,736	29.0	30.5
	4	Phreecha KhamKeaw	3,054	4,589	25.0	30.1
	5	Yupha Raungsrichan	5,046	8,913	31.0	34.0
	6	Pitsanu Choochai	3,106	5,154	24.0	27.0
	7	Luckana Sisane	1,440	3,293	28.0	27.8
	8	Anothai Khamsri	3,000	5,040	25.0	29.7
	9	Saksophon Khamsri	2,987	4,620	24.0	29.7
Average,2013			3,161	5,471	26.8	29.8
Standard deviation			922	1538	2.7	2.0
2014	10	Thanthip Chamnanchad	3,440	5,670	23.5	24.0
	11	Titima Srichan	2,438	4,390	21.2	21.3
	12	Chaleaw Phayakchone	2,510	5,370	24.5	22.0
	13	Mana Chaiyo	2,120	3,270	22.1	22.0
	14	Arree Meekham	3,250	7,210	25.3	25.0
	15	Nirut Meekham	2,140	3,500	23.0	23.5
	16	Pratreep Charoen	3,004	5,650	21.0	21.5
	17	Ratchanee Sangsud	3,000	5,210	22.7	25.8
	18	Nongyao Luehan	3,100	5,340	23.1	27.6
Average,2014			2,778	5,068	22.9	23.6
Standard deviation			486	1,205	1.4	2.2
2015	19	Kanyarat Chanphayap	4,150	7,233	31.0	31.7
	20	Somphong Sukhanon	6,733	7,900	>34	>34
	21	Khamnung Phrakobkhaetkarn	5,500	6,900	>34	>34
	22	Sakchai Phrasertdech	5,400	5,267	34.0	33.5
	23	Darat Premasukdee	4,633	3,933	30.5	29.5
	24	Manop Taengseng	5,200	5,600	30.2	30.8
	25	Kaesorn Phosridee	4,833	5,200	33.0	33.3
Average,2015			5,207	6,005	31.7	31.8
Standard deviation			820	1,387	1.8	1.8

จากผลการทดสอบเทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลัง โดยก่อนปลูกหว่านปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ แล้วไถกลบและใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ที่ปลูกปลายฤดูฝนระหว่างปี 2556-2558 พบว่ามันสำปะหลังพันธุ์ จะตอบสนองต่อการจัดการปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ให้ผลผลิตสูงกว่าวิธีปฏิบัติของเกษตรกร จึงได้นำเทคโนโลยีดังกล่าวขยายผลสู่การนำไปใช้ประโยชน์ในพื้นที่แหล่งปลูกของจังหวัดอุทัยธานี

4. ขยายผลสู่เกษตรกรและสร้างเครือข่ายการเรียนรู้

ปี 2559 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุทัยธานี จึงได้บูรณาการร่วมกับโรงเรียนโคกชัยสตาซ ที่ตั้งอยู่อำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี สำนักงานเกษตรจังหวัดอุทัยธานี และสถานีพัฒนาที่ดินอุทัยธานี ร่วมกันขับเคลื่อนผลงานวิจัยสู่การใช้ประโยชน์ให้กับเกษตรกรเครือข่ายโรงเรียนโคกชัยสตาซ ในพื้นที่แหล่งปลูกมันสำปะหลังของจังหวัดอุทัยธานี ตำบลน้ำรอบ ตำบลป่าอ้อ อำเภอลานสัก ตำบลบ่อทราย อำเภอสว่างอารมณ์ ตำบลสุขฤทัย ตำบลทองหลาง อำเภอห้วยคต ตำบลบ้านไร่ ตำบลทัพหลวง ตำบลเจ้าวัด อำเภอบ้านไร่ และจังหวัดสุพรรณบุรี ตำบลวังคัน อำเภอด่านช้าง โดยนำเทคโนโลยีการจัดการปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน

และการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยมูลไก่ ถ่ายทอดสู่เกษตรกรในรูปแบบแปลงต้นแบบ เปรียบเทียบกับวิธีการปฏิบัติของเกษตรกร จำนวน 13 แปลง เพื่อใช้เป็นแหล่งแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างนักวิชาการเกษตร นักวิชาการส่งเสริมการเกษตร เจ้าหน้าที่โรงแปง และเกษตรกรเครือข่าย ผลลัพธ์จากแปลงต้นแบบจำนวน 13 แปลง ที่ให้ผลผลิตสอดคล้องกับผลการดำเนินงานในปี 2556-2558 แต่เนื่องจากในบางแปลงพบปัญหาของการเกิดดินดานแข็งทำให้น้ำขังเกิดการระบาดของโรคหัวเน่า ผลผลิตจึงได้รับความเสียหาย อย่างไรก็ตาม วิธีการจัดการปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ยังให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าวิธีปฏิบัติของเกษตรกร โดยให้ผลผลิตเฉลี่ย 4,818 และ 4,617 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และมีเปอร์เซ็นต์แป้งใกล้เคียงกัน 29.4 และ 30.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 4)

ผลจากการเสวนาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างเกษตรกร นักวิจัย นักส่งเสริมการเกษตร และเจ้าหน้าที่ของโรงแปง โดยใช้แปลงต้นแบบทั้ง 13 แปลง เป็นฐานเรียนรู้ เป็นตำราที่มีชีวิต ในเรื่องการจัดการพันธุ์มันสำปะหลังที่เหมาะสมกับพื้นที่ การจัดการดินและปุ๋ย และการป้องกันกำจัดโรคแมลงศัตรูมันสำปะหลัง ก่อให้เกิดความร่วมมือในการมุ่งเป้านำผลงานวิจัยสู่การพัฒนาการผลิตมันสำปะหลังในพื้นที่ และเกิดการรวมตัวสร้างเครือข่ายการเรียนรู้ จำนวน 5 กลุ่ม ในพื้นที่ 4 อำเภอของจังหวัดอุทัยธานี มีจำนวนสมาชิกรวม 155 คน ได้แก่ 1) กลุ่มเกษตรกร ตำบลป่าอ้อ อำเภอลานสัก จำนวน 35 คน 2) กลุ่มเกษตรกรตำบลน้ำรอบ อำเภอลานสัก จำนวน 21 คน 3) กลุ่มเกษตรกร ตำบลเจ้าวัด อำเภอบ้านไร่ จำนวน 20 คน 4) กลุ่มเกษตรกร ตำบลบ่อยาย อำเภอสว่างอารมณ์ จำนวน 35 คน และ 5) กลุ่มเกษตรกร ตำบลทองหลาง อำเภอห้วยคต จำนวน 44 คน โดยมีนักวิจัยจากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุทัยธานีและเจ้าหน้าที่ฝ่ายไร่ของโรงแปงโคกชัยศตารักษ์ เป็นผู้ประสานงาน มีการติดต่อสื่อสารเชื่อมโยงกันภายในกลุ่มและระหว่างกลุ่มผ่านแอปพลิเคชันไลน์ในนามกลุ่ม “บ้านไร่โมเดล” เพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ถ่ายทอดความรู้ และแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว

Table 4 Yield (kg/rai), starch content (%) Cost (baht/rai), income (baht/rai), return (baht/rai) and benefit cost ratio (BCR) of cassava produced by using farmers or DOA technology in Uthai Thani province during 2013-2016.

Years	Farmers Technology						DOA Technology					
	Yield	Starch content	Costs	Income	Return	BCR	Yield	Starch content	Costs	Income	Return	BCR
2013	3,161	24.0	5,948	6,954	1,007	1.2	5,471	29.8	6,630	12,043	5,405	1.8
2014	2,778	22.9	5,167	6,617	1,450	1.3	5,068	23.6	5,844	12,108	6,265	2.1
2015	5,207	31.7	5,381	11,976	6,595	2.3	6,005	31.8	6,185	13,811	7,622	2.3
2016	4,617	30.5	3,645	8,310	4,665	2.3	4,818	29.4	3,412	8,673	5,216	2.6
Average	3,941	27.3	5,035	8,464	3,429	1.8	5,341	28.7	5,518	11,659	6,127	2.2

5. การถ่ายทอดความรู้

ถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลังสู่เกษตรกรโดยการทำงานแบบบูรณาการร่วมกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการผลิตมันสำปะหลัง ทั้งภาครัฐและเอกชน ในการนำองค์ความรู้จากงานวิจัยถ่ายทอดสู่เกษตรกร และเครือข่ายเกษตรกร ภายใต้ภารกิจของหน่วยงานที่ร่วมบูรณาการ ดังนี้ 1) จัดเตรียมเกษตรกร โดยสำนักงานเกษตรอำเภอบ้านไร่ ลานสัก ห้วยคต และสว่างอารมณ์ กรมส่งเสริมการเกษตร และ สำนักงานปฎิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม จังหวัดอุทัยธานี 2) วิเคราะห์ดิน โดยสถานีพัฒนาที่ดินจังหวัดอุทัยธานี กรมพัฒนาที่ดิน และสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 5 กรมวิชาการเกษตร

3) วิทยากรถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตมันสำปะหลัง และจัดทำแปลงต้นแบบ โดยศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรอุทัยธานี กรมวิชาการเกษตร 4) ให้บริการด้านสินเชื่อและปัจจัยการผลิต โดยธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร สาขาลานสัก และสาขาน้ำไร่ จังหวัดอุทัยธานี 5) สนับสนุนกิจกรรมการถ่ายทอดความรู้ โดยบริษัทโซคชัยสตาร์ จำกัด โดยมีกิจกรรมการถ่ายทอดเทคโนโลยีดังนี้ การจัดนิทรรศการ งานวันชาวไร่ชาวนา งานวันถ่ายทอดเทคโนโลยี (Field Day) จำนวน 8 ครั้ง มีเกษตรกรเข้าร่วมงานจำนวน 2,800 คน การอบรม เสวนา เรื่องการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินจำนวน 14 ครั้ง เกษตรกรเข้ารับการอบรมจำนวน 930 คน

ผลกระทบจากการดำเนินงาน จากการดำเนินงานแบบบูรณาการร่วมกันทั้งภาครัฐและเอกชน มีกระบวนการทำงานที่ชัดเจน ทำให้เกษตรกรเข้าถึงแหล่งความรู้ทางวิชาการได้ง่าย และมีความมั่นใจในการใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มผลผลิต และลดต้นทุนการผลิตมันสำปะหลัง โดยเฉพาะการจัดการปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินซึ่งเป็นความรู้ใหม่ของเกษตรกร ดัชนีชี้วัดความสำเร็จของการถ่ายทอดเทคโนโลยีเรื่องการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสู่การขยายผลนำไปใช้ประโยชน์ คือร้านจำหน่ายปุ๋ยในเขตพื้นที่อำเภอบ้านไร่ ห้วยคต ลานสัก และสว่างอารมณ์ นำแม่ปุ๋ยมาจำหน่ายเพื่อตอบสนองความต้องการของเกษตรกรเพิ่มมากขึ้น จากเดิมที่หาซื้อยากและบางอำเภอไม่มีแม่ปุ๋ยจำหน่าย นอกจากนี้ยังเกิดการรวมกลุ่มเกษตรกรเพื่อก่อตั้งเป็นวิสาหกิจชุมชนสั่งซื้อแม่ปุ๋ยจากโรงงานผลิตโดยตรง สำหรับบริการสมาชิกในราคาถูกกว่าท้องตลาด ผลกระทบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเกษตรกรยอมรับเทคโนโลยีและกระบวนการในการถ่ายทอดความรู้ ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพการผลิตมันสำปะหลังของเกษตรกรในพื้นที่จังหวัดอุทัยธานีและจังหวัดใกล้เคียงต่อไป

สรุปผลการทดลอง

การปลูกมันสำปะหลัง ก่อนปลูกหว่านปุ๋ยมูลไก่ อัตรา 500 กิโลกรัมต่อไร่ แล้วไถกลบ และใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน สามารถยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังในสภาพแวดล้อมจังหวัดอุทัยธานี เพิ่มขึ้นร้อยละ 58.5 และเปอร์เซ็นต์แป้งเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.3 และผลตอบแทนรายได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 0.5 เกิดการรวมตัวของเกษตรกรเป็นเครือข่ายการเรียนรู้ จำนวน 5 กลุ่ม สมาชิกรวม 155 คน พื้นที่ปลูกรวม 1,546 ไร่ ในพื้นที่ 4 อำเภอของจังหวัดอุทัยธานี

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ นายวีรวัฒน์ นิลรัตน์คุณ ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับพื้นที่ภาคเหนือตอนล่าง นายสุกิจ รัตนศรีวงศ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการผลิตพืชที่เหมาะสมกับพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนล่าง นายกิตติภาพ วายุภาพ นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน และ นายนิธย์ วงษา ที่ให้คำปรึกษาและคำชี้แนะในการดำเนินงาน และขอขอบคุณ นางสาวจิราภา เมืองคล้าย และเจ้าหน้าที่กลุ่มพัฒนาการตรวจสอบพืชและปัจจัยการผลิต นายตระกูล นามโสภา สถานีพัฒนาที่ดินอุทัยธานี และเจ้าหน้าที่กรมพัฒนาที่ดิน ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจวิเคราะห์ดิน บริษัทโซคชัยสตาร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการจัดงานถ่ายทอดเทคโนโลยี เจ้าหน้าที่ของสำนักงานปฎิรูปที่ดินเพื่อเกษตรกรรม และเกษตรอำเภอลานสัก ห้วยคต บ้านไร่ และสว่างอารมณ์ รวมทั้งเจ้าหน้าที่กรมส่งเสริมการเกษตร ที่ช่วยเตรียมเกษตรกร และธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร ที่เป็นแหล่งสินเชื่อด้านเงินทุนและปัจจัยการผลิต

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2544. ระบบสนับสนุนการกำหนดเขตปลูก พืชเศรษฐกิจ AgZone 1.0 กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวง เกษตรและสหกรณ์ และศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทาง เกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2554. กรมพัฒนาที่ดิน. 2554. ข้อมูลแผนที่ ปลูกมันสำปะหลัง. จากบันทึกข้อความของสำนักนโยบาย และแผนการใช้ที่ดินเลขที่ กษ 0822/3168 ลงวันที่ 19 กรกฎาคม 2554. ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลแผนที่ปลูกมันสำปะหลังและยางพารา.
- กรมพัฒนาที่ดิน. มปป. มันสำปะหลัง. เอกสารวิชาการ ฉบับที่ 1001-Do 46.01. กลุ่มอนุรักษ์ดินและน้ำ สำนักวิจัยและพัฒนาการ จัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 92 หน้า. แหล่งข้อมูล:[http://www.odd.go.th/Lddwebsite/web_ord/ Technical/pdf/P_Technical06013.pdf](http://www.odd.go.th/Lddwebsite/web_ord/Technical/pdf/P_Technical06013.pdf). วันที่สืบค้น 23 มิถุนายน 2560.
- กรมพัฒนาที่ดิน. มปป. การเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สำหรับปลูกพืช. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2 หน้า. แหล่งข้อมูล:<http://oddmapserver.odd.go.th/soilanaly2/SoilCollecting.pdf>. วันที่สืบค้น 3 กรกฎาคม 2560.
- กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทาง การเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 122 หน้า.
- จิราภรณ์ อิศาร. 2557. ธาตุอาหารพืช. เอกสารประกอบการสอน (ppt). [http://www.sluse.mju.ac.th/lecturenote/silo/lesson/ 312_311_JIRAPORN_2557.pdf](http://www.sluse.mju.ac.th/lecturenote/silo/lesson/312_311_JIRAPORN_2557.pdf). สืบค้นเมื่อวันที่ 10 มิถุนายน 2560.
- วัลย์พร ศะศิประภา, สุกิจ รัตนศรีวงศ์, โสพิศ ใจपालะ, นายวินัย ศรีวัติ, เกลี้ยงศักดิ์ วีระวุฒิ, นริสลักษณ์ วรรณสาย, โสภิตา สมคิด, สันติ พรหมคำ, นพดล แดงพวง, วิจารณ์ ดำริเข้ม ตระกูล, แคทลียา เอกอุ่น, ณรงค์ศักดิ์ ศรีสุวอ, สุภาพร ราจันติก, จิราลักษณ์ ภูมิไธสง และอิสระ พุทธสิมมา. 2553. แผนที่ความเหมาะสมของเทคโนโลยีการผลิตมัน สำปะหลังเฉพาะ พื้นที่. สำนักงานพุทธศาสนาแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- วีระวัฒน์ นิลรัตนกุล. 2558. การเพิ่มผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการใช้ปุ๋ยอย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพ. สำนักวิจัยและ พัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 98 หน้า.สถาบันวิจัยพืชไร่และพืช ทดแทนพลังงาน. 2556. ดิน น้ำ และการจัดการปลูกมันสำปะหลัง. สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. 49 หน้า.
- สุกัญญา จิตตพรพงษ์ อุทัย คันโช ปฐิมา อู่สูงเนิน. มปป. น้ำสกัดมูลสุกร การใช้มูลสัตว์เป็นปุ๋ยสำหรับพืชอย่างมีประสิทธิภาพ. ฝ่ายส่งเสริมและเผยแพร่ สำนักส่งเสริมและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 54(1). 18 หน้า. <http://eto.ku.ac.th/neweto/e-book/other/น้ำสกัดมูลสุกร.pdf>, วันที่สืบค้น 2 กรกฎาคม 2560.
- สรสิทธิ์ วัชรโรยานม ถวิล ครุฑกุล ไพบูลย์ ประพฤติธรรม และอำนาจ สุวรรณสิทธิ์. 2527. ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. ภาค ปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. http://kukr.lib.ku.ac.th/dbstat/download_count.php?rec no=KU0066071&mfn=002249&db=kukr,วันที่สืบค้น 3 พฤศจิกายน 2556.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร. จากสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร: <http://www.oae.go.th/production.html>, วันที่สืบค้น 14 ธันวาคม 2559.
- Anonymous. 2017. Potassium in plant production. International Potash Institute, CH-3048 Worblaufen-Bern, Switzerland. Available: <https://www.ipipotash.org/udocs/73-potassium-in-plant-production.pdf>, Accessed June. 23, 2017.



- Cock, J. H., 1975. Fisiología de la planta y desarrollo. In: CursosobreProducciondeYuca.InstitutoColombiano Agropecuario, Regional 4, Medellín, Colombia. (Spanish).
- Gordon, B.W. 2016. starter fertilizers containing potassium for ridge-till corn and soybean production. Better Crops/Vol.83 (1999, No.2) [www.ipni.net/ppiweb/bcrops.nsf/.../\\$file/99-2p22.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/bcrops.nsf/.../$file/99-2p22.pdf), Accessed June. 13
- Howeler, R., 2002. Cassava Mineral Nutrition and Fertilization. In R. J. Hillocks, J. M. Thresh, & A. C. Bellotti (Eds.), Cassava: Biology, Production, and Utilization. CABI Publishing, New York.
- Jakchaiwat Kaweewong, Thanuchai Kongkeaw, Saowanuch Taworprek, Sukanya Yampracha and Russell Yort. 2013. Nitrogen requirements of cassava in selected soil of Thailand. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics. Vol 114 No. 1. 13-19.

ผลของระยะเวลาการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพด

Effects of N application timing on growth and yield of maize (*Zea mays* L.)ชูเกียรติ พระตาเวช¹, ณัฐพล คงดี¹ และวันวิสาข์ ปั่นศักดิ์^{1*}Chukiat Pradawet¹, Nuttapon Khongdee¹ and Wanwisa Pansak^{1*}

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของการศึกษานี้คือ เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เวลาแตกต่างกันต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 5 กรรมวิธี 3 ซ้ำ ดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 Control (ไม่ใส่ปุ๋ย) กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ เป็นปุ๋ยรองพื้นพร้อมปลูก กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นพร้อมปลูก และใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 ที่ระยะเวลา 15 วันหลังปลูก อัตรา 30 และ 25 กิโลกรัม ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นพร้อมปลูก ตามด้วยปุ๋ยสูตร 46-0-0 ที่ระยะเวลา 15 และ 30 วันหลังปลูก อัตรา 30 12.5 และ 12.5 กิโลกรัม ตามลำดับ และกรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นพร้อมปลูก ตามด้วยปุ๋ยสูตร 46-0-0 ที่ระยะเวลา 15 30 และ 45 วันหลังปลูก อัตรา 30 8.3 8.3 และ 8.3 กิโลกรัม ตามลำดับ ทำการวัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดในช่วงอายุข้าวโพด 15 30 45 และ 60 วัน ประกอบด้วย ความสูง ดัชนีพื้นที่ใบ สัดส่วนแสงส่องผ่านของข้าวโพด และค่าความเขียวของข้าวโพด และองค์ประกอบผลผลิตข้าวโพด ผลการศึกษาพบว่า การใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 + 46-0-0 โดยแบ่งใส่ 1 2 และ 3 ครั้ง มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดต่อไร่ ที่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นเพียงอย่างเดียว โดยกรรมวิธีควบคุมและพบว่าการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 + 46-0-0 โดยแบ่งใส่ 1 2 และ 3 ครั้ง ผลผลิตของข้าวโพดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: การเจริญเติบโต ข้าวโพด ดัชนีพื้นที่ใบข้าวโพด ยูเรีย

Abstract

The aim of this experiment was to study the effect of splitting application of nitrogen fertilizer on growth and yield performance of maize. The study was conducted during April to December 2016 at Naresuan University, Phitsanulok. The experimental design was randomized complete block design (RCBD) with five treatments and three replicates. The treatments were: 1) Control (no fertilizer); 2) Applied only balance fertilizer (15-15-15) at planting date in the rate of 30 kg per rai; 3) Applied balance fertilizer (15-15-15) at planting date and one top dressing with Urea at 15 days after planting in the rate of 30 and 25 kg per rai, respectively; 4) Applied balance fertilizer (15-15-15) at planting date and two top dressing with Urea at

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

Agricultural science Department, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

*corresponding author: wanwisapa@nu.ac.th

15 and 30 days after planting in the rate of 30, 12.5 and 12.5 kg per rai, respectively and 5) Applied balance fertilizer (15-15-15) at planting date and three top dressing Urea at 15, 30 and 45 days after planting in the rate of 30, 8.3, 8.3 and 8.3, respectively. Growth measurements were done at 15, 30, 45 and 60 days after planting by measuring height, Leaf Area Index (LAI), Chlorophyll content (SPAD) and Light Transmission Ratio (LTR). The result indicated that applying 15-15-15 plus urea by splitting into 1, 2, or 3 times resulted in higher growth and yield performance of maize significantly ($P>0.05$) when compared with basal dressing with 15-15-15 alone and control. However, applying balance and urea fertilizer for 1, 2 and 3 time had no significant difference on yield of maize.

Keywords: Growth, Maize, Leaf Area Index, Urea

บทนำ

ข้าวโพดเป็นธัญพืชมีประโยชน์อย่างกว้างขวาง นอกจากใช้เป็นอาหารมนุษย์และสัตว์โดยตรงแล้ว ยังใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมได้หลายชนิด สำหรับประเทศไทยข้าวโพดเป็นพืชไร่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจพืชชนิดหนึ่ง ผลผลิตข้าวโพดที่ผลิตได้นอกจากจะใช้ในประเทศแล้ว ยังสามารถส่งออกไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศอีกด้วย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ความต้องการข้าวโพดของประเทศไทยนับวันจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการขยายตัวอย่างรวดเร็วของอุตสาหกรรมเลี้ยงสัตว์ การเพิ่มผลผลิตโดยการเพิ่มหรือขยายพื้นที่ปลูกทำได้ยาก จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องเพิ่มผลผลิตต่อไร่ให้เพียงพอต่อความต้องการใช้ข้าวโพด โดยทั่วไปเกษตรกรมักจะเพิ่มปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีในการเพิ่มผลผลิตของข้าวโพด ซึ่งเกษตรกรยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องการใช้ปุ๋ยที่เหมาะสมกับการผลิตข้าวโพด ทำให้เกษตรกรใช้ปุ๋ยในปริมาณที่เกินอัตราความต้องการของข้าวโพด ส่งผลให้ต้นทุนในการผลิตข้าวโพดสูงขึ้น (ชนากานต์, 2557)

ไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สำคัญมากในการส่งเสริมการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วของพืช พืชที่ได้รับไนโตรเจนอย่างเพียงพอ นั้น จะทำให้พืชออกดอกและติดผลที่สมบูรณ์ ในขณะเดียวกันเมื่อพืชได้รับธาตุไนโตรเจนในปริมาณที่มากเกินไปเกินความต้องการ ก็อาจทำให้เกิดผลเสียแก่พืชปลูกได้เหมือนกัน (สรสิทธิ์, 2537) ปุ๋ยไนโตรเจนเป็นธาตุอาหารที่สูญเสียได้ง่ายและราคาสูง การจัดการไนโตรเจนที่ไม่เหมาะสมเช่น ใช้มากเกินไปเกินความต้องการและใส่ไม่ตรงกับความต้องการของพืช ส่งผลให้พืชไม่สามารถดูดใช้ไนโตรเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพการให้ปุ๋ยไนโตรเจนเกินความจำเป็นของพืชส่งผลให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจน ทำให้ไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจและยังทำให้ผลผลิตข้าวโพดลดลง การลดการสูญเสียปุ๋ยไนโตรเจนและลดการลงทุนที่ไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจสามารถทำได้โดยการใช้อัตราการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมและใส่ในช่วงระยะเวลาที่เหมาะสม การแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนหลายๆ ครั้ง ช่วยในการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนได้อย่างสูงสุดและสามารถเพิ่มผลผลิตได้มากกว่าการใส่ปุ๋ยเพียงครั้งเดียว (Baltic Deal Bridge, 2017) ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาการแบ่งการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และเพื่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการวิจัย ณ แปลงฝึกงานเกษตร มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัด พิษณุโลก (16.745°N, 100.196°E) โดยมีการเก็บตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินบางประการ ก่อนและหลังการทดลอง ได้แก่ พีเอช (pH) (ดิน : น้ำ, 1:1) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) อินทรีย์วัตถุ (OM) (Walkley-black method) ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) (Kjeldahl method) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) (Bray II method) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) (Ammonium acetate method) (จำเป็น และ จักรกฤษ, 2555) โดยผลวิเคราะห์ดินก่อนการทดลองค่า pH=5.25, EC=0.076 dS/m, OM=3.10%, N=0.15% P=4.16 มก./กก. และ K=44.81 มก./กก. มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1390 มิลลิเมตรและอุณหภูมิเฉลี่ย 28.5 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2559) (Figure 1)

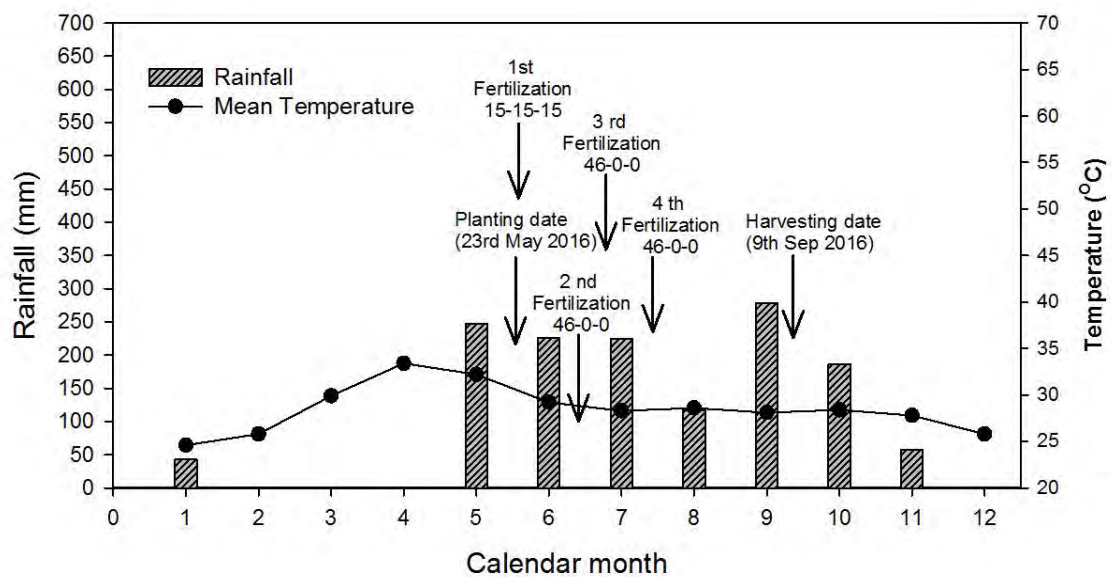


Figure 1 Calendar month and some climatic data on the test site

Remark: 1st fertilizer application on May, 23rd; 2nd fertilizer application on June, 7th; 3rd fertilizer application on June, 22nd; 4th fertilizer application on July, 7th

เตรียมแปลงทดลอง โดยการไถพรวน 2 ครั้ง หลังจากนั้นแบ่งเป็นแปลงขนาด 3×3 เมตร จำนวน 15 แปลง ใส่ปุ๋ยตาม สิ่งทดลองที่กำหนด ปลุกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวน 4 แถวต่อแปลง จำนวน 12 ต้นต่อแถว รวมจำนวน 48 ต้นต่อแปลง ระยะการ ปลุกข้าวโพด 75×25 เซนติเมตร หยอดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด 3 เมล็ดต่อหลุม แล้วถอนแยกให้เหลือเพียง 1 ต้นต่อหลุม วางแผนการ ทดลองแบบ Randomized Complete Block Design หรือ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ (Replications) จำนวน 5 ตำรับการทดลอง คือ กรรมวิธีที่ 1 Control (ไม่ใส่ปุ๋ย) กรรมวิธีที่ 2 คือ ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นพร้อมปลูก อัตรา 30 กก./ไร่ กรรมวิธีที่ 3 คือ ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นพร้อมปลูก อัตรา 30 กก./ไร่ และใส่ปุ๋ย 46-0-0 ที่ระยะ 15 วันหลังปลูก อัตรา 25 กก./ไร่ กรรมวิธีที่ 4 คือ ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นพร้อมปลูก อัตรา 30 กก./ไร่ และใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 ที่ระยะ 15 และ 30 วันหลัง ปลูก โดยแบ่งใส่ในอัตราครั้งละ 12.5กก./ไร่ จำนวนสองครั้ง และ กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นพร้อมปลูก

อัตรา 30 กก./ไร่ และใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 ที่ระยะ 15 30 และ 45 วันหลังปลูก แบ่งใส่ในอัตราครั้งละ 8.3 กก./ไร่ จำนวนสามครั้ง (Figure 1) (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

การบันทึกข้อมูลใช้ต้นข้าวโพด จาก 2 แถวที่อยู่ตรงกลางของแปลง ระหว่างต้นที่ 4-9 จำนวน 12 ต้นต่อแปลง พื้นที่การเก็บเกี่ยวเท่ากับ 2.25 ตารางเมตร บันทึกการเจริญเติบโตของข้าวโพด ได้แก่ ความสูงต้นและความเขียว (minolta spad 502 chlorophyll meter) วัดใบที่ 3 นับจากใบธง ทุกๆ สัปดาห์ ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI-2000) และสัดส่วนแสงส่องผ่าน (AccuPAR Inceptometer) ระหว่างแถวของข้าวโพด ทุกๆ 14 วัน วัดผลผลิตห่อของผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักฝัก จำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด หลังจากนั้น นำไปคำนวณดัชนีการเก็บเกี่ยว ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$HI = Y/DW$$

เมื่อ HI = ดัชนีการเก็บเกี่ยว
Y = ผลผลิตของเมล็ดหรือฝัก
DW = น้ำหนักแห้งของส่วนเหนือดิน

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) โดยใช้ F-test เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % และ Standard error of difference โดยวิธี LSD

ผลและวิจารณ์

1. ผลของเวลาการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด

ผลการทดลองปรากฏว่า การใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ร่วมกับปุ๋ยสูตร 46-0-0 โดยแบ่งใส่ 1 2 และ 3 ครั้ง ไม่มีความแตกต่างในทางสถิติต่อความสูงของข้าวโพดที่อายุ 15 วัน และเมื่อข้าวโพดอายุ 60 วัน พบว่ากรรมวิธีที่ 3 4 และ 5 มีความสูงของต้นข้าวโพดสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 2 ที่ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นเพียงอย่างเดียวและกรรมวิธีควบคุม (Figure 2) เนื่องจาก การไม่ใส่ปุ๋ยรองพื้นและการใส่เพียงแค่ปุ๋ยรองพื้นอย่างเดียว สามารถตอบสนองต่อความต้องการของไนโตรเจนของข้าวโพดในช่วง 15 วันแรก แต่ไม่เพียงพอต่อความต้องการไนโตรเจนเพื่อข้าวโพดมีอายุมากขึ้นจึงทำให้ช่วงแรกความสูงของข้าวโพดไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หลังจาก 15 วันหลังปลูกข้าวโพด พบว่าความสูงของข้าวโพดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสดีและคณะ (มปป) ผลการทดลองพบว่าการใส่ปุ๋ย 15-15-15 เป็นปุ๋ยรองพื้นพร้อมปลูก แล้วใส่ปุ๋ย 46-0-0 ตาม 1 ครั้ง หรือ 2 ครั้ง เมื่อข้าวโพดอายุ 2 หรือ 6 สัปดาห์ การใส่ปุ๋ย 15-15-15+46-0-0 เมื่อข้าวโพดอายุ 2 สัปดาห์ครั้งเดียว การใส่ปุ๋ย 15-15-15+46-0-0 เมื่อข้าวโพดอายุ 2 สัปดาห์ แล้วใส่ 46-0-0 ตามอีก 1 ครั้งเมื่อข้าวโพดอายุ 6 สัปดาห์ และการใส่ปุ๋ย 16-20-0+46-0-0 เมื่อข้าวโพดอายุ 2 สัปดาห์ แล้วใส่ปุ๋ย 46-0-0 ตามอีก 1 ครั้งเมื่อข้าวโพดอายุ 6 สัปดาห์ ให้ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไม่แตกต่างกัน การใส่ปุ๋ยทุกกรรมวิธีให้ผลผลิตสูงกว่าแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ย แต่ไม่มีผลกระทบต่อความสูงต้น

ค่าความเขียวของใบข้าวโพด (SPAD reading) จากการวิจัยพบว่า กรรมวิธีที่ 3 4 และ 5 ที่มีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นร่วมกับการใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 โดยแบ่งใส่ 1 2 และ 3 ครั้ง เมื่อข้าวโพดอายุ 15 30 45 และ 60 วัน ให้ผลด้านค่าความเขียวของใบข้าวโพดที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ความเขียวของใบในทั้ง 3 กรรมวิธี มีค่าสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นเพียงอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Figure 2) ข้าวโพดเป็นตระกูลเดียวกับหญ้าจึงสอดคล้องกับการศึกษาการเพิ่มผลผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ และวิธีการแบ่งใส่ปุ๋ย

ไนโตรเจน 1 ครั้ง และ 2 พบว่า การแบ่งการใส่ปุ๋ย 1 ครั้ง และ 2 ครั้ง มีรายงานว่าทุกกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนมีค่าความเขียวของใบที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยเลย และทุกกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนให้ค่าความเขียวสูงสุด (จूरितน์ และคณะ, 2527) การศึกษาของสืบลกุล และศักดิ์ดา(2554) ได้ศึกษาการวัด ค่าความเข้มของสีใบข้าวโพด พบว่าสีใบของข้าวโพด เปลี่ยนแปลงตามระยะการเจริญเติบโตภายใต้ การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่ต่างกัน และค่าความเขียว มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะการเจริญเติบโต

การเจริญเติบโตด้านดัชนีพื้นที่ใบข้าวโพด (LAI) พบว่า เมื่อข้าวโพดอายุ 55 วัน ซึ่งข้าวโพดมีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว ดัชนีพื้นที่ใบในกรรมวิธีที่ 4 และ 5 ที่ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นร่วมกับปุ๋ยสูตร 46-0-0 โดยแบ่งใส่ 2 และ 3 ครั้ง ให้ผลด้านดัชนีพื้นที่ใบที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และให้ดัชนีพื้นที่ใบสูงสุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4 แต่มีความแตกต่างกับกรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นร่วมกับปุ๋ยสูตร 46-0-0 โดยแบ่งใส่ 1 ครั้ง แต่ในกรรมวิธีที่ 2 เมื่อข้าวโพดอายุ 15 วัน ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นเพียงอย่างเดียว และกรรมวิธีควบคุม แต่เมื่อข้าวโพดอายุ 70 วัน ทุกกรรมวิธีให้ค่าดัชนีพื้นที่ใบที่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (Figure 2) เนื่องจาก เมื่อข้าวโพดมีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว จะมีค่าดัชนีพื้นที่ใบลดลงเมื่อข้าวโพดสิ้นสุดการเจริญเติบโต (Atwell, 1999) สอดคล้องกับการพัฒนาพื้นที่ใบของต้นพืชจะเกิดขึ้นตามลำดับการเจริญเติบโตของพืช พืชจะให้พื้นที่ใบสูงสุดเมื่อมีการเจริญเติบโตเต็มที่ จากนั้นพื้นที่ใบก็จะลดลงตามลำดับเนื่องมาจากการร่วงหล่นหรือมีการเหี่ยวแห้งตายไปตามอายุของพืช (ชนากานต์, 2557) พื้นที่ใบบ่งบอกถึงความสามารถในการดูดซับแสงไว้ หากสามารถดูดซับแสงได้มากการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดก็จะสูงขึ้นไปด้วย

สัดส่วนแสงส่องผ่านของข้าวโพด (Light transmission ratio; LTR) พบว่า เมื่อข้าวโพดเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว ทำให้สัดส่วนแสงส่องผ่านลดน้อยลง เนื่องจำนวนใบหรือขนาดทรงพุ่มของต้นพืชเพิ่มมากขึ้น (Dhandayuthapani, U. N., and Latha, K. R., 2015) โดยที่ กรรมวิธีที่ 4 และ 5 ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นร่วมกับปุ๋ยสูตร 46-0-0 โดยแบ่งใส่ 2 และ 3 ครั้ง เมื่อข้าวโพดอายุ 15 วัน มีค่าสัดส่วนแสงส่องผ่านมากที่สุด ซึ่งแสดงว่าต้นน้อยที่สุด มีค่าอยู่ในช่วง 0.7-0.8 ส่วนกรรมวิธีที่ 4 และ 5 มีค่าสัดส่วนแสงส่องผ่านน้อยกว่ากรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นร่วมกับปุ๋ยสูตร 46-0-0 1 ครั้ง เมื่อข้าวโพดอายุ 15 วัน กรรมวิธีที่ 2 การใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นเพียงอย่างเดียว และกรรมวิธีควบคุม (Figure 2) การขยายใบ กิ่งก้าน สาขา และค่าสัดส่วนแสงส่องผ่านมีความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพื้นที่ใบ คือ ค่าดัชนีพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นแสดงว่าพืชมีการเจริญเติบโตที่ดีทำให้พื้นที่มีปกคลุมมากของใบพืชมากขึ้น และทำให้สัดส่วนแสงส่องผ่านลดลง (Atwell, 1999)

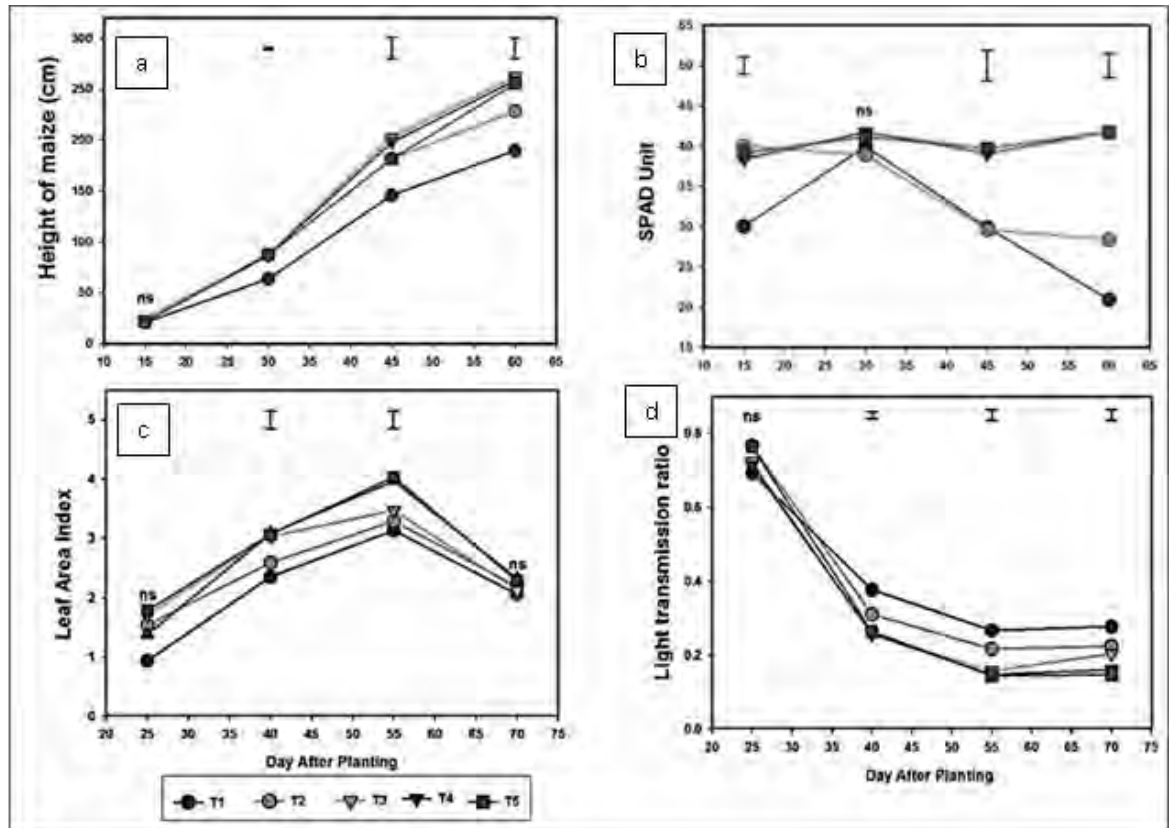


Figure 2 Plant height (a), SPAD reading (b), Leaf Area Index (c) and Light Transmission Ratio (d) of maize under different fertilizer rates and times

Remark: Error bars mean Standard Error of Difference (SED), ns means non-significant difference at $P > 0.05$

2. ผลของเวลาการแบ่งใส่ปุ๋ยไนโตรเจนต่อองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพด

จากการทดลองพบว่า กรรมวิธีที่ 3 4 และ 5 ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นร่วมกับปุ๋ยสูตร 46-0-0 ทุกกรรมวิธีให้ผลผลิตดัชนีการเก็บเกี่ยว น้ำหนักฝักแห้ง และจำนวนเมล็ดต่อฝัก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างสามกรรมวิธี แต่พบว่าดัชนีการเก็บเกี่ยว (0.73-0.41) น้ำหนักฝักแห้ง (782 - 942 กรัม) และจำนวนเมล็ดต่อฝักของกรรมวิธีที่ 3 4 และ 5 (412-457 เมล็ดต่อฝัก) สูงกว่ากรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีที่ 2 ที่ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นเพียงอย่างเดียว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 1) ซึ่งกรรมวิธีควบคุมมีค่า ดัชนีการเก็บเกี่ยว 0.14 น้ำหนักฝักแห้งเฉลี่ย 216.89 กรัม และมีจำนวนเมล็ด 78.23 เมล็ดต่อฝักน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองผลของการใส่ปุ๋ยเคมีแบบต่างๆ ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อศึกษาช่วงเวลาการใส่ปุ๋ย 15-15-15 และ 46-0-0 ต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพด ผลการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ย 15-15-15 พร้อมปลูกแล้วใส่ปุ๋ย 46-0-0 ตาม 1 ครั้ง หรือ 2 ครั้งเมื่อข้าวโพดอายุ 2 หรือ 6 สัปดาห์ ให้ผลผลิตสูงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยทุกกรรมวิธีให้ผลผลิตสูงกว่าแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ย ตั้งแต่ 69-183 เปอร์เซ็นต์ ในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (สดสี และ คณะ, มปป) และมีรายงานว่าธาตุไนโตรเจนเป็นตัวกำหนดผลผลิตเมล็ด ถ้าพืชได้รับไนโตรเจนอย่างเพียงพอ ก็จะสร้างเมล็ดได้มากและมีคุณภาพดีด้วย (จรรีรัตน์ และคณะ, 2527) หากพืชได้รับธาตุอาหารที่เพียงพอการเจริญเติบโต พืชก็จะสามารถสร้างผลผลิตได้สูงตามไปด้วย

น้ำหนัก 100 เมล็ด พบว่า ทุกกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยให้ผลผลิตน้ำหนัก 100 เมล็ด ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม โดยพบว่า กรรมวิธีควบคุมให้ผลผลิตน้ำหนัก 100 เมล็ดสูงที่สุด และให้น้ำหนักมากถึง 23.23 กรัม เป็นผลอันเนื่องมาจากอัตราความหนาแน่นของเมล็ดน้อย ทำให้เมล็ดมีขนาดใหญ่ หากมีอัตราความหนาแน่นของเมล็ดต่อฝักน้อยก็จะส่งผลให้น้ำหนัก 100 เมล็ดสูงขึ้น (Arunah *et al.*, 2014) ดัง Table1

ปริมาณผลผลิตต่อไร่ พบว่า กรรมวิธีที่ 3 4 และ 5 มีการใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นร่วมกับการใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 โดยแบ่งใส่ 1 2 และ 3 ครั้ง มีปริมาณผลผลิตข้าวโพดต่อไร่ ที่อยู่ในช่วง 687-786 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งสูงกว่ากรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นเพียงอย่างเดียว (353 กิโลกรัมต่อไร่) และกรรมวิธีควบคุม (151 กิโลกรัมต่อไร่) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1) สอดคล้องกับดัชนีการเก็บเกี่ยว หากพิจารณาดัชนีการเก็บเกี่ยวสูงก็หมายความว่าปริมาณผลผลิตสูงตามไปด้วย (ชนากานต์, 2557) ผลผลิตที่สูงขึ้นอันเนื่องมาจากประสิทธิภาพในการสร้างผลผลิต

Table 1 Yield components, harvest index and yield of maize under different fertilizer rates and times

Treatments	Yield components			Harvest	Yield
	Cop weight (g)	Seeds per cop	100-Seed weight (g)	Index	(kg/rai)
1	216.89b	78.23b	23.23a	0.14b	151b
2	398.22b	211.14b	20.00b	0.22b	353b
3	782.22a	412.36a	19.54b	0.37a	687a
4	942.22a	457.34a	20.11b	0.38a	786a
5	849.78a	444.81a	19.80b	0.41a	759a
F-test	*	*	*	*	*
CV (%)	23.16	25.86	7.80	24.53	28.97

Remark: * means significant difference at $P < 0.05$, ^{a, b} means significant difference at $P < 0.05$

3. ผลของการแบ่งการใส่ปุ๋ยในโตรเจนต่อสมบัติเคมีบางประการของดินหลังการเก็บเกี่ยว

เมื่อนำดินหลังการทดลองไปวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีบางประการ พบว่าในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 ร่วมกับปุ๋ยสูตร 46-0-0 โดยแบ่งใส่ 3 ครั้ง ที่ระยะ 15 30 และ 45 วัน มีปริมาณไนโตรเจน (0.2%) และอินทรีย์วัตถุในดิน (3.92%) สูงสุด ซึ่งความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่นๆ ในขณะที่ดินหลังทำการทดลองของทุกกรรมวิธี มีค่า EC ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) ดังแสดงใน Table 2 จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการให้ปุ๋ยไนโตรเจนไม่ตรงกับความต้องการของพืช ส่งผลให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจนส่วนเกินที่พืชไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้การเจริญโตของข้าวโพดในแต่ละช่วงมีความแตกต่างกัน (Shanahan, 2011) การสูญเสียธาตุอาหารจากดินในรูปของ NO_3^- ได้รับความสนใจอย่างมากเนื่องจากทำให้สิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะแหล่งน้ำมีการปนเปื้อนของ NO_3^- ที่สูงมากเกินไป จนทำให้ไม่เหมาะสมในการนำมาบริโภค NO_3^- เป็นสารที่ละลายได้ดีมากในน้ำ และไม่ถูกดูดซับโดยคอลลอยด์ในดิน จึงถูกชะล้างไปกับน้ำสู่ชั้นใต้ผิวดินได้ง่าย เกิดการชะล้างของ NO_3^- ลงสู่ชั้นใต้ดินในที่สุด ซึ่งเป็นสาเหตุให้ปนเปื้อนในน้ำดื่มและมีปัญหาต่อสุขภาพ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนจึงควรใส่ในอัตราที่เหมาะสมในช่วงระหว่างการปลูกพืช (ปัทมา, 2547)

Table 2 Some chemical soil properties after harvested maize

Soil properties	Treatments					F-test
	T1	T2	T3	T4	T5	
EC (dS/m)	0.116	0.111	0.163	0.149	0.132	ns
pH	5.33	5.29	5.30	5.24	5.32	ns
OM (%)	2.62b	2.56b	2.71b	2.54b	3.92a	*
Total N (%)	0.13b	0.13b	0.14b	0.13b	0.20a	*
Available P (mg/kg)	2.58	2.05	2.73	2.03	2.06	ns
Exchangeable K (mg/kg)	29.23	29.78	26.87	28.49	31.28	ns

Remark: * means significant difference at $P < 0.05$, ns means non-significant difference at $P > 0.05$

สรุป

จากการศึกษาการทดลองผลของเวลาการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่อาจส่งผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพด พบว่า กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นพร้อมปลูก ตามด้วยปุ๋ยสูตร 46-0-0 เมื่ออายุข้าวโพด 15 30 และ 45 วัน ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดต่อไร่มากกว่า กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นพร้อมปลูกเพียงอย่างเดียว และกรรมวิธีควบคุม ซึ่งในกรรมวิธีที่ 3 การใส่ปุ๋ยสูตร 15-15-15 รองพื้นพร้อมปลูกอัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ ตามด้วยปุ๋ยสูตร 46-0-0 ที่ระยะ 15 วันหลังปลูก อัตรา 25 กก./ไร่ ให้ผลผลิตข้าวโพดไม่แตกต่างกับการแบ่งใส่ปุ๋ยยูเรียสองครั้ง และสามครั้ง ดังนั้นเมื่อพิจารณาเรื่องของการลดค่าใช้จ่ายจากแรงงานและไม่เสียเวลาในการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 และ 3 ทำให้เทคนิคการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในกรรมวิธีดังกล่าวเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2547. เอกสารวิชาการข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2559. ข้อมูลสภาพอากาศประจำจังหวัดพิษณุโลก 2559.
- จूरรัตน์ สัจจิตานนท์, กานดา นาคมนี, นายสิงห์ ไชยวงศ์ และชาญชัย มณีคุณ. 2527. อัตราปุ๋ยไนโตรเจนและวิธีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีผลผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ กรมปศุสัตว์
- จำเริญ อ่อนทอง และจักรกฤษณ์ พูนภักดี. 2555. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช ภาควิชาธรณีศาสตร์ : สงขลา .
- คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- ชนากานต์ เทโบลต์ พรหมอุทัย. 2557. ศรีวิทยาพืชไร่. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ : จังหวัดเชียงใหม่
- ปัทมา วิตยากร. 2547. ความอุดมสมบูรณ์ของดินชั้นสูง ภาควิชาทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
- สดใส ช่างสลัก, ปวีณา ทองเหลือง, สราวุธ รุ่งเมธีรัตน์, รังสิต สุวรรณมรรคา และอรรณศิลป์ โพธิ์สูง. มปป. ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพดหวาน (ออนไลน์). แหล่งที่มา http://kukr.lib.ku.ac.th/db/BKN_AGRI/search_detail/result/13242. สืบค้นเมื่อวันที่ 2 เมษายน 2559.

- สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน. 2537. ธาตุอาหารพืชไนโตรเจน แผนกวิชาเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สืบสกุล ศิริยุทธ์ และศักดิ์ดา จงแก้ววัฒนา .2554. การประเมิน ระดับคลอโรฟิลล์ในใบข้าวโพดโดยใช้ Chlorophyll meter และความสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งมวลชีวภาพและ ผลผลิต .แก่นเกษตร 39 (ฉบับพิเศษ: 165-175)
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. สถิติการส่งออกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สืบค้นเมื่อวันที่ 7 กรกฎาคม 2560.
http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php
- Arunah U.L., E. B. Amans., M. Mahmud; A. Ahmed; G.L. Luka., A. S. Isah., B.A. Babaji and E.C. Odion. 2014. Yield and yield components of maize as influenced by row arrangement, nitrogen and phosphorus levels in maize (*Zea mays* L)/ castor (*Ricinus communis*) mixture. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science. 7:45-49.
- Atwell, B.J. 1999. Plants in action: adaptation in nature, performance in cultivation. Macmillan Education AU.
- Baltic Deal Bridge. 2017. Split application of nitrogen. สืบค้นเมื่อ 04.07.2560
<http://www.balticdeal.eu/measure/split-application-of-nitrogen-n/>
- Dhandayuthapani, U.N., and Latha, K.R. 2015. Analysis of light transmission ratio and yield advantages of pigeonpea in relation to intercrop and different plant population.
- Shanahan, J.F. 2011. Determining Optimum Nitrogen Rates for Corn. Crop Insights, Vol. 21, No. 2. Pioneer Hi-Bred, Johnston, IA.

อัตราส่วนของดินเนื้อละเอียดผสมกับหินฟองน้ำชนิดปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต

การสะสมธาตุอาหาร และสมบัติบางประการของดินในการปลูกดาวเรือง

The ratio of fine texture soil mixed with sponge stone fertilizer types on growth, nutrient accumulation and some soil properties in marigold plantation

จิราภรณ์ การุณ¹, บังอร อุบล¹, สันชัย ภูเงิน¹ และศุภชัย อัมภา^{1*}

Jiraporn Karun¹, Bangon Ubon¹, Sunchai Phungern¹ and Suphachai Amkha^{1*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เพื่อศึกษาอัตราส่วนผสมของหินฟองน้ำชนิดปุ๋ยกับดินเนื้อละเอียดที่เหมาะสมต่อการเติบโต สะสมธาตุอาหาร และสมบัติบางประการของดินในการปลูกดาวเรือง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 8 ซ้ำ (กระถาง) และ 4 ตำรับทดลอง ได้แก่ ตำรับที่ 1 ดินอย่างเดียว (ควบคุม; ไม่มีการใส่ปุ๋ย) ตำรับที่ 2 ดินผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่ ตำรับที่ 3 ดินผสมกับหินฟองน้ำชนิดปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตราส่วนดินกับหินฟองน้ำ 2:1 โดยปริมาตร และตำรับที่ 4 ดินผสมกับหินฟองน้ำชนิดปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตราส่วนดินกับหินฟองน้ำ 4:1 โดยปริมาตร บันทึกข้อมูลได้แก่ ความสูง จำนวนดอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางดอก การสะสมธาตุอาหารในพืช ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ผลการทดลองพบว่า ตำรับที่ 2 (ดินผสมกับปุ๋ยเคมี) ตำรับที่ 3 และ 4 (ดินผสมหินฟองน้ำชนิดปุ๋ย 2:1 และ 4:1) ส่งเสริมให้ความสูง จำนวนดอก และขนาดของดาวเรืองมากกว่าตำรับควบคุม ส่วนการสะสมธาตุอาหารในพืชนั้น ตำรับที่ 3 และ 4 (ดินผสมหินฟองน้ำชนิดปุ๋ย 2:1 และ 4:1) ให้ปริมาณการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดในพืชสูงที่สุด ขณะที่ตำรับที่ 3 (ดินผสมหินฟองน้ำชนิดปุ๋ย 2:1) ให้ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมทั้งหมดในพืชสูงที่สุด สำหรับสมบัติบางประการของดินหลังการทดลองนั้น ตำรับที่ 2 (ดินผสมกับปุ๋ยเคมี) ตำรับที่ 3 และ 4 (ดินผสมหินฟองน้ำชนิดปุ๋ย 2:1 และ 4:1) มีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดตกค้างในดินมากกว่าตำรับควบคุม ขณะที่ตำรับที่ 3 (ดินผสมหินฟองน้ำชนิดปุ๋ย 2:1) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินตกค้างในดินมากที่สุด ดังนั้นดินเนื้อละเอียดผสมกับหินฟองน้ำชนิดปุ๋ย (2:1) สามารถใช้เป็นวัสดุผสมรวมในการปลูกดาวเรืองได้

คำสำคัญ: ปุ๋ยเคมี ธาตุอาหารพืช วัสดุปลูก ดิน

Abstract

The ratio of sponge stone with fine texture soil on the growth, nutrient accumulation and some soil properties in marigold plantation was investigated. The experiment was using Completely Randomized Design (CRD) with 8 replications (pots) and 4 treatments as following by soil (control: non-fertilizer; treatment 1), soil mixed with chemical fertilizer 15-15-15 at a rate 50 kg/rai (treatment 2), soil mixed with sponge stone of 15-15-15 fertilizer type at 2:1 by volume (treatment 3) and soil mixed with

¹ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

¹Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at KamphaengSaen, Kasetsart University, KamphaengSaen Campus, Nakhonpathom 73140

*Corresponding author: agrscak@ku.ac.th

sponge stone of 15-15-15 fertilizer type at 4:1 by volume (treatment 4). The data was collected about plant height, flower number, flower size, total N P K accumulation in plant, and total N, available P and exchangeable K in soil. The results showed that treatment 2 (soil mixed with chemical fertilizer), treatment 3 and 4 (soil mixed with sponge stone fertilizer type 2:1 and 4:1) gave the highest of plant height flower number and flower size than non-fertilizer application (control). In addition of plant nutrient accumulation, treatment 3 and 4 (soil mixed with sponge stone fertilizer type 2:1 and 4:1) gave the highest of total N accumulation in plant. By the time, treatment 3 (soil mixed with sponge stone fertilizer type 2:1) gave the highest of total P and K accumulation in plant. The finally, the some soil properties after harvesting time found that treatment 2 (soil mixed with chemical fertilizer), treatment 3 and 4 (soil mixed with sponge stone fertilizer type 2:1 and 4:1) gave the highest of total N residue in soil. In addition, treatment 3 (soil mixed with sponge stone fertilizer type 2:1) gave the highest of available P and exchangeable K residual in soil after harvested. Then, fine texture soil mixed with sponge stone fertilizer type (2:1) can be used for soil media culture in marigold plantation.

Keywords: chemical fertilizer, plant nutrition, media, soil

บทนำ

หินฟองน้ำเป็นของเหลือที่ได้จากเศษกระจกที่ไม่มีมูลค่าโดยเปลี่ยนเป็นของที่มีมูลค่า และเป็นวัสดุที่มีความสามารถในการกักเก็บน้ำได้ดี (ชัยวัฒน์, 2559) เพิ่มความชุ่มชื้น ลดการระเหยของน้ำ มีน้ำหนักเบา และมีความแข็งแรงสูง (สุรีย์, 2559) รวมทั้งพรพิล และคณะ (2560) รายงานว่าหินฟองน้ำชนิดที่มีปุ๋ยเคมีสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้แก่พืชได้

ดาวเรือง (*Tagetes erecta* L.; Marigold) เป็นไม้ตัดดอกที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากเป็นไม้ตัดดอกที่เติบโตได้ดีทุกสภาพพื้นที่และทุกฤดูกาลของประเทศ มีอายุเก็บเกี่ยวสั้นประมาณ 60-70 วัน โดยประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกดาวเรืองประมาณ 9,500 ไร่ แหล่งปลูกดาวเรืองที่สำคัญในประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดพะเยา ลำปาง นนทบุรี ราชบุรี สุพรรณบุรี สมุทรสาคร อุตรดิตถ์ และกรุงเทพฯ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2556) และมีการส่งออกไม้ดอกไม้ประดับเป็นอันดับที่ 20 ของโลก โดยในปี 2555 รวมมูลค่า 3,478 ล้านบาท เพิ่มขึ้นจากปี 2554 ร้อยละ 1.15 (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) รวมทั้งดาวเรืองเป็นดอกไม้ที่คนไทยรู้จักกันเป็นอย่างดี เนื่องจากเป็นพืชที่ปลูกง่าย โตเร็ว มีความคงทนต่อสภาพแวดล้อม สามารถปลูกได้ทุกสภาพพื้นที่ สีสันสวยงามสะดุดตา อายุการใช้งานของดอกประมาณ 7 วัน อายุการเก็บเกี่ยวที่สั้น และสามารถจัดจำหน่ายได้ นอกจากปลูกดาวเรืองเพื่อจำหน่ายตัดดอกขายแล้ว ยังสามารถนำมาปลูกในกระถางหรือถุงพลาสติก เพื่อนำไปประดับอาคารบ้านเรือน หรือสถานที่ต่างๆ (อภิรติ และ กุลนาถ, 2550) ดังนั้นการปลูกไม้กระถางจะต้องมีวัสดุปลูกที่ช่วยในการเก็บความชื้น และทำให้รากพืชยึดเกาะ เช่น ขุยมะพร้าว แกลบ หรือทราย เป็นต้น รวมทั้งให้ธาตุอาหารแก่พืชได้ ซึ่งจิราภรณ์ และคณะ (2560) ได้ศึกษาผลของหินฟองน้ำชนิดปุ๋ยต่อการเติบโตและการสะสมธาตุอาหารของดาวเรืองในดินเนื้อปานกลาง พบว่า หินฟองน้ำชนิดปุ๋ยผสมกับดินเนื้อปานกลางให้จำนวนดอกดาวเรืองมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี รวมทั้งมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนในดินหลังการทดลองมากที่สุด ดังนั้นเห็นได้ว่าหินฟองน้ำชนิดปุ๋ยน่าจะเป็นวัสดุผสมที่เหมาะสมต่อการปลูกดาวเรือง จึงสนใจที่จะทำการศึกษาปลูกดาวเรืองในดินเนื้อละเอียดผสมกับหินฟองน้ำชนิดปุ๋ยในอัตราส่วนต่างๆต่อการเติบโต การสะสมธาตุอาหารพืช และสมบัติบางประการของดินหลังการทดลอง

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design; CRD) จำนวน 8 ซ้ำ และ 4 ดำรับทดลองดังนี้ คือ

ดำรับที่ 1 ดินเนื้อละเอียด 12 ลิตร (ควบคุม; ไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมี; soil (control))

ดำรับที่ 2 ดินเนื้อละเอียด 12 ลิตร ผสมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในอัตรา 50 กก./ไร่ (soil + chemical fertilizer)

ดำรับที่ 3 ดินเนื้อละเอียดผสมกับหินฟองน้ำชนิดที่มีปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในสัดส่วนดินกับหินฟองน้ำ 2:1 โดยปริมาตร (soil + sponge stone (2:1))

ดำรับที่ 4 ดินเนื้อละเอียดผสมกับหินฟองน้ำชนิดที่มีปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในสัดส่วนดินกับหินฟองน้ำ 4:1 โดยปริมาตร (soil + sponge stone (4:1))

เริ่มจากการเพาะกล้าดาวเรืองในกระบะเพาะกล้า ขนาด 72 หลุม โดยใช้ทรายผสมถ่านกลบเป็นวัสดุเพาะกล้า ในสัดส่วน 2:1 โดยปริมาตร ส่วนการเตรียมดินเริ่มต้นจากดำรับที่ 1 และ 2 นำดินแห้งในปริมาตร 12 ลิตร ใส่ลงในกระถางสีดำ ขนาด 10 นิ้ว ดำรับที่ 3 นำดินแห้งในปริมาตร 8 ลิตร ผสมกับหินฟองน้ำปริมาตร 4 ลิตร และดำรับที่ 4 นำดินแห้งปริมาตร 9.6 ลิตร ผสมกับหินฟองน้ำปริมาตร 2.4 ลิตร หลังจากนั้นเมื่อกล้าดาวเรืองมีอายุ 14 วันหลังเพาะเมล็ด ทำการคัดเลือกต้นกล้าที่มีขนาดสม่ำเสมอ ย้ายปลูกลงในกระถางของแต่ละดำรับทดลอง โดยย้ายกล้าปลูกลงดาวเรืองจำนวน 1 ต้น/กระถาง (ซ้ำ) และให้น้ำทุกวันในปริมาตร 250 มิลลิลิตรต่อกระถาง โดยดินที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นดินปากช่อง เป็นดินเนื้อละเอียด (clay; sand 5.4%, silt 19.1% และ clay 75.5%) ปฏิกริยาดินเป็นกรดเล็กน้อย (pH=6.2) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ปานกลาง (avail. P= 13.0 มก./กก.) และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ (exch. K=18 มก./กก.)

การเก็บข้อมูล

การเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้น โดยวัดจากส่วนเหนือดินจนถึงปลายยอดทุก 7 วัน ที่ดาวเรืองอายุ 7 วันหลังย้ายกล้า จนถึงดาวเรืองอายุ 49 วันหลังย้ายกล้า (days after transplanting; DAT) เมื่อดาวเรืองอายุ 56 DAT นั้น นำตัวอย่างพืชไปอบที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้งและบันทึกผล

คุณภาพดอก ได้แก่ จำนวนดอก เริ่มนับจำนวนดอกที่บานเต็มที่ทุกวัน และขนาดของดอก วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของดอกที่บานเต็มที่ทุกวัน โดยเริ่มวัดที่ดาวเรืองอายุ 42 DAT จนถึงดาวเรืองอายุ 56 DAT

ปริมาณธาตุอาหารหลักสะสมในพืชนั้น นำตัวอย่างพืชที่อบแห้งแล้ว นำมาบดให้ละเอียด เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลักที่สะสมในพืช คือปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดตามวิธีการของทศนีย์และจงรักษ์ (2542)

ปริมาณธาตุอาหารหลักในดินหลังการเก็บเกี่ยว เก็บตัวอย่างดินแต่ละกระถางที่ระดับความลึก 0-10 เซนติเมตรในแต่ละกระถาง (ซ้ำ) นำไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วแบ่งตัวอย่างดินออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 นำตัวอย่างดินมาบดและร่อนดินผ่านตะแกรงร่อนดินขนาด 0.5 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และส่วนที่ 2 นำตัวอย่างดินมาบดและร่อนดินผ่านตะแกรงร่อนดินขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ทศนีย์ และจงรักษ์, 2542)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) และนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลตามวิธีการของ Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์

จากการปลูกดาวเรืองในแต่ละดำรับทดลอง ได้แก่ ดิน (ดำรับควบคุม), ดินผสมปุ๋ยเคมี ดินผสมหินฟองน้ำ 2:1 และ ดินผสมหินฟองน้ำ 4:1 พบว่า ต้นดาวเรืองในแต่ละช่วงอายุของแต่ละดำรับทดลองให้ความสูงของต้นดาวเรืองมีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 1) โดยดาวเรืองที่ปลูกในดินผสมปุ๋ยเคมี 15-15-15 ให้ความสูงของดาวเรืองสูงที่สุดที่อายุ 7 และ 14 DAT ขณะที่ดาวเรืองอายุ 21 28 35 42 และ 49 DAT ที่ปลูกในดินผสมปุ๋ยเคมี ดินผสมให้หินฟองน้ำ 2:1 และดินผสมให้หินฟองน้ำ 4:1 ให้ความสูงของต้นดาวเรืองไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ให้ความสูงของต้นดาวเรืองมากกว่าดำรับที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย ซึ่งจากผลการทดลองสังเกตให้เห็นว่าการปลูกดาวเรืองในดินผสมปุ๋ยเคมีนั้นจะให้ความสูงของต้นดาวเรืองสูงมากกว่าดำรับทดลองอื่นๆในช่วงแรก ทั้งนี้เพราะเม็ดปุ๋ยเคมีเมื่อสัมผัสความชื้นในดิน ส่งผลให้เม็ดปุ๋ยเคมีละลาย และปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมาได้อย่างรวดเร็ว จึงส่งผลให้ช่วงแรกของการเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองมีความสูงของต้นสูงที่สุด แต่หลังจากต้นดาวเรืองก็มีความสูงต้นไม่แตกต่างกันทางสถิติในดำรับดินผสมปุ๋ยเคมีเทียบกับดินผสมหินฟองน้ำชนิดปุ๋ย 2:1 และ 4:1 แสดงว่าหินฟองน้ำชนิดปุ๋ยในช่วงแรกจะค่อยๆดูดน้ำเข้าไปจนหินฟองน้ำอิ่มตัวด้วยน้ำ แล้วจึงจะค่อยๆละลายปุ๋ยที่อัดอยู่ในหินฟองน้ำ และปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมา (พรพิมล และคณะ, 2560) ส่งผลให้การเจริญเติบโตของต้นดาวเรืองในช่วงแรกช้ากว่าการปลูกต้นดาวเรืองในดินผสมปุ๋ยเคมีที่ดาวเรืองอายุ 7-14 DAT แต่หลังจากนั้นความสูงต้นดาวเรืองใกล้เคียงกัน ส่วนดำรับควบคุมที่ปลูกในดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมีให้ความสูงของดาวเรืองน้อยที่สุด

Table 1 Plant height (cm) of marigold at 7, 14, 21, 28, 35, 42 and 49 DAT

Treatments	Plant height (cm)						
	7 DAT	14 DAT	21 DAT	28 DAT	35 DAT	42 DAT	49 DAT
soil (control)	5.7 b	8.0 c	10.0 b	13.7 b	18.7 b	19.3 b	20.3 b
soil + chemical fertilizer	7.0 a	12.0 a	14.7 a	19.0 a	23.0 a	26.3 a	28.0 a
soil + sponge stone (2:1)	6.2 b	10.3 b	16.3 a	20.3 a	24.7 a	26.7 a	29.3 a
soil + sponge stone (4:1)	6.0 b	9.7 b	14.3 a	19.3 a	24.0 a	26.7 a	29.3 a
F-test	**	**	**	**	**	**	**
CV. (%)	10.86	12.00	13.43	13.82	14.40	14.20	14.16

Values followed by the same letter in a column are not significant at 1% level by the Duncan Multiple Range Test.

ขณะที่การปลูกดาวเรืองในดินผสมหินฟองน้ำ 2:1 และ 4:1 ให้น้ำแห้งของดาวเรืองแตกต่างกันทางสถิติ โดยการปลูกดาวเรืองในดินผสมหินฟองน้ำ 2:1 และ 4:1 ให้น้ำแห้งของดาวเรืองมากที่สุด รองลงมาคือการปลูกดาวเรืองในดินผสมปุ๋ยเคมี 15-15-15 และดาวเรืองที่ปลูกในดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยให้น้ำหนักแห้งน้อยที่สุด (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับ จิราภรณ์ และคณะ (2560) รายงานว่าการปลูกดาวเรืองในดินเนื้อปานกลาง (ดินกำแพงแสน) ผสมหินฟองน้ำ 2:1 และ 4:1 ส่งเสริมให้ดาวเรืองสร้างน้ำหนักแห้งสูง อย่างไรก็ตามดาวเรืองที่ปลูกในดินผสมปุ๋ยเคมี ดินผสมหินฟองน้ำ 2:1 และดินผสมหินฟองน้ำ 4:1 ให้จำนวนดอกต่อต้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อยู่ในช่วง 9-10 ดอกต่อต้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับดาวเรืองที่ปลูกในดินที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (ดำรับควบคุม) พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยดำรับควบคุมให้จำนวนดอกต่อต้นน้อยที่สุด คือ 4 ดอกต่อต้น (table 2) ส่วนขนาดดอกนั้น การปลูกดาวเรืองในดินผสมหินฟองน้ำให้ขนาดดอกมีความแตกต่างกันทางสถิติ และให้ขนาดดอกใหญ่กว่าการปลูกดาวเรืองในดินที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี แต่เมื่อเปรียบเทียบกับดำรับที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีนั้น พบว่า การปลูกดาวเรืองในดินผสมปุ๋ยเคมี ดินผสมหินฟองน้ำ 2:1 และ 4:1 ให้ขนาดดอกไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อย่างไรก็ตามการปลูกดาวเรืองในดินผสมหินฟองน้ำ 2:1 มีแนวโน้มให้ขนาดดอกใหญ่กว่าการปลูกดาวเรืองในดินผสมปุ๋ยเคมี และดินผสมหิน

ฟองน้ำ 4:1 (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่าการค่อยๆปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมาจากหินฟองน้ำชนิดปุ๋ย ส่งผลให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหารพืชไปกับการชะละลายของน้ำได้น้อย จึงให้ขนาดดอกมีขนาดใหญ่กว่าการปลูกดาวเรืองในดินผสมปุ๋ยเคมี รวมทั้งการปลูกดาวเรืองในดินผสมหินฟองน้ำ 2:1 ก็ให้ขนาดดอกมีขนาดใหญ่กว่าการปลูกดาวเรืองในดินผสมหินฟองน้ำ 4:1 เพราะมีปริมาณหินฟองน้ำมาก จึงส่งผลให้มีปริมาณธาตุอาหารสูง

Table 2 Plant dry weight (g) flower number and flower size (cm) of marigold at 56 DAT

Treatments	Dry weight (g)	Flower number	Flower size (cm)
soil (control)	4.10 c	4 b	5.41 b
soil + chemical fertilizer	14.29 b	10 a	5.72 ab
soil + sponge stone (2:1)	15.50 a	9 a	6.22 a
soil + sponge stone (4:1)	15.02 a	9 a	5.83 ab
F-test	**	**	*
CV.(%)	13.92	15.18	14.76

Values followed by the same letter in a column are not significant at 5% and 1% level by the Duncan Multiple Range Test.

ผลของอัตราส่วนของหินฟองน้ำผสมดินเนื้อละเอียดต่อการสะสมธาตุอาหารพืช พบว่า อัตราส่วนของหินฟองน้ำมีผลทำให้การสะสมปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดในดาวเรืองมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (Table 3) โดยการปลูกดาวเรืองในดินผสมหินฟองน้ำ 2:1 และ 4:1 ส่งผลให้ปริมาณการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดในพืชสูงกว่าการปลูกดาวเรืองในดินผสมปุ๋ยเคมี ทั้งนี้เพราะเม็ดปุ๋ยเคมีเมื่อสัมผัสความชื้นในดิน ส่งผลให้เม็ดปุ๋ยเคมีละลาย และปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมาได้อย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหารไปกับน้ำได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งจะสังเกตเห็นได้จากความสูงของต้นดาวเรืองเจริญเติบโตเร็วในช่วงแรกที่อายุดาวเรือง 7-14 DAT ดังแสดงใน Table 1 ขณะที่หินฟองน้ำชนิดปุ๋ยค่อยๆดูดซึมน้ำเข้าไปในหินฟองน้ำ แล้วค่อยๆละลายเม็ดปุ๋ยที่อัดอยู่ในหินฟองน้ำออกมา ทำให้ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนค่อยๆปลดปล่อยละลายออก จึงส่งผลให้มีประสิทธิภาพการให้ปุ๋ยไนโตรเจนสูง ซึ่งสอดคล้องกับจิราภรณ์ และคณะ (2560) รายงานว่าการปลูกดาวเรืองในดินเนื้อปานกลางผสมหินฟองน้ำ 2:1 ก็ส่งผลให้มีปริมาณการสะสมไนโตรเจนทั้งหมดในดาวเรืองสูงที่สุดเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบเนื้อดินที่ต่างกันนั้น พบว่าการปลูกดาวเรืองในดินเนื้อละเอียด (clay; ดินปากช่อง) ให้ปริมาณการสะสมไนโตรเจนในพืชมากกว่าการปลูกดาวเรืองในดินเนื้อปานกลาง (silt; ดินกำแพงแสน) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะดินเนื้อละเอียดมีอนุภาคในดินที่มีขนาดเล็กมากๆ ที่อยู่ในลักษณะของคอลลอยด์ดิน เช่น แร่ดินเหนียวซิลิเกต (silicate clay) มากกว่าดินเนื้อปานกลาง ซึ่งอนุภาคขนาดเล็กๆส่วนใหญ่มิมีประจุลบ ส่งผลให้ดินเนื้อละเอียดมีประจุลบมากกว่าดินเนื้อปานกลาง ทำให้มีความสามารถดูดซับธาตุอาหารพืชกลุ่มแคตไอออนต่างๆได้มากตามไปด้วย เช่น ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมไอออน (NH_4^+ -N) เป็นต้น ขณะที่การปลูกดาวเรืองในดินผสมหินฟองน้ำ 2:1 ให้ปริมาณการสะสมฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมดในพืชสูงสุด รองลงมาคือ ดินผสมหินฟองน้ำ 4:1 ดินผสมปุ๋ยเคมี และดินที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (Table 3) ซึ่งอาจเป็นเพราะการปลูกดาวเรืองในดินผสมหินฟองน้ำ 2:1 มีธาตุอาหารมากกว่าการปลูกดาวเรืองในดินผสมหินฟองน้ำ 2:1 และการปลูกดาวเรืองในดินผสมปุ๋ยเคมี เกิดการสูญเสียธาตุอาหารได้เร็วกว่าการปลูกดาวเรืองในดินผสมหินฟองน้ำ 2:1 และ 4:1

Table 3 Total N P and K accumulation in plant (g/kg DW) of marigold at 56 DAT

Treatments	Total N	Total P	Total K
soil (control)	8.94c	0.006d	12.42d
soil + chemical fertilizer	49.88b	0.039c	36.36c
soil + sponge stone (2:1)	65.03a	0.068a	64.84a
soil + sponge stone (4:1)	64.12a	0.050b	47.87b
F-test	**	**	**
CV.(%)	10.04	14.37	17.04

Values followed by the same letter in a column are not significant at 1% level by the Duncan Multiple Range Test.

สำหรับปริมาณธาตุอาหารในดินหลังการทดลองนั้น พบว่า การปลูกดาวเรืองในดินผสมปุ๋ยเคมี ดินผสมหินฟองน้ำ 2:1 และดินผสมหินฟองน้ำ 4:1 ให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินหลังการทดลองสูงเมื่อเทียบกับดินที่ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ขณะที่การปลูกดาวเรืองในดินผสมหินฟองน้ำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการปลูกดาวเรืองในดินผสมหินฟองน้ำ 2:1 ให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินสูงกว่าการปลูกดาวเรืองในดินผสมหินฟองน้ำ 4:1 และดินผสมปุ๋ยเคมี (Table 4) ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าดินผสมหินฟองน้ำ 2:1 ในหินฟองน้ำที่ใช้ในการทดลองมีปริมาณเนื้อปุ๋ยอัดอยู่ในตัวก้อนหินฟองน้ำสูง และหินฟองน้ำค่อยๆดูดเข้าไปจนอึดตัว แล้วค่อยๆละลายและปลดปล่อยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมออกมา จึงส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังการทดลองสูง อย่างไรก็ตามการปลูกดาวเรืองในอัตราส่วนดินผสมหินฟองน้ำที่แตกต่างกัน คือ 2:1 และ 4:1 โดยปริมาตรนั้น พบว่า การปลูกดาวเรืองในดินผสมหินฟองน้ำในสัดส่วน 2:1 โดยปริมาตร ให้การเจริญโตด้านความสูง และจำนวนดอกต่อต้น มากกว่าการปลูกดาวเรืองในดินผสมหินฟองน้ำในสัดส่วน 4:1 โดยปริมาตร ทั้งนี้อาจจะเนื่องมาจากปริมาณการใส่หินฟองน้ำผสมกับดินมีปริมาณที่แตกต่างกัน โดยดินผสมหินฟองน้ำในสัดส่วน 2:1 โดยปริมาตร ใส่หินฟองน้ำในปริมาณ 4 ลิตรต่อกระถาง ขณะที่ดินผสมหินฟองน้ำในสัดส่วน 4:1 โดยปริมาตร ใส่หินฟองน้ำในปริมาณ 2.4 ลิตรต่อกระถาง ทำให้ปริมาณธาตุอาหารพืชที่ปลดปล่อยหรือละลายออกจากหินฟองน้ำ มีปริมาณธาตุอาหารพืชแตกต่างกัน

Table 4 Total N, available P and exchangeable K in soil after harvested of marigold at 56 DAT

Treatments	Total N (%)	Available P (mg/kg)	Exchangeable K (mg/kg)
soil (control)	0.26 b	11.31 d	14.53 d
soil + chemical fertilizer	0.41 a	47.94 c	34.50 c
soil + sponge stone (2:1)	0.46 a	89.81 a	85.30 a
soil + sponge stone (4:1)	0.42 a	71.67 b	55.18 b
F-test	**	**	**
CV.(%)	10.61	11.91	11.42

Values followed by the same letter in a column are not significant at 1% level by the Duncan Multiple Range Test.

สรุปผล

การปลูกดาวเรืองในอัตราส่วนดินเนื้อละเอียดและหินฟองน้ำชนิดผสมปุ๋ย 2:1 ส่งเสริมการเติบโต คุณภาพดอก และการสะสมธาตุอาหารในดาวเรืองดี ดังนั้นหินฟองน้ำสามารถใช้เป็นวัสดุปลูกร่วมหรือวัสดุผสมกับดินในการปลูกดาวเรืองได้

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณบริษัทไทยเทคโนโลยีส จำกัด และ iTAP สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัย และผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2556. สถานการณ์การผลิตและส่งออกสินค้าเกษตรของประเทศไทย. สำนักพัฒนาเกษตรกร, กรุงเทพฯ.

จิราภรณ์ การุณ บังอร อุบล และ ศุภชัย อำคา. 2560. ผลของหินฟองน้ำต่อการเติบโตและการสะสมธาตุอาหารของดาวเรืองในดินเนื้อปานกลาง. แก่นเกษตร. 45(พิเศษ1): 424-429.

ชัยวัฒน์ มีจันทร์. 2559. ผลของหินฟองน้ำที่มีต่อการกักเก็บน้ำในดิน. ปัญหาพิเศษภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ทัศนีย์ อุตตะนันท์ และจรงค์ จันทรเจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พรพิมล งามจันอัด บังอร อุบล สันชัย ภูเงิน และ ศุภชัย อำคา. 2560. ผลของหินฟองน้ำต่อการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชในดินเนื้อละเอียด. แก่นเกษตร. 45(พิเศษ1): 437-443.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. สถิติการนำเข้าและส่งออกสินค้าเกษตรที่สำคัญ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ การเกษตร, กรุงเทพฯ.

สุรีย์ ผลพิง. 2559. อิทธิพลของวัสดุคลุมดินต่างๆที่มีต่อการระเหยน้ำที่ผิวน้ำดิน. ปัญหาพิเศษ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และ กุลนาถ ออบสุวรรณ. 2550. ผลของสารโคไคซานต่อการเจริญเติบโตของต้นดาวเรือง. ว. วิทย. กษ. 38(6): 200-203.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มา

Product development for Trichoderma mixed with pelleted organic fertilizer

พลฤทธิ์ ทองคลี^{1*}Phonrit Thongklee^{1*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้มข้นของสปอร์เชื้อรา *Trichoderma harzianum* และความเข้มข้นของกากน้ำตาลที่เหมาะสมต่อการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผสมเชื้อรา *T. harzianum* ศึกษาจากปัจจัยที่เกี่ยวข้องจำนวน 2 ปัจจัย ซึ่งวางแผนการทดลองด้วยวิธีการสุ่มแบบสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) จำนวน 20 ทรีตเมนต์ โดยศึกษาผลของความเข้มข้นสปอร์เชื้อรา *T. harzianum* และเปอร์เซ็นต์ของสารละลายกากน้ำตาลต่ออัตราการมีชีวิตรอด ปริมาณสปอร์ของเชื้อราไตรโคเดอร์มา สมบัติทางกายภาพและทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าที่ความเข้มข้นสปอร์ $6.25 \times 10^7 \pm 1.46$ สปอร์/มิลลิลิตร ผสมกับกากน้ำตาล 15% (ทรีตเมนต์ที่ 9), $6.70 \times 10^8 \pm 1.26$ สปอร์/มิลลิลิตร ผสมกับกากน้ำตาล 5%, 10% และ 15% (ทรีตเมนต์ที่ 12, 13 และ 14) และที่ความเข้มข้นสปอร์ $1 \times 10^9 \pm 0.14$ สปอร์/มิลลิลิตร ผสมกับกากน้ำตาล 10% และ 15% (ทรีตเมนต์ที่ 18 และ 19) มีอัตราการมีชีวิตรอดของเชื้อรา *T. harzianum* สูงที่สุด ในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดทรีตเมนต์ที่ 18, 13, 19 และ 14 มีปริมาณสปอร์ที่นับได้เท่ากับ $4.25 \times 10^8 \pm 0.39$, $3.23 \times 10^8 \pm 0.45$, $2.42 \times 10^8 \pm 0.52$ และ $1.90 \times 10^8 \pm 0.13$ สปอร์/มิลลิลิตร ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่ากากน้ำตาลเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับเชื้อรา *T. harzianum* ดังนั้นทรีตเมนต์ที่ใช้สารละลายสปอร์ที่ความเข้มข้น 6.70×10^8 สปอร์/มิลลิลิตร ร่วมกับกากน้ำตาลความเข้มข้น 10% และทรีตเมนต์ที่ใช้สารละลายสปอร์ที่ความเข้มข้น 1×10^9 สปอร์/มิลลิลิตร ร่วมกับกากน้ำตาลความเข้มข้น 10% จึงเหมาะสำหรับนำไปผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดผสมเชื้อรา *T. harzianum* เมื่อพิจารณาจากอัตราการมีชีวิตรอด และค่าจากการนับปริมาณสปอร์

คำสำคัญ: ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด, เชื้อราไตรโคเดอร์มา ฮัทเซียนัม

Abstract

The aim of this research was studied the concentration of spores of *Trichoderma harzianum* and molasses concentration that suitable for the production organic fertilizer pellets mixed with *T. harzianum* this studied involved two factors. The experiment was set up as a completely randomized design (CRD) with 20 treatments. The effect of spore concentration of *T. harzianum* and percent of molasses solutions on survival rate, spore counting, physical and chemical properties of the pelleted organic fertilizer were studied. The results show that spore concentration at $6.25 \times 10^7 \pm 1.46$ spores/ml mixed with 15% molasses (treatment no. 9), $6.70 \times 10^8 \pm 1.26$ spores/ml mixed with 5%, 10% and 15%

¹ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ต.แม่กา อ.เมือง จ.พะเยา 56000

School of Agriculture and Natural Resources, University of Phayao, Meaka, Muang, Phayao, 56000

*corresponding author: p_phonrit@hotmail.com

molasses (treatment no. 12, 13 and 14) and $1 \times 10^9 \pm 0.14$ spores/ml mixed with 10% and 15% molasses (treatment no. 18 and 19 gave the highest survival rate of *T. harzianum* on organic fertilizer pellet. The treatments no. 18, 13, 19 and 14 gave highest spores concentration content as $4.25 \times 10^8 \pm 0.39$, $3.23 \times 10^8 \pm 0.45$, $2.42 \times 10^8 \pm 0.52$ and $1.90 \times 10^8 \pm 0.13$ spores/ml on, respectively. The result suggested that, molasses was necessary for *T. harzianum* and the treatment no. 13 (spore solution at 6.70×10^8 spores/ml together with 10% molasses) and 18 (spore solution at 1×10^9 spores/ml together with 10% molasses) are suitable for produced in the pelleted organic fertilizer mixed with *T. harzianum*. When considering on survival rate and spore count parameters.

Keywords: pelleted organic fertilizer, *Trichoderma harzianum*

บทนำ

ปริมาณการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ในประเทศไทยมีเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องมาจากนโยบายการพัฒนาภาคการเกษตร ปี 2559 ของรัฐบาลที่ส่งเสริมให้เกษตรกรลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมี สนับสนุนให้ใช้ปุ๋ยอินทรีย์มาทดแทนหรือใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีเพื่อลดต้นทุนการผลิต รวมถึงเกษตรกรที่ทำเกษตรแบบอินทรีย์เพิ่มมากขึ้น เห็นได้จากพื้นที่การผลิตเกษตรอินทรีย์ในประเทศไทยที่ได้รับการรับรองมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ขยายตัวเพิ่มขึ้นจาก 235,523.35 ไร่ ในปี พ.ศ. 2557 เป็น 284,918.44 ไร่ ในปี พ.ศ. 2558 (เพิ่มขึ้น 20.97%) และจำนวนฟาร์มเกษตรอินทรีย์ที่ได้รับการรับรองมาตรฐานในช่วงเวลาดังกล่าว ขยับเพิ่มขึ้นจาก 9,961 ฟาร์ม เป็น 13,154 ฟาร์ม (วิฑูรย์, 2559) ทำให้แนวโน้มความต้องการใช้ปุ๋ยอินทรีย์มีประมาณ ปีละ 580,000 ตัน (เทคโนโลยีชาวบ้าน, 2559) ในส่วนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ในประเทศไทยนั้นมีวัตถุดิบทางการเกษตรที่มีศักยภาพในการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพมีอยู่หลากหลาย เช่น ผักตบชวา เศษพืชจากไร่นา มูลสัตว์ และวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานน้ำตาล เป็นต้น โดยเฉพาะกากน้ำตาลมีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายในเกษตรกรที่ผลิตปุ๋ยอินทรีย์ใช้เอง ซึ่งกากน้ำตาลเป็นแหล่งพลังงานหรืออาหารของจุลินทรีย์ จึงทำให้เกิดการย่อยสลายเร็วขึ้น (พงษ์เทพ, 2548) นับได้ว่าเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการผลิตปุ๋ยหมัก และปุ๋ยชีวภาพของเกษตรกร

ในปัจจุบันได้มีการรณรงค์ให้เกษตรกร ลด หลีกเสี่ยงหรือเลิกใช้สารเคมีความคุมศัตรูพืชกันอย่างกว้างขวาง ซึ่งในทางปฏิบัติการควบคุมโรคพืชด้วยสารเคมียังคงเป็นสิ่งจำเป็นที่เกษตรกรไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้เพราะยังหาวิธีการอื่น ๆ ที่มีประสิทธิภาพเท่าเทียมกันมาทดแทนได้ ทั้งนี้ในประเทศไทยได้มีการพัฒนาชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มา โดย ผศ.ดร. จิระเดช แจ่มสว่าง และคณะ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่รู้จักและยอมรับถึงประสิทธิภาพการควบคุมโรคพืชของเชื้อราไตรโคเดอร์มา อย่างไรก็ตามผู้วิจัยพบว่ามีปัญหาเกี่ยวกับเทคนิควิธีการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาที่ค่อนข้างยุ่งยาก และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายสูงกว่าสารเคมี จึงมีแนวคิดในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาที่อยู่ในรูปปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้ชีวภัณฑ์ของเกษตรกรมากยิ่งขึ้น การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มามีหลายรูปแบบ ได้แก่ รูปแบบผงเชื้อ รูปแบบเม็ดหั่วเชื้อ รูปแบบน้ำ ตลอดจนการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสด ซึ่งนำไปใช้ได้หลายวิธี เช่น การใช้เชื้อสดผสมกับปุ๋ยหมักแล้วใช้คลุกเคล้ากับดินในหลุมปลูก การคลุกเมล็ดด้วยเชื้อสด และการใช้น้ำสปอร์ที่ได้จากการล้างเชื้อสดออกจากเมล็ดข้าว เหวาดหรือฉีดยาลงดิน (จิระเดช และวรรณวิไล, 2545) อย่างไรก็ตามยังไม่มีรายงานการใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาที่ผสมกับปุ๋ยอินทรีย์ในรูปแบบอัดเม็ด ในการควบคุมโรคพืชระดับดินมาก่อน ดังนั้นในการศึกษารังนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้มข้นของสปอร์เชื้อรา *Trichoderma harzianum* และกากน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มา โดยมีการตรวจสอบปริมาณเชื้อราไตรโคเดอร์มาที่มีชีวิตรอดในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ในช่วงเวลาต่าง ๆ ของการเก็บรักษา

อุปกรณ์และวิธีการ

กิจกรรมการพัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มา

การเตรียมเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ CB-Pin-01 โดยใช้หัวเชื้อจากห้องปฏิบัติการควบคุมโรคพืชโดยชีวภาพ คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งเป็นหัวเชื้อบริสุทธิ์ชนิดผง นำมาเลี้ยงในข้าวสุกตามวิธีของ จิระเดช และวรรณวิไล (2542) เป็นบ่มไว้เป็นเวลา 7 วัน เพื่อเตรียมสารละลายสปอร์ในการทดลองต่อไป

การเตรียมปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ใช้วัตถุดิบในการผลิตจำนวน 5 ชนิดได้แก่ แร่ลีโอไนต์ ปุ๋ยหมักผักตบชวา หินบะซอลต์บด มูลสุกร มูลไก่ อัตราส่วนเท่ากับ 3:1:1:3:2 โดยน้ำหนัก ตามลำดับ (ชัยมงคล และบุญร่วม, 2558) ซึ่งได้ผ่านขั้นตอนการตีป่นละเอียด เพื่อนำผงวัตถุดิบมาผสมในถังผสมตามอัตราส่วนที่กล่าวข้างต้น และเข้าสู่ขั้นตอนการอัดเม็ดต่อไป

การเตรียมสารละลายสปอร์เชื้อรา *T. harzianum* และกากน้ำตาลความเข้มข้นต่าง ๆ ที่เหมาะสมต่อการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด ซึ่งใช้เป็นตัวเชื่อมประสานในขั้นตอนการผสมวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการอัดเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ มี 2 ปัจจัยได้แก่ ปัจจัยที่ 1 คือ ความเข้มข้นของสารละลายสปอร์เชื้อรา *T. harzianum* CB-Pin-01 จากเชื้อขยายชนิดสดจำนวน 4 ระดับ ได้แก่ 0 (ไม่ใส่สปอร์เชื้อ), $6.25 \times 10^7 \pm 1.46$ (2 กรัม เชื้อสดต่อน้ำ 1 ลิตร), $6.70 \times 10^8 \pm 1.26$ (10 กรัม เชื้อสดต่อน้ำ 1 ลิตร) และ $1 \times 10^9 \pm 0.14$ (20 กรัม เชื้อสดต่อน้ำ 1 ลิตร) สปอร์ต่อมิลลิลิตร และปัจจัยที่ 2 คือ ระดับความเข้มข้นของกากน้ำตาล (molasses) จำนวน 5 ระดับ ได้แก่ 0% (ไม่ใส่กากน้ำตาล), 5%, 10%, 15% และ 20% อัตราผสม 450 มิลลิลิตรต่อปุ๋ยอินทรีย์ 1 กิโลกรัม จัดปัญหาการทดลองแบบ 4x5 แฟกทอเรียลและวางแผนการทดลองสุ่มสมบูรณ์ (4x5 Factorial in CRD) จำนวน 20 กรรมวิธี ๆ ละ 5 ซ้ำ (Table 1)

จากนั้นตรวจหาเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเชื้อรา *T. harzianum* บนเม็ดปุ๋ยอินทรีย์หลังผสมตามแต่ละกรรมวิธีโดยใช้วิธี agar method ดัดแปลงจากวิธีของ Kawasaki and Machado (2013) ซึ่งแต่ละครั้งสุ่มตัวอย่างปุ๋ยจากแต่ละกรรมวิธีมาวางบนอาหาร PDA (potato dextrose agar) จำนวน 10 เม็ด 3 ซ้ำ บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 วัน แล้วนำมานับการเจริญของเชื้อรา *T. harzianum* และคำนวณเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเชื้อรา *T. harzianum* บนอาหาร PDA ได้จากสูตร เปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเชื้อรา *T. harzianum* = (จำนวนเม็ดปุ๋ยที่มีเชื้อรา *T. harzianum* เจริญ/จำนวนเม็ดปุ๋ยทั้งหมด) $\times 100$ โดยใช้ระยะเวลาในการทดลอง 0 - 31 วัน

การตรวจนับปริมาณสปอร์เชื้อรา *T. harzianum* ในเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ในแต่ละกรรมวิธีที่ระยะเวลา 0 (หลังผลิตเสร็จ) 15 และ 30 วัน ของการเก็บรักษา โดยชั่งปุ๋ย 10 กรัม ละลายในน้ำกลั่นที่นิ่งฆ่าเชื้อปริมาตร 100 มิลลิลิตร เขย่าด้วย vortex เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำไปกรองผ่านตะแกรงขนาด 35 ไมครอน นำสารแขวนลอยที่กรองได้ไปตรวจนับโดยใช้ Hemacytometer ตรวจนับปริมาณสปอร์ และวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์ผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มา ได้แก่ ความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) และปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด (total Nitrogen) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P_2O_5) และโพแทสเซียมทั้งหมด (total K_2O) วิเคราะห์ผลการทดลอง โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT

ผลและวิจารณ์

เปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเชื้อรา *T. harzianum* ของเม็ดปุ๋ยอินทรีย์หลังเก็บนาน 0 - 31 วัน พบว่าปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดที่ผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มาที่ความเข้มข้นต่าง ๆ มีจำนวน 6 ทริตเมนต์ที่มี เปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเชื้อรา *T. harzianum* สูง ได้แก่ ทริตเมนต์ที่ 9 ($6.25 \times 10^7 \pm 1.46$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร + Molasses 15%), ทริตเมนต์ที่ 13 ($6.70 \times 10^8 \pm 1.26$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร + Molasses 10%), ทริตเมนต์ที่ 14 ($6.70 \times 10^8 \pm 1.26$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร + Molasses

15%), ทรีตเมนต์ที่ 18 ($1 \times 10^9 \pm 0.14$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร + Molasses 10%), ทรีตเมนต์ที่ 19 ($1 \times 10^9 \pm 0.14$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร + Molasses 15%) และ ทรีตเมนต์ที่ 12 ($6.70 \times 10^8 \pm 1.26$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร + Molasses 5%) คือ 100%, 100%, 100%, 100%, 100% และ 93.3% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าความเข้มข้นระหว่างสารละลายสปอร์เชื้อราไตรโคเดอร์มา กับกากน้ำตาลในทรีตเมนต์ที่แสดงไว้ข้างต้นมีแนวโน้มที่สามารถนำไปผลิตในระดับโรงงานปุ๋ยอินทรีย์ และยังคงมีเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเชื้อราไตรโคเดอร์มาในระดับสูง และพบว่าในทรีตเมนต์ที่ไม่ใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มามีการเจริญของเชื้อราชนิดอื่นในเม็ดปุ๋ยอินทรีย์บนอาหาร PDA ในส่วนทรีตเมนต์ที่ใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มามีเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเชื้อราชนิดอื่นในเม็ดปุ๋ยอินทรีย์บนอาหาร PDA ในส่วนทรีตเมนต์ที่ใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มามีเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดต่ำกว่า (ความเข้มข้นกากน้ำตาลที่ 20%) พบว่า เปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเชื้อราไตรโคเดอร์มาลดลงเมื่อเก็บไว้นานเนื่องจากเชื้อราชนิดอื่นเจริญได้ดี และส่วนทรีตเมนต์ที่ไม่ใช้กากน้ำตาล พบว่าในช่วงสัปดาห์แรกมีเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดของเชื้อราไตรโคเดอร์มาสูงและเมื่อเวลาในการเก็บรักษานานขึ้น พบว่าเชื้อราไตรโคเดอร์มามีเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดต่ำลง แสดงให้เห็นว่าเมื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มาออกมาแล้ว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ภายใน 2 สัปดาห์หลังผลิต ดังนั้นกล่าวได้ว่าการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ข้างต้นไม่จำเป็นต้องใช้กากน้ำตาลเป็นส่วนผสม และเป็นการประหยัดต้นทุนการผลิต ยกเว้น ทรีตเมนต์ที่ไม่ใช้กากน้ำตาลหรือใช้กากน้ำตาล และไม่ใส่เชื้อราไตรโคเดอร์มาที่ไม่พบการเจริญของเชื้อราไตรโคเดอร์มาในเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ (Table 2)

เมื่อนำมาตรวจนับปริมาณสปอร์ของ *T. harzianum* ในเม็ดปุ๋ยอินทรีย์หลังเก็บรักษาเป็นเวลา 0 - 30 วัน พบว่า มีปริมาณสปอร์เชื้อราไตรโคเดอร์มาเพิ่มขึ้น ได้แก่ ทรีตเมนต์ที่ 9 (เพิ่มขึ้นจาก 0.017×10^7 เป็น 4.1×10^7 สปอร์ต่อมิลลิลิตร), ทรีตเมนต์ที่ 12 (เพิ่มขึ้นจาก 0.26×10^7 เป็น 1.63×10^7 สปอร์ต่อมิลลิลิตร), ทรีตเมนต์ที่ 13 (เพิ่มขึ้นจาก 0.37×10^7 เป็น 32.33×10^7 สปอร์ต่อมิลลิลิตร), ทรีตเมนต์ที่ 14 (เพิ่มขึ้นจาก 0.31×10^7 เป็น 19×10^7 สปอร์ต่อมิลลิลิตร), ทรีตเมนต์ที่ 18 (เพิ่มขึ้นจาก 1.17×10^7 เป็น 42.50×10^7 สปอร์ต่อมิลลิลิตร) และ ทรีตเมนต์ที่ 19 (เพิ่มขึ้นจาก 1.47×10^7 เป็น 24.17×10^7 สปอร์ต่อมิลลิลิตร) อย่างไรก็ตามผู้วิจัยจำเป็นต้องคัดเลือกความเข้มข้นระหว่างสารละลายสปอร์เชื้อราไตรโคเดอร์มา กับกากน้ำตาลที่เหมาะสมที่สุดที่เชื้อราไตรโคเดอร์มาเจริญได้ดี ได้แก่ ทรีตเมนต์ที่ 13 ($6.70 \times 10^8 \pm 1.26$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร + Molasses 10%) มีปริมาณสปอร์เชื้อราไตรโคเดอร์มาหลังเก็บรักษา 30 วัน เพิ่มขึ้นจาก 0.37×10^7 สปอร์ต่อมิลลิลิตร เป็น 32.33×10^7 สปอร์ต่อมิลลิลิตร และทรีตเมนต์ที่ 18 ($1 \times 10^9 \pm 0.14$ สปอร์ต่อมิลลิลิตร + Molasses 10%) มีปริมาณสปอร์เชื้อราไตรโคเดอร์มาหลังเก็บรักษา 30 วัน เพิ่มขึ้นจาก 1.17×10^7 สปอร์ต่อมิลลิลิตร เป็น 42.50×10^7 สปอร์ต่อมิลลิลิตร (Table 3)

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ด พบว่า มีค่าความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) มีค่าอยู่ระหว่าง 22.45 - 23.63%, 5.9 - 6.81, 1.24 - 2.86 ds/m และ 30.50 - 39.27% ตามลำดับ ส่วนการวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด (total Nitrogen) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (total P_2O_5) และโพแทสเซียมทั้งหมด (total K_2O) พบว่า ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มาก่อนเก็บรักษามีประมาณ 1 - 1.27%, 0.94 - 1.2% และ 0.93 - 2.22% ตามลำดับ เป็นไปตามประกาศกรมวิชาการเกษตร เรื่อง กำหนดเกณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์ พ.ศ. 2557 ตามพระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มาหลังเก็บนาน 15 วัน พบว่ามีไนโตรเจนประมาณ 0.62 - 0.97% ฟอสฟอรัสประมาณ 1.21 - 1.62% และมีโพแทสเซียมประมาณ 1.89 - 2.75% และ ปริมาณธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มาหลังเก็บนาน 30 วัน พบว่ามีไนโตรเจนประมาณ 0.66 - 0.82% ฟอสฟอรัสประมาณ 1.08 - 1.44% และมีโพแทสเซียมประมาณ 2.02 - 2.75% เห็นได้ว่าปริมาณไนโตรเจนจากการวิเคราะห์ก่อนเก็บรักษาถึงอายุการเก็บที่ 30 วัน มีปริมาณลดลงอย่างมาก จากรายงานของ Danielson and Davey (1973) สนับสนุนว่า เชื้อรา *T. harzianum* สามารถใช้แหล่งไนโตรเจน (nitrogen source) ในการใช้ผลิต

เอนไซม์ ได้อย่างกว้างขวาง เช่น ในรูปของ KNO_3 , urea, casamino acids, L-alanine, L-aspartic acid, L-glutamic acid, L-cysteine, L-leucine, D-aspartic acid, L-histidine, D-alanine แหล่งไนโตรเจนในรูป $(\text{NH}_4)^+ -\text{N}$ และ เชื้อรา *T. harzianum* จะใช้แหล่งไนโตรเจนได้ดีในรูปของ $(\text{NO}_3)^- -\text{N}$ อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ไนโตรเจนของปุ๋ยอินทรีย์ลดลง (Table 4)

Table 1 Treatment number from factorial combination of molasses and *T. harzianum* concentration.

Molasses' concentration (M)	<i>T. harzianum</i> ' concentration (S)			
	0 (spores/ml)	$6.25 \times 10^7 \pm 1.46$ (spores/ml)	$6.70 \times 10^8 \pm 1.26$ (spores/ml)	$1 \times 10^9 \pm 0.14$ (spores/ml)
0%	T1	T6	T11	T16
5%	T2	T7	T12	T17
10%	T3	T8	T13	T18
15%	T4	T9	T14	T19
20%	T5	T10	T15	T20

Table 2 Percentage of survival of *T. harzianum* after mixing with pelleted organic fertilizer.

Percentage of survival											
<i>T. harzianum</i> concentration (S)	Molasses ¹ concentration (M)	Treatment no.	0 ^{1/} day	3 rd day	7 th day	11 th day	15 th day	19 th day	23 th day	27 th day	31 th day
0	0%	T1	0 ^{2/}	0	0	0	0	0	0	0	0
	5%	T2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	10%	T3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	15%	T4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	20%	T5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.25×10 ⁷ (spores/ml)	0%	T6	100	100	90	90	0	0	0	0	0
	5%	T7	100	100	100	90	90	80	0	0	0
	10%	T8	100	100	100	60	46.67	30	16.67	0	0
	15%	T9	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	20%	T10	100	100	100	100	26.67	13.33	0	0	0
6.70×10 ⁸ (spores/ml))	0%	T11	100	100	100	96.67	66.67	40	0	0	0
	5%	T12	100	100	100	100	100	100	100	100	93.33
	10%	T13	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	15%	T14	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	20%	T15	100	100	100	100	83.33	66.67	0	0	0
1×10 ⁹ (spores/ml)	0%	T16	100	100	100	100	96.67	83.33	40	0	0
	5%	T17	100	100	100	100	100	100	70	56.67	46.67
	10%	T18	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	15%	T19	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	20%	T20	100	100	100	100	100	63.33	30	0	0

^{1/} After production is completed, ^{2/} No growth was observed in our tests

Table 3 spore counting of *T. harzianum* after mixing with pelleted organic fertilizer.

<i>T. harzianum</i> concentration (S)	Molasses' concentration (M)	Treatment no.	Haemocytometer count (Values are $\times 10^7$ spores/ml)		
			0 day	15 th day	30 th day
0	0%	T1	0 ^{1/f}	0 ^e	0 ^f
	5%	T2	0 ^f	0 ^e	0 ^f
	10%	T3	0 ^f	0 ^e	0 ^f
	15%	T4	0 ^f	0 ^e	0 ^f
	20%	T5	0 ^f	0 ^e	0 ^f
6.25 $\times 10^7$ (spores/ml)	0%	T6	0.013 $\pm 0.0^e$	0 ^e	0 ^f
	5%	T7	0.013 $\pm 0.0^e$	0.002 $\pm 0.0^d$	0 ^f
	10%	T8	0.014 $\pm 0.0^e$	0.035 $\pm 0.0^d$	0 ^f
	15%	T9	0.017 $\pm 0.0^e$	1.38 $\pm 0.32^{cd}$	4.10 $\pm 0.56^e$
	20%	T10	0.018 $\pm 0.0^e$	0.006 $\pm 0.0^d$	0 ^f
6.70 $\times 10^8$ (spores/ml)	0%	T11	0.21 $\pm 0.12^d$	0.012 $\pm 0.0^d$	0 ^f
	5%	T12	0.26 $\pm 0.04^d$	1.42 $\pm 0.38^{cd}$	1.63 $\pm 0.08^e$
	10%	T13	0.37 $\pm 0.03^d$	1.37 $\pm 0.13^{cd}$	32.33 $\pm 4.51^b$
	15%	T14	0.31 $\pm 0.04^d$	1.36 $\pm 0.15^{cd}$	19 $\pm 1.27^d$
	20%	T15	0.33 $\pm 0.1^d$	0.012 $\pm 0.0^d$	0 ^f
1 $\times 10^9$ (spores/ml)	0%	T16	1.33 $\pm 0.14^{bc}$	0.035 $\pm 0.0^d$	0 ^f
	5%	T17	1.30 $\pm 0.05^{bc}$	1.88 $\pm 0.13^c$	0.63 $\pm 0.12^e$
	10%	T18	1.17 $\pm 0.14^c$	15.27 $\pm 2.68^b$	42.50 $\pm 3.91^a$
	15%	T19	1.47 $\pm 0.25^{ab}$	18.33 $\pm 1.76^a$	24.17 $\pm 5.2^c$
	20%	T20	1.57 $\pm 0.08^a$	0.90 $\pm 0.04^{cd}$	0 ^f
S			**	**	**
M			*	**	**
SxM			**	**	**
%CV			4.47	5.87	5.37

Mean in each column followed by different letters were different significantly by Duncan's multiple range test (DMRT). **=0.01, *=0.05

^{1/}No found spore in our tests

Table 4 Properties of pelleted organic fertilizer

<i>T. harzianum</i> concentration (S)	Molasses' concentration (M)	Treatment no.	pH	Moisture (%)	EC (dS·m ⁻¹)	OM (%)
0	0%	T1	6.68 ^{abc}	23.62	1.24 ⁱ	30.50 ^l
	5%	T2	6.54 ^{b-f}	23.71	1.44 ^{ghi}	31.24 ^{kl}
	10%	T3	6.47 ^{c-f}	23.57	1.52 ^{gh}	35.04 ^f
	15%	T4	6.45 ^{def}	23.55	2.33 ^{cd}	33.88 ^s
	20%	T5	5.96 ⁱ	23.05	2.59 ^b	35.99 ^{de}
6.25x10 ⁷ (spores/ml)	0%	T6	6.81 ^a	22.88	1.29 ⁱ	30.40 ^l
	5%	T7	6.60 ^{a-e}	23.05	1.61 ^{fg}	32.83 ^h
	10%	T8	6.34 ^{fg}	23.62	1.59 ^{fg}	31.87 ^{ijk}
	15%	T9	6.18 ^{gh}	22.85	1.68 ^{ef}	35.36 ^{ef}
	20%	T10	5.90 ⁱ	22.95	2.42 ^{bcd}	38.95 ^{ab}
6.70x10 ⁸ (spores/ml)	0%	T11	6.80 ^a	22.45	1.30 ⁱ	32.40 ^{hij}
	5%	T12	6.64 ^{a-d}	23.63	2.34 ^{cd}	36.94 ^c
	10%	T13	6.65 ^{a-d}	22.66	2.53 ^{bc}	37.16 ^c
	15%	T14	6.38 ^{efg}	22.68	2.21 ^d	36.47 ^{cd}
	20%	T15	6.35 ^{fg}	23.02	2.60 ^b	38.74 ^{ab}
1x10 ⁹ (spores/ml)	0%	T16	6.71 ^{ab}	23.02	1.34 ^{hi}	31.56 ^{jk}
	5%	T17	6.56 ^{b-f}	23.28	1.70 ^{ef}	32.67 ^{hi}
	10%	T18	6.52 ^{b-f}	23.02	1.85 ^e	38.11 ^b
	15%	T19	6.01 ^{hi}	22.82	2.64 ^b	35.57 ^{ef}
	20%	T20	6.07 ^{hi}	23.09	2.86 ^a	39.27 ^a
S			**	ns	**	**
M			**	ns	**	**
SxM			**	ns	**	**
%CV			1.85	5.21	6.10	6.08

Mean in each column followed by different letters were different significantly by Duncan's multiple range test (DMRT). **=0.01, *=0.05 and ns = nonsignificant

Table 4 Analysis of total nitrogen, total phosphorus and total potassium in pelleted organic fertilizer

<i>T. harzianum</i> concentration (S)	Molasses' concentration (M)	Treatment no.	Total nitrogen (%)			Total P ₂ O ₅ (%)			Total K ₂ O (%)		
			0 day	15 th day	30 th day	0 day	15 th day	30 th day	0 day	15 th day	30 th day
0	0%	T1	1.02 ^k	0.78 ^{cd}	0.80 ^{ab}	0.94 ^k	1.23 ^g	1.19	1.04 ^{ij}	1.23 ^{fg}	2.28 ^e
	5%	T2	1.16 ^e	0.97 ^a	0.74 ^{a-e}	1.11 ^b	1.35 ^{c-f}	1.18	0.96 ^k	1.35 ^{c-f}	2.75 ^a
	10%	T3	1.18 ^d	0.85 ^b	0.74 ^{a-e}	0.98 ^h	1.25 ^{efg}	1.17	1.13 ^h	1.25 ^{efg}	2.60 ^{bc}
	15%	T4	1.19 ^c	0.92 ^a	0.69 ^{cde}	0.92 ^l	1.26 ^{efg}	1.08	1.45 ^f	1.26 ^{efg}	2.39 ^{de}
	20%	T5	1.27 ^a	0.83 ^{bc}	0.74 ^{a-e}	0.99 ^g	1.42 ^{bcd}	1.25	1.75 ^c	1.42 ^{bcd}	2.63 ^{ab}
6.25x10 ⁷ (spores/ml)	0%	T6	1.15 ^f	0.74 ^{de}	0.75 ^{a-e}	0.97 ⁱ	1.33 ^{d-g}	1.21	2.22 ^a	1.33 ^{d-g}	2.59 ^{bc}
	5%	T7	1.16 ^e	0.67 ^{ghi}	0.73 ^{a-e}	1.03 ^f	1.53 ^{ab}	1.32	0.95 ^k	1.53 ^{ab}	2.66 ^{ab}
	10%	T8	1.16 ^e	0.71 ^{efg}	0.73 ^{a-e}	0.94 ^k	1.41 ^{bcd}	1.24	1.34 ^g	1.41 ^{bcd}	2.64 ^{ab}
	15%	T9	1.18 ^d	0.69 ^{fgh}	0.73 ^{b-e}	1.05 ^e	1.44 ^{bcd}	1.26	1.73 ^c	1.44 ^{bcd}	2.66 ^{ab}
	20%	T10	1.16 ^e	0.72 ^{efg}	0.76 ^{abc}	0.99 ^g	1.41 ^{bcd}	1.33	1.85 ^b	1.41 ^{bcd}	2.47 ^{cd}
6.70x10 ⁸ (spores/ml)	0%	T11	1.01 ^l	0.64 ^{hi}	0.66 ^e	0.90 ^m	1.42 ^{bcd}	1.24	1.03 ^j	1.42 ^{bcd}	2.02 ^f
	5%	T12	1.09 ⁱ	0.68 ^{fgh}	0.70 ^{cde}	0.94 ^k	1.32 ^{d-g}	1.22	1.09 ^j	1.32 ^{d-g}	2.26 ^e
	10%	T13	1.11 ^h	0.68 ^{fgh}	0.75 ^{a-e}	0.96 ^j	1.61 ^a	1.44	1.55 ^e	1.61 ^a	2.60 ^{bc}
	15%	T14	1.09 ⁱ	0.69 ^{fgh}	0.69 ^{cde}	1.06 ^d	1.21 ^g	1.13	1.17 ^h	1.21 ^g	2.56 ^{bc}
	20%	T15	1.19 ^c	0.74 ^{def}	0.76 ^{a-d}	1.07 ^c	1.42 ^{bcd}	1.26	1.45 ^f	1.42 ^{bcd}	2.61 ^{abc}
1x10 ⁹ (spores/ml)	0%	T16	1.01 ^l	0.67 ^{ghi}	0.66 ^{de}	0.88 ⁿ	1.44 ^{bcd}	1.17	0.95 ^k	1.44 ^{bcd}	2.47 ^{cd}
	5%	T17	1.05 ^j	0.67 ^{ghi}	0.68 ^{cde}	0.92 ^k	1.48 ^{bc}	1.29	0.88 ^l	1.48 ^{bc}	2.29 ^e
	10%	T18	1.11 ^h	0.65 ^{hi}	0.70 ^{cde}	0.94 ^k	1.32 ^{d-g}	1.20	0.93 ^k	1.32 ^{d-g}	2.53 ^{bc}
	15%	T19	1.13 ^g	0.65 ^{hi}	0.76 ^{a-d}	1.05 ^e	1.62 ^a	1.39	1.07 ^{ij}	1.62 ^a	2.56 ^{bc}
	20%	T20	1.23 ^b	0.62 ⁱ	0.82 ^a	1.20 ^a	1.38 ^{cde}	1.30	1.65 ^d	1.38 ^{cde}	2.55 ^{bc}
S			**	**	ns	**	**	ns	**	**	**
M			**	**	**	**	ns	ns	**	**	**
SxM			**	**	**	**	**	ns	**	**	**
%CV			0.034	3.11	4.99	0.13	3.96	4.40	1.59	0.06	2.36

Mean in each column followed by different letters were different significantly by Duncan's multiple range test (DMRT). **=0.01 and ns = nonsignificant



Figure 1 Percentage of survival of *T. harzianum* on potato dextrose agar for Trichoderma mixed with pelleted organic fertilizer at shelf life of 0 (after production is completed) 15 and 30 days. (Table 2)

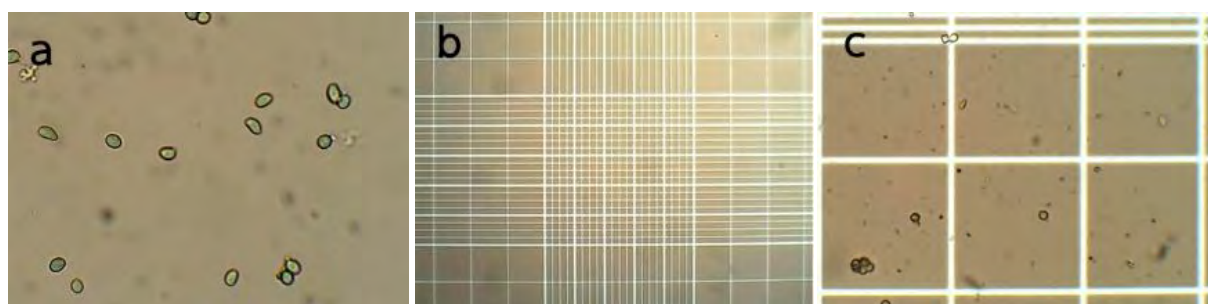


Figure 2 a. *Trichoderma harzianum* spores

b. Table on Haemocytometer skin under microscope is 40 times magnification

c. Spores of *Trichoderma harzianum* on the table Haemocytometer skin under a microscope magnification of 100 times. (Table 3)

สรุป

จากผลการทดลองพัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มา แสดงให้เห็นว่ากากน้ำตาลมีความจำเป็นต่ออัตราการมีชีวิตรอดของเชื้อราไตรโคเดอร์มาบนเม็ดปุ๋ยอินทรีย์เมื่อต้องใช้เวลาในการเก็บเพิ่มขึ้น ซึ่งได้คัดเลือกจำนวน 2 ทริตเมนต์ ได้แก่ ทริตเมนต์ที่ 13 โดยใช้สารละลายสปอร์เชื้อราไตรโคเดอร์มาที่ความเข้มข้น 6.70×10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ร่วมกับกากน้ำตาลความเข้มข้น 10% และทริตเมนต์ที่ 18 ใช้สารละลายสปอร์เชื้อราไตรโคเดอร์มาที่ความเข้มข้น 1×10^9 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ร่วมกับกากน้ำตาลความเข้มข้น 10% สำหรับนำไปทดสอบผลิตในกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์อัดเม็ดระดับโรงงาน และจากนั้นคัดเลือกส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุดเพียงหนึ่งเดียวสำหรับโรงงานต่อไป ผลจากการนำเม็ดปุ๋ยอินทรีย์ผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มา มาตรวจจำนวนสปอร์พบว่าปริมาณของสปอร์เชื้อราไตรโคเดอร์มาเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้

คุณภาพทางเคมีของปุ๋ยอินทรีย์ผสมเชื้อราไตรโคเดอร์มา พบว่า ความชื้น ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งหมด ผ่านมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ของกรมวิชาการเกษตร แต่ในส่วนปริมาณไนโตรเจนในเม็ดปุ๋ยอินทรีย์พบว่า มีปริมาณลดลงมากทำให้ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามที่กฎหมายกำหนด อย่างไรก็ตามผู้วิจัยต้องศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องการปรับแก้ของสูตรผสมของปุ๋ยอินทรีย์หรือเพิ่มวัตถุดิบบางชนิดเพื่อแก้ไขปริมาณไนโตรเจนที่ลดลงของปุ๋ยอินทรีย์ต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม ที่สนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- จิระเดช แจ่มสว่าง และวรรณวิไล อินทนู. 2545. การผลิตเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดด้วยเทคนิคอย่างง่ายเพื่อใช้ควบคุมโรคเน่าระดับดินของถั่วฝักยาวที่เกิดจากเชื้อรา *Sclerotium rolfsii*. น. 114-122. ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- จิระเดช แจ่มสว่าง และวรรณวิไล อินทนู. 2542. การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรคพืช. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.
- ชัยมงคล ใจกล้า และบุญร่วม คัดคำ. 2558. การปรับปรุงกระบวนการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ตราควีนพะเยา, น. 20. ในรายงานการประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 4 (ภาควิชาธรณีศาสตร์) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- เทคโนโลยีชาวบ้าน. 2559. สถานการณ์ปุ๋ยภายในประเทศ. ดินและปุ๋ย. มติชน 28: 73. เข้าถึงได้จาก: <http://info.matichon.co.th/techno/techno.php?srctag=05073010559&srcday=&search=no> [เข้าถึงเมื่อ 10 กรกฎาคม 2560].
- พงษ์เทพ วิชัยสุทธิพันธุ์. 2548. การศึกษาอัตราส่วนระหว่างปริมาณวัตถุดิบต่อปริมาณของกากน้ำตาลในน้ำสารสกัดชีวภาพที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักคะน้า. ใน รายงานการวิจัยของมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. สำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ, นครปฐม.
- วิฑูรย์ ปัญญากุล. 2559. สถานการณ์เกษตรอินทรีย์ไทยปี 2559. มุลนิธิสายใยแผ่นดิน. เข้าถึงได้จาก: <http://www.greenet.or.th/article/organic-farming/thailand> [เข้าถึงเมื่อ 10 กรกฎาคม 2560].
- Danielson, R.M. and C. B Davey. 1973. Carbon and nitrogen nutrition of *Trichoderma*. Soil Biol. Biochem, 5(5), 505–515.
- Kawasaki, V.H. and C, Machado. 2013. Establishment of a semi-selective method for the detection of *Sclerotinia sclerotiorum* in dry bean and soybean seeds. J. Seed Science, 35(4), 435–442.

การคัดเลือกแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายกากมันสำปะหลังและกากตะกอนเยื่อกระดาษ

Screening of effective bacteria in cassava waste and paper sludge degradation

ชนัญ วังษ์ชีวะสกุล¹ และสิรินภา ช่วงโอภาส^{1*}Chanat Wongsawasaku¹ and Sirinapa Chungopast^{1*}

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อคัดเลือกแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายกากมันสำปะหลัง จากอุตสาหกรรมการผลิต เอทานอลและกากตะกอนเยื่อกระดาษจากอุตสาหกรรมกระดาษ โดยการคัดแยกแบคทีเรียในอาหารที่จำเพาะ ทดสอบอัตราส่วนความกว้างของโซนใสต่อความกว้างของโคโลนี ศึกษากิจกรรมการย่อยโดยเอนไซม์อะไมเลสและเซลลูเลสที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลาย และการจัดจำแนกแบคทีเรีย ผลการทดสอบพบว่าแบคทีเรียรหัส CE1 มีค่าความกว้างของโซนใสต่อความกว้างของโคโลนี สูงสุดเท่ากับ 4.83 และมีค่าการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ 689.74 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร ในอาหารที่มีกากตะกอน ETP2A เป็นสับสเตรต ในขณะที่แบคทีเรียรหัส SS4 มีค่าการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุดคือ 745.80 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร ในอาหารที่มีกากตะกอน ETP2 เป็นสับสเตรต แบคทีเรียเหล่านี้ถูกจัดจำแนกได้เป็น *Staphylococcus kloosii* และ *Bacillus megaterium* ตามลำดับ งานวิจัยนี้ชี้ชัดว่าแบคทีเรียที่คัดแยกได้สามารถใช้ในการทำปุ๋ยหมักจากกากตะกอนเยื่อกระดาษ และพัฒนาไปสู่การผลิตหัวเชื้อได้

คำสำคัญ: กากตะกอนเยื่อกระดาษ กากมันสำปะหลัง แบคทีเรียย่อยสลายเซลลูโลส แบคทีเรียย่อยแป้ง

Abstract

The aim of this research was to screen bacteria that can be able to degrading cassava waste from ethanol industry and paper sludge from paper industry in specific medium. The ratio of clear zone width per colony width and the degradation activities by amylase and cellulase had been tested. The result showed that bacterium CE1 had given the highest ratio of clear zone width per colony width at 4.83. The reducing-sugar production was 689.740 $\mu\text{mol/ml}$ in medium that using ETP2A paper sludge as substrate. While bacterium SS4 had given the highest reducing-sugar production at 745.79 $\mu\text{mol/ml}$ in medium that using ETP2 paper sludge as substrate. These bacteria had been identified as *Staphylococcus kloosii* and *Bacillus megaterium*, respectively. This result indicated that isolated bacteria be able to make compost from paper sludge and developing those bacteria to produce inoculum.

Keywords: paper sludge, cassava waste, cellulose degrading bacteria, starch degrading bacteria

¹ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

Department of Soil science, Faculty of agriculture at Kamphaeng saen, Kasetsart University, Kamphaeng saen campus, Nakhon Pathom 73140

* corresponding author agrsrnp@ku.ac.th

บทนำ

ปัจจุบันธุรกิจภาคอุตสาหกรรมได้ขยายตัวอย่างรวดเร็วในแต่ละปีจึงมีวัสดุเหลือทิ้งจากภาคอุตสาหกรรมดังกล่าวจำนวนมาก โรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมที่มีวัสดุเหลือทิ้งเกิดขึ้นในกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก เช่น เปลือกไม้ ขี้เถ้าลอย (fly ash) และกากตะกอนบ่อน้ำเสีย ทั้งนี้พบว่าวัสดุเหลือทิ้งดังกล่าวมีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ได้ไม่เต็มที่ จึงมักจะถูกทิ้งไว้ในแหล่งผลิต ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมตามมาภายหลังได้ (Thongjoo *et al.*, 2005) โดยเฉพาะอุตสาหกรรมกระดาษซึ่งมีปริมาณกากของเสียหรือกากตะกอนกว่า 1,500 ตันต่อปีต่อโรง (น้ำหนักเปียก) ซึ่งโรงงานอุตสาหกรรมต้องรับภาระค่าใช้จ่ายในการจัดการกากของเสียเหล่านี้ (ปราณี และคณะ, 2548) ดังนั้นหากสามารถหาวิธีแปรรูปให้เป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่ม จะเป็นวิธีการหนึ่งในการลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นได้ วัตถุประสงค์การทดลองเพื่อคัดเลือกแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยสลายกากมันสำปะหลังซึ่งเป็นของเสียที่ถูกปฏิเสธจากกระบวนการผลิตเอทานอล และกากตะกอนเยื่อกระดาษที่ได้มาจากระบบบำบัดน้ำเสียของอุตสาหกรรม ที่ทำจากบริษัทเดียวกัน เพื่อนำไปผลิตเป็นหัวเชื้อและสามารถประยุกต์ใช้ในการทำปุ๋ยหมักจากกากตะกอนต่อไป

สำหรับประเทศไทยนั้นมีโรงงานผลิตเยื่อกระดาษ โรงงานผลิตกระดาษและโรงงานที่ผลิตทั้งเยื่อกระดาษและกระดาษทั้งโรงงานขนาดเล็กและขนาดใหญ่ประมาณ 100 โรงงาน (TPPIA, 1997) นอกจากนี้ สุภาวิณี (2550) รายงานว่าวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตมีความหลากหลาย ได้แก่ ไม้ ยูคาลิปตัส กากขานอ้อย กระดาษที่ใช้แล้ว เป็นต้น นอกจากนี้ในอุตสาหกรรมกระดาษยังใช้กากจากแป้งช่วยทำให้กระดาษเหนียวยิ่งขึ้น จึงมีการใช้แป้งจากมันสำปะหลัง การผลิตแป้งมันสำปะหลังที่ทำจากหัวมัน 100 ตันต่อวันจะมีของเหลือจากกระบวนการผลิต 47 ตัน ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมเมื่อทิ้งไว้ในบริเวณใกล้เคียงโรงงานแปรรูป หรือนำไปทิ้งอย่างไม่ระมัดระวัง (Aro และคณะ, 2010) ปริมาณกากตะกอนที่เกิดขึ้นของอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษยังไม่มีกรรมนำมาใช้ประโยชน์ 44 เปอร์เซ็นต์ รองลงมา คือ การใช้เป็นเชื้อเพลิงภายในโรงงาน และวัสดุปรับปรุงดินอย่างละ 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือนำไปถมที่และมีผู้ซื้อไปใช้ประโยชน์ มีความเป็นไปได้ที่จะนำกากตะกอนมาใช้ทำปุ๋ยหมัก โดยใช้แบคทีเรียเร่งการย่อยสลายกากตะกอนเหล่านี้ แบคทีเรียที่น่าสนใจสำหรับการทำหัวเชื้อได้แก่ แบคทีเรียย่อยสลายแป้งในกากมันสำปะหลัง ซึ่งแบคทีเรียนี้จะผลิตเอนไซม์อะไมเลส และแบคทีเรียย่อยสลายเซลลูโลสในกากตะกอนเยื่อกระดาษ ซึ่งแบคทีเรียนี้จะผลิตเอนไซม์เซลลูเลส Choubane และคณะ (2016) ได้ศึกษาความหลากหลายและคัดเลือกแบคทีเรียบริเวณเขตอิทธิพลรอบรากพืชที่ผลิตอะไมเลสในบางพื้นที่ของแอฟริกาเหนือ ผลการทดสอบพบว่าแบคทีเรีย *Carotonia ciliqua* และ *Ficus carica* ที่ได้จาก *Argania spinose* และ *Pistacia lentiscus* มีการผลิตอะไมเลสมากที่สุด Vaidya และ Rathore (2015) ได้ทำการคัดเลือกและจัดจำแนกแบคทีเรียที่ผลิตอะไมเลสจากดินที่ปลูกมันฝรั่ง ได้ทำการใช้สารละลายไอโอดีน (Iodine solution) เพื่อทดสอบไฮโดรไลส และได้ใช้ DNS เพื่อทดสอบกิจกรรมเอนไซม์อะไมเลส พบว่า *Bacillus* sp. สามารถผลิตเอนไซม์อะไมเลสได้มากที่สุดที่ pH 7.0 และอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ส่วนการศึกษาแบคทีเรียย่อยสลายเซลลูโลส Yuan และคณะ (2012) ได้คัดเลือกและระบุสายพันธุ์ของ *Fusarium oxysporum* ที่สร้างเซลลูเลส โดยการทดสอบความกว้างโซนใสจากการใช้อาหาร Sodium-Carboxymethyl cellulose (Na-CMC) และทำการทดสอบกิจกรรมการย่อยสลายของเอนไซม์เซลลูเลสโดยใช้วิธีดีเอ็นเอส (DNS method) จากผลการทดสอบพบว่า แบคทีเรียรหัส H57-1 มีการผลิตเซลลูเลสมากที่สุดคือ 1.43 IU/mL มีค่า pH 4.5-5.5 และมีอุณหภูมิที่เหมาะสม คือ 60-65 องศาเซลเซียส Pathak และ Navneet (2016) ได้ทำการคัดเลือกและอธิบายลักษณะของแบคทีเรียที่ย่อยสลายเซลลูเลสจากการกำจัดของเสีย โดยใช้อาหาร CMC ในการทดสอบกิจกรรมเอนไซม์เซลลูเลส พบว่าแบคทีเรียรหัส V1 หรือ *Pseudomonas* sp. สามารถย่อยเซลลูเลสได้มากที่สุด จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นว่าทั้งแบคทีเรียผลิตเอนไซม์เซลลูเลสและอะไมเลสสามารถช่วยย่อยสลายวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมได้เป็นอย่างดี ดังนั้นการใช้

แบคทีเรียเหล่านี้มาช่วยเร่งการย่อยสลาย น่าจะช่วยลดระยะเวลาในการหมักปุ๋ย และลดปริมาณของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการอุตสาหกรรมได้

อุปกรณ์และวิธีการ

กากมันสำปะหลังและกากตะกอนเยื่อกระดาษ อุปกรณ์เครื่องแก้ว ไมโครปิเปต เข็มเขี่ยเชื้อ ตะเกียงแอลกอฮอล์ หม้อนึ่งฆ่าเชื้อภายใต้ความดันไอน้ำ ตู้บ่มเชื้อ ตู้อบแห้ง ตู้เขี่ยเชื้อ เครื่องชั่งไฟฟ้า เครื่องวัดพีเอช ตู้เย็นและตู้แช่แข็ง กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง เครื่องผสมสาร สีย้อมแบคทีเรีย เครื่องเขย่า เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ อ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ เครื่องปั่นเหวี่ยง อาหารเลี้ยงเชื้อ ได้แก่ nutrient agar (NA), starch agar (SA), carboxymethyl cellulose medium (CMC) และ nutrient broth (NB)

การคัดแยกแบคทีเรียจากกากมันสำปะหลังและตะกอนเยื่อกระดาษ

เก็บตัวอย่างกากมันสำปะหลัง (Decanter E85 ที่ผ่านขั้นตอนการรีดน้ำออก และ AS E85 ที่ไม่ได้ผ่านขั้นตอนการรีดน้ำออก) จากอุตสาหกรรมเอทานอล และกากตะกอนเยื่อกระดาษ (ETP2 ที่ไม่ได้ผ่านขั้นตอนการรีดน้ำออก และ ETP2A ที่ผ่านการรีดน้ำออก) จากโรงงานกระดาษที่จังหวัด ปราจีนบุรี จำนวน 4 ตัวอย่าง ใช้ตัวอย่าง 10 กรัม แยกแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการย่อยแป้งในกากมันสำปะหลัง และย่อยเซลลูโลสในกากตะกอนเยื่อกระดาษ โดยวิธีการคล้ายคลึงกับการเจือจางสารละลายดิน (ธงชัยและคณะ, 2551) ซึ่งมีระดับการเจือจาง 10^{-1} - 10^{-6} นำไปกระจาย (spread plate) บนอาหาร SA และ CMC แต่ละความเจือจางทำ 3 ซ้ำ นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน จากนั้นเลือกโคโลนีที่เจริญบนอาหารที่มีลักษณะแตกต่างกัน

ทดสอบประสิทธิภาพการย่อยแป้งและเซลลูโลสของแบคทีเรีย

ทดสอบแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายแป้ง และแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายเซลลูโลส โดยเลี้ยงแบคทีเรียในอาหาร SA และ CMC ขีดเส้นแบ่งงานเพาะเชื้อออกเป็น 4 ส่วน จากนั้นใช้ไม้จิ้มฟันที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วแตะเชื้อที่เป็นโคโลนีมาจุดลงบนอาหารแต่ละส่วน นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน เก็บผลการย่อยสลายแป้งโดยนำสารละลายไอโอดีนมาหยดบนอาหารเลี้ยงเชื้อให้ท่วมตามวิธีของ Vaidya และ Rathore (2015) ส่วนผลการย่อยสลายเซลลูโลส เก็บผลโดยนำ 0.1 เปอร์เซ็นต์ congo red มาหยดบนอาหารเลี้ยงเชื้อให้ท่วม ทิ้งไว้ 15 นาที แล้วล้างออกด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ประมาณ 2-3 ครั้ง จนเห็นโซนใส ที่เกิดขึ้นรอบโคโลนีของแบคทีเรียตามวิธีของ Pathak and Navneet (2016) จากนั้นวัดความกว้างโคโลนีของแบคทีเรีย และความกว้างโซนใส อัตราส่วนระหว่างความกว้างโซนใสต่อความกว้างโคโลนี

การทดสอบกิจกรรมเอนไซม์ของแบคทีเรีย

เตรียมหัวเชื้อโดยเลี้ยงในอาหาร NB เชื้อเชื้อ 1 loop แล้วนำไปใส่เครื่องเขย่า เป็นเวลา 1 วัน เมื่อได้เชื้อที่เลี้ยงไว้แล้วให้นำไปปรับ ค่าความขุ่น (OD) ด้วยน้ำกลั่น โดยการวัดค่าด้วยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร ให้เซลล์มีความขุ่นเท่ากับ 0.6 ($OD_{600} = 0.6$) นำแบคทีเรียที่คัดแยกได้แต่ละชนิด และแบคทีเรียไอโซเลต SS4 ที่มีอยู่แล้วในห้องปฏิบัติการ ซึ่งคัดแยกได้จากกากตะกอนใบโอ๊ต (เนตรนภา, 2552) ใส่ลงในอาหาร CMC ที่ใส่กากมันสำปะหลังและกากตะกอนเยื่อกระดาษแทน carboxymethyl cellulose เพื่อศึกษากิจกรรมเอนไซม์อะไมเลสและกิจกรรมเอนไซม์เซลลูเลส ตามลำดับ โดยเตรียมฟาสต์ละ 100 มิลลิลิตร ทำเชื้อละ 3 ซ้ำ เลี้ยงแบคทีเรียโดยใช้เครื่องเขย่า เป็นเวลา 7 วัน นำมารอง และปิเปต 1 มิลลิลิตร จากนั้นเติม dinitrosalicylic acid (DNS) 3 มิลลิลิตร นำไปต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที วัดค่าการ

ดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร นำค่าที่ได้เทียบกับกราฟมาตรฐานคำนวณปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ในหน่วย ไมโครโมลของกลูโคสต่อมิลลิกรัม ดัดแปลงจากวิธีของ (Behera, 2014)

การจัดจำแนกแบคทีเรีย

นำแบคทีเรียที่คัดเลือกมาศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาเบื้องต้นโดยการย้อมสีแบบแกรม การสกัดดีเอ็นเอด้วยชุดสกัด NucleoSpin tissue (Macherey-Nagel, Germany) และเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอด้วยเทคนิคพีซีอาร์เพื่อจัดจำแนกแบคทีเรียโดยใช้ ยีน 16S rRNA ซึ่งมีไพรเมอร์ 2 คู่ คือ 785F 5' (GGA TTA GAT ACC CTG GTA) 3' และ 907R 5' (CCG TCA ATT CMT TTR AGT TT) 3' กับ 27F 5' (AGA GTT TGA TCM TGG CTC AG) 3' และ 1492R 5' (TAC GGY TAC CTT GTT ACG ACT T) 3' สำหรับการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอทำตามวิธีของ Marogen Inc, Korea

วิธีวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SAS โดยวิธีวิเคราะห์ของ Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์

ผลการคัดแยกแบคทีเรียจากกากมันสำปะหลัง และกากตะกอนเยื่อกระดาษ

การคัดแยกแบคทีเรียจากกากมันสำปะหลัง (Decanter E85 และ AS E85) พบความแตกต่างของโคโลนีแบคทีเรีย บนอาหาร SA ทั้งหมด 3 ไอโซเลต ได้แก่แบคทีเรียรหัส SD1 SD2 และ SA1 ส่วนการคัดแยกแบคทีเรียจากกากตะกอนเยื่อกระดาษ (ETP2 และ ETP2A) พบความแตกต่างของโคโลนีแบคทีเรีย บนอาหาร CMC ทั้งหมด 2 ไอโซเลต ได้แก่แบคทีเรียรหัส CE1 และ CE2 ซึ่งจะนำมาเปรียบเทียบกับแบคทีเรีย SS4 ที่มีอยู่แล้วในห้องปฏิบัติการ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการย่อยสลายแป้ง และเซลลูโลสของแบคทีเรีย

จาก table 1 ผลการทดสอบพบว่า แบคทีเรียรหัส SD2 มีค่าความกว้างของโคโลนีเฉลี่ย 0.2 ซม. และค่าความกว้างโซนใสเฉลี่ย 1.3 ซม. ซึ่งทำให้มีอัตราส่วนระหว่างความกว้างโซนใสต่อความกว้างโคโลนีเฉลี่ยสูงสุดมีค่า 5.7 ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จาก table 3 แบคทีเรียรหัส CE1 มีความกว้างของโคโลนีเฉลี่ย 0.1 ซม. และความกว้างโซนใสเฉลี่ย 0.6 ซม. ซึ่งมีอัตราส่วนระหว่างความกว้างโซนใสต่อความกว้างโคโลนีเฉลี่ยสูงมีค่า 4.8 แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติ งานวิจัยของ ศิริณา (2558) ที่พบว่าแบคทีเรียที่มีอัตราส่วนระหว่างความกว้างโซนใสต่อความกว้างโคโลนีมาก จะมีประสิทธิภาพในการสร้างเอนไซม์และส่งผลทำให้การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์มากขึ้นตามไปด้วย แต่ไม่ได้ทำการเปรียบเทียบกับแบคทีเรียรหัส SS4 ซึ่งมีอยู่แล้วในห้องปฏิบัติการ

ผลการทดสอบกิจกรรมเอนไซม์ของแบคทีเรียย่อยสลายแป้ง และเซลลูโลส

จากผลการทดลอง figure 1a และ 1b ประสิทธิภาพของแบคทีเรียในการย่อยสลายแป้งรหัส SD2 มีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุดในอาหารที่มี Decantor E85 และ AS E85 เป็นสับสเตรต มีค่า 678.23 และ 636.20 ไมโครโมลต่อมิลลิกรัม ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมคิดเป็น 47.76 และ 34.64 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียรหัส SD2 มีการปลดปล่อยเอนไซม์อะไมเลส สามารถย่อยสลายกากมันสำปะหลัง Decanter E85 มีประสิทธิภาพสูงสุด เมื่อเปรียบเทียบกับรายงานของ Aransiola และ Fagade (2015) มีการย่อยสลายเปลือกมันสำปะหลังผสมฟางข้าว โดย *Pseudomonas* sp. มีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 28.70, 45.11 และ 14.00 ไมโครโมลต่อ

มิลลิลิตร ในระยะเวลา 14 วัน ซึ่งมีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์น้อยกว่า อย่างไรก็ตามในตำรับควบคุมมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ อาจเนื่องมาจากสีของสารตัวอย่างทำปฏิกิริยากับสารละลาย DNS

จากผลการทดลอง figure 1c และ 1d ประสิทธิภาพของแบคทีเรียในการย่อยสลายเซลลูโลสรหัส CE1 มีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่สูงที่สุดในอาหารที่มี ETP2 และ ETP2A เป็นสับสเตรต มีค่า 657.21 และ 689.74 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมคิดเป็น 40.86 และ 49.13 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อนำค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มาเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ ศิริมา (2558) พบว่าในระยะเวลา 7 วัน แบคทีเรีย CS ย่อยสลายซังข้าวโพด ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส มีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 320.17 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร ซึ่งมีค่าต่ำกว่าการย่อยสลายกากตะกอน ETP2A โดยแบคทีเรียรหัส CE1 แบคทีเรียรหัส SS4 ที่มีอยู่แล้วในห้องปฏิบัติการได้จากการคัดแยกจากกากตะกอนไบโอแก๊ส (เนตรนภา, 2552) มีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงในอาหารที่มี ETP2 เป็นสับสเตรต เท่ากับ 745.80 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร แต่มีค่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ในอาหารที่มี ETP2A เป็นสับสเตรต ต่ำกว่า เท่ากับ 667.72 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับแบคทีเรียรหัส CE1 อย่างไรก็ตามในตำรับควบคุมมีค่ากิจกรรมของเอนไซม์ อาจเนื่องมาจากสีของสารตัวอย่างทำปฏิกิริยากับสารละลาย DNS

ผลการจัดจำแนกแบคทีเรียย่อยสลายกากมันสำปะหลัง และแบคทีเรียย่อยสลายกากตะกอนเยื่อกระดาษ

การศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาเบื้องต้นโดยการย้อมสีแบบแกรมพบว่าแบคทีเรียรหัส SD2 เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปร่างท่อน แบคทีเรียรหัส CE1 เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างกลม และแบคทีเรียรหัส SS4 เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปร่างท่อน จาก table 3 เมื่อจัดจำแนกสายพันธุ์แบคทีเรียทั้ง 3 ไอโซเลต ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายกากมันสำปะหลัง และกากตะกอนเยื่อกระดาษ มีเปอร์เซ็นต์การจัดจำแนกความคล้ายคลึงเท่ากับ 99% พบว่า แบคทีเรียรหัส SD2 คือ *Klebsiella pneumoniae* ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดโรคปอดอักเสบ (สมชาย และกาญจนา, 2532), CE1 คือ *Staphylococcus kloosii* ไม่มีรายงานสาเหตุของการก่อโรค ซึ่งมีรายงานการพบแบคทีเรียอยู่ในจีนัส *Acinetobacter*, *Pseudomonas* และ *Staphylococcus* ที่ย่อยสลายเซลลูโลสในลำไส้ปลวก (Pourramezan *et al.* 2012) ส่วนแบคทีเรียรหัส SS4 คือ *Bacillus megaterium* ไม่มีรายงานสาเหตุการก่อโรค และพบว่ามีประสิทธิภาพในการย่อยสลายเซลลูโลส สอดคล้องกับ Shakoob *et al.* (2013) ที่พบว่า *Bacillus megaterium* S3 สามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ghribi *et al.*, (2016) ที่พบแบคทีเรียสกุล *Klebsiella* และ *Bacillus* จากของเสียในโรงงานกระดาษ และมีรายงานว่าแบคทีเรีย *Staphylococcus kloosii* เจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 6-46 องศาเซลเซียส และสามารถทนความร้อนได้ถึง 60 องศาเซลเซียส (นิธิยา, 2545) ส่วน *Bacillus megaterium* เจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 31-76 องศาเซลเซียส และสามารถทนความร้อนได้ถึง 90 องศาเซลเซียส (Warth, 1978) โดยเมื่อนำไปทำปุ๋ยหมัก กองปุ๋ยหมักจะมีอุณหภูมิสูงถึง 40-50 องศาเซลเซียส (สมศักดิ์, 2521) ซึ่ง *Staphylococcus kloosii* และ *Bacillus megaterium* สามารถเจริญอยู่ได้ ส่วน *Klebsiella pneumoniae* ที่เจริญได้ดีในช่วงอุณหภูมิ 25-42 องศาเซลเซียส (Tsuji, 1982) จะไม่สามารถเจริญอยู่ได้ในกองปุ๋ยหมัก

Table 1 The diameter of colony width, clear zone width and ratio of clear zone width per colony width on starch agar

Treatment	Colony (cm.)	Clear zone (cm.)	Ratio
SD1	0.4 ^b	1.1 ^b	3.0 ^b
SD2	0.2 ^b	1.3 ^b	5.7 ^a
SA1	1.6 ^a	2.7 ^a	1.7 ^b
F-test	**	**	*
CV (%)	18.741	15.809	33.124

Statistically significant differences indicated with * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ by Duncan's new multiple range test. ns: non-significant

Table 2 The diameter of colony width, clear zone width and ratio of clear zone width per colony width on CMC medium

Treatment	Colony (cm.)	Clear zone (cm.)	Ratio
CE1	0.1 ^b	0.6 ^b	4.8
CE2	1.2 ^a	3.7 ^a	3.2
F-test	**	**	ns
CV (%)	17.765	5.371	35.872

Statistically significant differences indicated with * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ by Duncan's new multiple range test. ns: non-significant

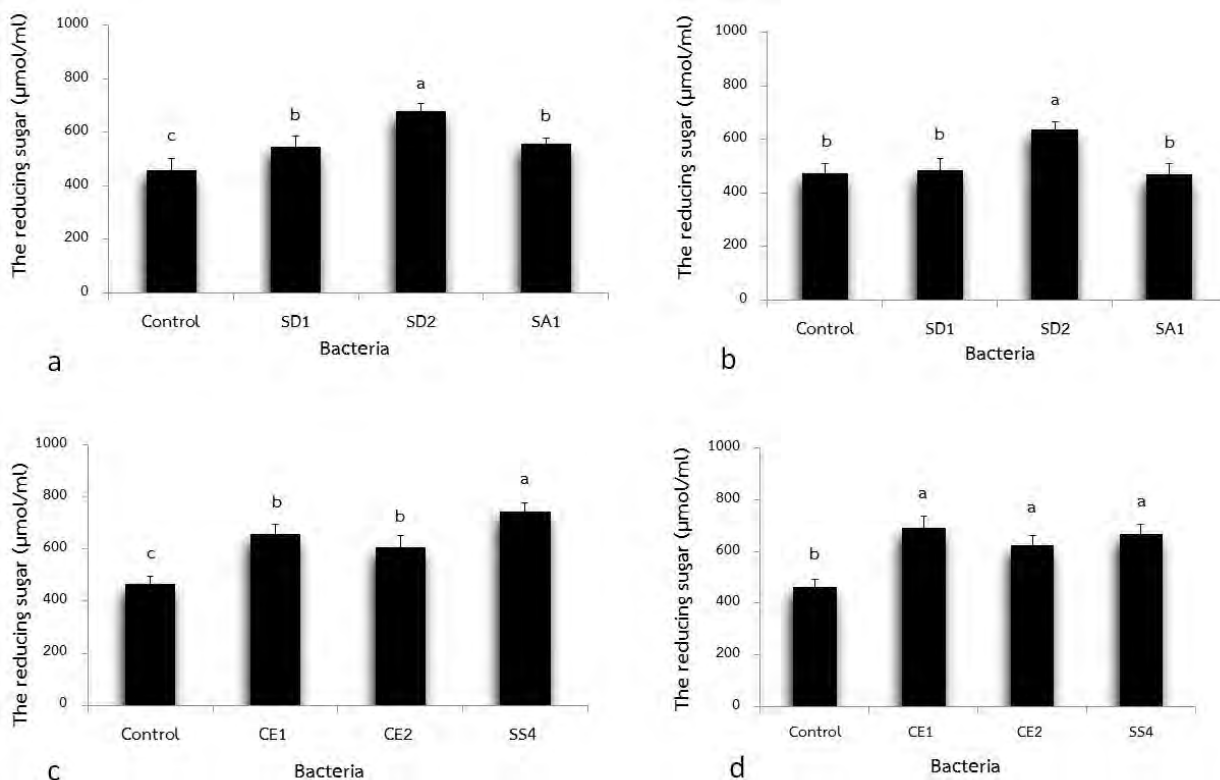


Figure 1 Reducing sugar releasing in CMC medium, **a** using Decanter E85 as substrate, **b** using AS E85 as substrate, **c** using ETP2 as substrate, **d** using ETP2A as substrate

Table 3 Identification of bacteria degraded cassava waste and paper sludge

Bacteria	Species	Identification (%)
SD2	<i>Klebsiella pneumonia*</i>	99
CE1	<i>Staphylococcus Kloosii</i>	99
SS4	<i>Bacillus megaterium</i>	99

* เชื้อสาเหตุโรคคน (สมชาย และกาญจนา, 2532)

สรุป

การคัดเลือกแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายกากมันสำปะหลังและกากตะกอนเยื่อกระดาษ โดยการคัดแยกแบคทีเรียในอาหาร SA และ CMC ตามลำดับ พบแบคทีเรียรหัส SD2 มีอัตราส่วนความกว้างของโซนใสต่อความกว้างของโคโลนีเฉลี่ยเท่ากับ 5.7 มีค่าการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดคือ 678.23 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร และสามารถย่อยสลายกากมันสำปะหลัง จัดจำแนกได้เป็น *Klebsiella pneumoniae* แต่ไม่เหมาะจะนำไปผลิตหัวเชื้อสำหรับทำปุ๋ยหมักเนื่องจากเป็นเชื้อก่อโรค ส่วนแบคทีเรียรหัส CE1 มีค่าความกว้างของโซนใสต่อความกว้างของโคโลนีเฉลี่ยและมีค่าการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ 4.8 และ 689.74 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และสามารถย่อยสลายกากตะกอนเยื่อกระดาษ ซึ่งจัดจำแนกได้เป็น *Staphylococcus kloosii* ส่วนแบคทีเรียรหัส SS4 จัดจำแนกได้เป็น *Bacillus megaterium* มีค่าการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 745.80 ไมโครโมลต่อมิลลิลิตร ซึ่งทั้งแบคทีเรียรหัส CE1 และ SS4 เหมาะจะนำมาผลิตหัวเชื้อได้โดยอาจใช้เป็นหัวเชื้อผสมสำหรับทำปุ๋ยหมักจากกากตะกอนเยื่อกระดาษ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโปรแกรมสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรม (Innovation and Technology Assistance Program; ITAP) และบริษัท ดี.เอ. รีเซิร์ช เซ็นเตอร์ จำกัด ที่สนับสนุนเงินทุนและตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- ธงชัย มาลา, สิริณา ช่วงโอภาส, ขวลิต ฮงประยูร และวันทนี พิงแสง. 2551. ปฏิบัติการจุลชีววิทยาทางดิน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. นครปฐม. 143 หน้า
- นิธิยา รัตนานนท์. 2545. เคมีอาหาร. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ, 487 หน้า
- เนตรนภา ปรีเปรม. 2552. การคัดแยกแบคทีเรียที่ใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์จากกากตะกอนไบโอแก๊ส. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน. 35 หน้า
- ปราณี เลิศสุทธีวงศ์, ศรีเณล ขุนทน, กฤษณา ศิริเลิศมุกด์ และสุวลี จันทรกระจ่าง. 2548. ผลผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มจากกากของเสียในโรงงานกระดาษและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. รายงานการวิจัย พัฒนาและวิศวกรรม ฉบับสมบูรณ์, ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. 56 หน้า
- ศิริณา ทองดอนน้อย. 2558. การย่อยสลายขี้ข้าวโพดและผักตบชวาโดยแบคทีเรียทนอุณหภูมิสูงที่มีประสิทธิภาพในการใช้เซลล์ูโลส. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน. 35 หน้า

- สุภาวีนี นิลเขต. 2550. การใช้กากตะกอนเยื่อกระดาษเป็นแหล่งคาร์บอนสำหรับการผลิตกลูโคสและเอนไซม์เซลลูเลสโดยเชื้อรา *Trichoderma* spp. ในปฏิกรณ์กึ่งต่อเนื่อง ขนาดระดับห้องปฏิบัติการ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 102 หน้า
- สมชาย สุพันธุ์วิช และกาญจนา สุพันธุ์วิช. 2532. การควบคุมและป้องกันโรค. 176-186 หน้า
- สมศักดิ์ วังโน. 2521. ปุ๋ยอินทรีย์. ห้างหุ้นส่วนจำกัดพัลลขันเซนเตอร์. 45-60 หน้า
- Aransiola M.N., and O.E. Fagade. 2015. Studies on the biodegradation of cassava peels (*Manihot Esculenta*) and rice straw (*Oryza Sativa*) by some selected microorganisms. Int. J. Plant Sci. Eco. 1(4): 124-130
- Aro, S.O., V.A. Aletor, O.O. Tewe, and J.O. Agbede. 2010. Nutritional potentials of cassava tuber wastes: A case study of a cassava starch processing factory in south-western Nigeria. Livest. Res. Rural Dev., 22 (11)
- Behera, B.C., S. Parida, S.K. Dutta, and H.N. Thatoi. 2014. Isolation and identification of cellulose degrading bacteria from mangrove soil of mahanadi river delta and their cellulase production ability. Am. J. Microbiol. Res. 2 (1): 41-46.
- Choubane, S., B. Cheba, and A. Benourrad. 2016. Screening and phenotypic diversity of amylase producing rhizospheric bacteria from some North African plant. Procedia Tech. 22: 1197-1204.
- Ghribi, M., F. Mouelhi, and M. Beauregard. 2016. Microbial diversity in various types of paper mill sludge: identification of enzyme activities with potential industrial application. SpringerPlus. 1492 p.
- Pathak, V. and A. Navneet. 2016. Screening and characterization of cellulose degrading bacterial isolation of waste disposal site. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci. 5(6): 898-907.
- Pourramezan Z., G.R. Ghezelbash, B. Romani, S. Ziaei, and A. Hedayatkhah. 2012. Screening and identification of newly isolated cellulose-degrading bacteria from the gut of xylophagous termite *Microcerotermes diversus* (Silvestri). Mikrobiologija. 81(6): 796-802.
- Shakoor, S., S. Aftab and A. Rehman. 2013. Characterization of cellulose degrading bacterium, *Bacillus megaterium* S3, isolated from indigenous environment. Pakistan J. Zool. 45(6): 1655-1662.
- The Thai Pulp and Paper Industries Association (TPPIA). 1997. Directory the Thai pulp and paper industries association. Bangkok.
- Thongjoo, C., S. Miyagawa, and N. Kawakubo. 2005. Effect of soil moisture and temperature on decomposition rates of some waste material from agriculture and agro-industry. Plant Prod Sci. 8(4): 475-481.
- Tsuji, A., Y. Kaneko, M. Ogawa, and S. Goto. 1982. The effects of temperature and pH on the growth of eight enteric and nine glucose non-fermenting species of gram-negative rods. Microbiol. Immunol. 26(1): 15-24.
- Vaidya S., and P. Rathore. 2015. Isolation, screening and characterization of amylase producing bacteria from soil of potato dump site from different regions of Madhya Pradesh. Int. J. Pharma. Bio. Sci. 24-29

- Warth, A.D. 1978. Relationship between the heat resistance of spores and the optimum and maximum growth temperatures of *Bacillus* species. J. Bacteriol. 134(3): 699-706.
- Yuan, L., W. Wang, Y. Pei, and F. Lu. 2012. Screening and identification of cellulose-producing strain of *Fusarium Oxysporum*. Procedia Environ. Sci. 12: 1213-1219.

ความสามารถของแบคทีเรียละลายโพแทสเซียมต่อการงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ในห้องปฏิบัติการ

The ability of potassium-solubilizing bacteria on germination of seeds

Phitsanulok 2 rice under laboratory condition

กมลชนก ห่วงมี^{1*}, พิชญ์นันท์ กังแฮ², วันวิสาข์ ปั่นศักดิ์¹ และวิภา หอมพล¹Kamonchanok Huangmee^{1*}, Pichanan kanghae², Wanwisa Punsak¹ and Wipa Homhau¹

บทคัดย่อ

แบคทีเรียละลายโพแทสเซียม (Potassium-solubilizing bacteria; KSB) เป็นจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่บริเวณรอบรากพืช มีบทบาทสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรียละลายโพแทสเซียมต่องอกของเมล็ดข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้แบคทีเรีย KSB ที่คัดเลือกได้จากดินบริเวณรากข้าวในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่มาทำการทดสอบ แบคทีเรียที่ล้างเซลล์ด้วยน้ำกลั่นและแบคทีเรียที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว (Broth) เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมที่เป็นน้ำกลั่นและอาหารเหลว MAB ทำการเพาะเมล็ดข้าวจำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด โดยวิธีการทดสอบความงอกมาตรฐานแบบ Between paper พบว่าการแช่เมล็ดข้าวด้วยแบคทีเรีย KSB (Broth) ส่งเสริมให้ร้อยละการงอกสูงสุดร้อยละ 96.75 ส่วนเมล็ดที่แช่ด้วย KSB (เซลล์) ทำให้ความเร็วในการงอกของเมล็ดข้าวสูงเฉลี่ย 30.66 ต้น/วัน รวมทั้งเพิ่มความยาวรากและส่งเสริมการงอกของต้นอ่อนให้ค่าสูงกว่ากรรมวิธีอื่น (5.73 และ 4.68 เซนติเมตร ตามลำดับ) ดังนั้นการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าการใช้แบคทีเรียละลายโพแทสเซียมที่คัดเลือกจากดินบริเวณรากข้าวจังหวัดเชียงใหม่กับข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ช่วยส่งเสริมการงอกของเมล็ด ความยาวรากและความสูงต้นอ่อนเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: โพแทสเซียม, แบคทีเรียละลายโพแทสเซียม, การงอกของเมล็ด

¹ ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹ Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture natural resources and environment, Naresuan University, Phitsanulok, 65000

² ศูนย์วิจัยข้าวจังหวัดแพร่ แพร่ 54000

² Phare Rice Research Center, Phare, 54000

*Corresponding author. E-mail: kamonchanokbird@gmail.com

Abstract

The potassium solubilizing bacteria (KSB) are a rhizospheric microorganism. It plays an important role for the growth of plants. The objectives of this experiment were to study the effects of KSB on seed germination of Phitsanulok 2 rice under laboratory room condition. KSB were isolated from rice rhizosphere soil samples Chiang Mai Province. Comparative efficiency of KSB by using KSB were washed with distilled water and KSB were inoculated in MAB at 72 including cells compared with distilled water (control) and MAB media without KSB inoculation. Then, rice seeds were conducted with 4 replications, 100 seeds/replication by standard germination test method Between paper. The results showed that soaking rice seeds in KSB (Broth) could enhance both percentage (96.75%) and KSB (Cells) increased speed of seed germination (30.66 plants/days) include root length and height of seedling (5.73 and 4.68 cm. respectively). In conclusion, soaking rice seeds with KSB were isolated from rice rhizosphere soil samples Chiang Mai Province could be a promising seeds of germination, root length and height of seedling rice.

Keywords: Potassium, Potassium-Solubilizing Bacteria, Germination of seed

บทนำ

แบคทีเรียละลายโพแทสเซียม (potassium solubilizing bacteria; KSB) เป็นแบคทีเรียที่สามารถละลายโพแทสเซียมจากแร่ที่มีโพแทสเซียมเป็นส่วนประกอบได้ เช่น แร่ไมก้า มัสโคไวท์ ออร์โทโครส และไบโอไทต์ เป็นต้น โดยการผลิตกรดอินทรีย์และกรดอนินทรีย์ เช่น กรดซิตริก กรดมาลิก กรดฟอร์มิก และกรดออกซาลิก เป็นต้น ซึ่งการผลิตกรดอินทรีย์เหล่านี้จะช่วยเพิ่มการแตกตัวของสารประกอบอินทรีย์ โดยการสร้างสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างกรดอินทรีย์และเมทัลไอออน ได้แก่ Fe^{++} , Al^{+++} และ Ca^{++} (Styriakova *et al.*, 2003; Sheng *et al.*, 2003; Sheng, 2006; Hu, 2006) ซึ่งจุลินทรีย์ที่สามารถละลายโพแทสเซียมได้แก่ *Aspergillus niger*, *Bacillus extroquens* และ *Clostridium pasteurianum* เป็นต้น (Archana, 2013)

ข้าว (Rice) เป็นธัญพืชหลักที่สำคัญที่สุดในโลกและกว่าร้อยละ 90 ของโลกข้าวมีการผลิตและบริโภคในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิกมากที่สุด (Carriger and Vallee, 2007) เป้าหมายของการผลิตข้าว คือการเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่และเพิ่มคุณภาพของผลผลิตจึงจำเป็นต้องมีการจัดการธาตุอาหารให้เหมาะสมและคัดเลือกต้นกล้าที่เจริญเติบโตได้อย่างแข็งแรง การงอกของเมล็ดเป็นพื้นฐานการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งการทดสอบการงอกของเมล็ดเป็นสิ่งสำคัญในการประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์ของพืชปลูก การงอกของข้าวหมายถึงการเกิดและการพัฒนาของต้นอ่อนจากโครงสร้างของเมล็ดสำคัญเหล่านั้น มีรายงานว่า *Azospirillum* และ *Pseudomonas* sp. สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด (Farooq *et al.*, 2011) โดยจุลินทรีย์เหล่านี้มีหน้าที่ป้องกันเมล็ดและต้นอ่อนที่มีความละเอียดอ่อนต่อความเครียดและโรคพืชต่างๆ จากสิ่งแวดล้อมในช่วงการงอก นอกจากนี้เอ็นโดไฟติกแบคทีเรีย เช่น *Enterobacter*, *Rahnella*, *Rhodanobacter*, *Pseudomonas*, *Stenotrophomonas*, *Xanthomonas* ยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตให้แก่พืช โดยการผลิตฮอร์โมน (phytohormones) เช่น auxin, cytokinin หรือ ผลิตภัณฑ์ 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC) deaminase ซึ่งจะลดปริมาณเอทิลีนในพืช และพบว่ามีการผลิตสาร indole acetic acid (IAA) ในบางสายพันธุ์ และบางสายพันธุ์สามารถตรึงไนโตรเจนมาใช้ได้ (Madhaiyan *et al.*, 2006) จากความสำคัญและความสามารถของเชื้อดังกล่าว จึงนำแบคทีเรียละลายโพแทสเซียมที่คัดแยกได้

จากดินบริเวณรากข้าวมาทดสอบความสามารถต่อการงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ในห้องปฏิบัติการ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานและเป็นแนวทางการนำไปใช้ประโยชน์กับข้าวในสภาพโรงเรือนและแปลงทดลองต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมเซลล์แบคทีเรีย นำแบคทีเรีย KSB ซึ่งคัดเลือกได้จากดินบริเวณรากข้าวจังหวัดเชียงใหม่ (กมลชนก และคณะ, 2559) มาเลี้ยงบนอาหารแข็ง Modified solid Aleksandrov medium (MAMs) โดยวิธี Streak plate ขูดเซลล์ล้างด้วยน้ำกลั่น

การเตรียมแบคทีเรีย KSB ที่เลี้ยงในอาหารเหลว นำแบคทีเรียที่ล้างเซลล์ด้วยน้ำกลั่นไปวัดความขุ่นของเชื้อ (OD_{600}) ให้ได้ 0.5 จากนั้นนำ 1 มล. ของแบคทีเรียเลี้ยงในอาหารเหลว Modified Aleksandrov Broth (MAB) 30 มล. เป็นเวลา 72 ชั่วโมง

การเตรียมเมล็ดข้าว นำเมล็ดข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 มาฆ่าเชื้อด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 3 เปอร์เซ็นต์ นาน 5 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นฆ่าเชื้อจำนวน 5 ครั้ง

การวางแผนการทดลอง นำเมล็ดข้าวที่ผ่านการฆ่าเชื้อแช่ตามกรรมวิธีเป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) ประกอบด้วย 4 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 น้ำกลั่น กรรมวิธีที่ 2 อาหารเลี้ยงเชื้อ MAB กรรมวิธีที่ 3 แบคทีเรีย KSB (Broth) และกรรมวิธีที่ 4 แบคทีเรีย KSB (เซลล์) จากนั้นนำเมล็ดเพาะบนกระดาษเพาะเมล็ดตามวิธีการทดสอบความงอกมาตรฐานแบบ Between paper ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วัน

การบันทึกข้อมูล ทำการบันทึกข้อมูลทุก 12 ชั่วโมง โดยกำหนดให้เมล็ดงอก คือ เมล็ดที่มีเรดิเคิล (radicle) แทงออกมาจากเปลือกหุ้มเมล็ดอย่างน้อย 0.2 เซนติเมตร ตามวิธีการของ Egley (1974) อ้างโดย บุญรอด และคณะ 2557 โดยข้อมูลที่เก็บรวบรวม ได้แก่

ร้อยละการงอกของเมล็ด ทำการนับจำนวนเมล็ดที่งอกในแต่ละครั้ง จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดตามสูตร (ดวงเดือน และคณะ, 2553) ดังนี้

$$\text{ค่าร้อยละการงอก (\%)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก} \times 100}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}}$$

ความยาวรากและความสูงต้นอ่อน ทำการสุ่มวัดความยาวรากและความสูงต้นอ่อนซ้ำๆ ละ 20 ต้น ทั้งหมด 4 ซ้ำรวม 80 ต้นต่อกรรมวิธี

ความเร็วในการงอกของเมล็ด ทำการนับจำนวนเมล็ดที่งอกในแต่ละครั้ง จากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณความเร็วในการงอกตามวิธีแนะนำของ จวงจันท์ (2529) ตามสูตร

$$\text{ความเร็วในการงอกของเมล็ด (ต้น/วัน)} = \frac{\sum \text{จำนวนต้นกล้าที่งอกปกติในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันที่ต้นกล้าใช้ในการงอก}}$$

ผลและวิจารณ์

ร้อยละเมล็ดงอก จากผลการทดสอบด้านร้อยละการงอกของเมล็ดข้าว พบว่า เมล็ดข้าวที่แช่ด้วยแบคทีเรียที่เพาะเลี้ยงในอาหารเหลว 72 ชั่วโมง ช่วยเพิ่มร้อยละการงอกของเมล็ดข้าวสูงสุดที่ 168 ชั่วโมงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับกรรมวิธีอื่นยกเว้นเมล็ดที่แช่ในอาหารเหลว MAB ในช่วง 24 ชั่วโมง เนื่องจาก KSB สามารถละลายโพแทสเซียมจากแร่ไมกาในอาหารเหลว (Broth) อาจเกิดจากการผลิตกรดอินทรีย์ เช่น กรดซิตริก กรดฟอรั่มิก เป็นต้น โดยกรดอินทรีย์เหล่านี้ช่วยส่งเสริมการละลายตัวของแร่ (Sheng *et al.*, 2003) ซึ่งโพแทสเซียมช่วยกระตุ้นกลไกการงอกของเอมบริโอจึงส่งเสริมให้เมล็ดงอกเร็วขึ้น การแช่เมล็ดด้วย KSB (เซลล์) ทำให้เมล็ดมีร้อยละการงอกสูงสุดร้อยละ 5.75 ช่วง 36 -72 ชั่วโมง เมล็ดข้าวที่แช่ด้วย KSB (เซลล์) มีร้อยละการงอกสูงสุดร้อยละ 92 รองลงมาคือ การแช่เมล็ดข้าวด้วย KSB (Broth) มีการงอกร้อยละ 90.25 สอดคล้องกับ Fabiola และคณะ (2012) ที่พบว่า *Acinetobacter* sp. และ *Rhodopseudomonas palustris* สามารถสร้างโคไลนและแผ่นฟิล์มเคลือบเมล็ดข้าวหลังจากบ่ม 3 วัน นอกจากนี้ยังสามารถผลิตกรดอินทรีย์และเอนไซม์จึงทำให้เมล็ดพืชมีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ได้ใส่เชื้อ ช่วง 84 – 168 ชั่วโมง เมล็ดข้าวที่แช่ด้วย KSB (Broth) มีร้อยละการงอกสูงสุด (ร้อยละ 96.75) เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวที่แช่ในน้ำกลั่นมีร้อยละการงอกต่ำกว่าอยู่ที่ร้อยละ 95.25 (Table 1)

ความเร็วในการงอกของเมล็ด จากผลของการทดสอบด้านความเร็วในการงอกแสดงให้เห็นว่าการแช่เมล็ดข้าวด้วย KSB (Broth) ทำให้เมล็ดข้าวมีความเร็วในการงอกสูงสุดที่ 72 ชั่วโมงหลังการเพาะ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับกรแช่ด้วยน้ำกลั่นเพียงอย่างเดียว เนื่องจากแบคทีเรีย KSB สามารถผลิตฮอร์โมน IAA (indole-3-acetic acid) ได้ จึงกระตุ้นให้เมล็ดข้าวมีความยาวรากและต้นอ่อนงอกได้เร็วขึ้น สอดคล้องกับการศึกษาของ อัจฉริยา (2557) ที่ทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียที่ผลิตฮอร์โมน IAA สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าว โดยพบว่าตั้งแต่ระยะงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์สันป่าตอง และ กข 6 แบคทีเรียไม่มีความเป็นพิษต่อการงอกและความแข็งแรงของต้นอ่อน แต่สามารถเพิ่มความสูงของยอดและความยาวของรากข้าวซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบคทีเรียนั้นกระตุ้นการเจริญเติบโตของข้าวได้ ในช่วง 24 ชั่วโมงที่ 24 การแช่เมล็ดด้วย KSB (เซลล์) ส่งผลให้เมล็ดข้าวมีการงอกเร็วที่สุดเฉลี่ย 5.75 ต้น/วัน เมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่นที่ยังไม่พบการงอกของเมล็ดและเห็นความแตกต่างชัดเจนในช่วง 48 เฉลี่ย 43.25 ต้น/วัน อย่างไรก็ตามช่วง 60 – 72 ชั่วโมง เมล็ดที่แช่ด้วย KSB (เซลล์) มีการงอกเร็วที่สุดเฉลี่ย 30.66 ต้น/วัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการแช่เมล็ดด้วยน้ำกลั่นที่มีความเร็วในการงอกเฉลี่ย 29.33 ต้น/วัน ส่วนช่วง 84 – 168 ชั่วโมง ความเร็วในการงอกของเมล็ดในทุกกรรมวิธีมีค่าลดลงตามช่วงระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น (Table 2)

ความยาวรากต้นอ่อน จากผลของการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการแช่เมล็ดด้วยข้าว KSB (เซลล์) ส่งเสริมให้เมล็ดข้าวมีความยาวรากสูงสุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% กับกรรมวิธีอื่น เช่นเดียวกับการใช้ *Rhodopseudomonas palustris* ในการปลูกข้าว พบว่าช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและการพัฒนาของระบบรากของเมล็ดข้าวในดินได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรไม่ใส่เชื้อ (Fabiola *et al.*, 2012) ในช่วง 48 – 96 ชั่วโมง การแช่เมล็ดข้าวด้วย KSB (เซลล์) มีความยาวรากสูงสุด (1.90 เซนติเมตร) ส่วนการแช่เมล็ดข้าวด้วย KSB (Broth) แสดงผลรองลงมา (1.77 เซนติเมตร) ช่วง 108 – 168 ชั่วโมง ความยาวรากสูงสุด (5.73 เซนติเมตร) เมื่อแช่เมล็ดข้าวด้วย KSB (เซลล์) ส่วนการแช่เมล็ดข้าวด้วยน้ำกลั่นมีความยาวรากต่ำสุดมีความยาวอยู่ที่ 2.12 เซนติเมตร อาจเนื่องจากแบคทีเรียช่วยกระตุ้นรากงอกเร็วขึ้นเมื่อเทียบกับน้ำกลั่น (Table 3)

ความสูงต้นอ่อน ผลของการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการแช่เมล็ดด้วย KSB (เซลล์) กระตุ้นให้เมล็ดข้าวมีความสูงของต้นอ่อนสูงที่สุด แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น จึงกล่าวได้ว่าจุลินทรีย์สามารถผลิตฮอร์โมนพืช และสารอื่นๆ เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Babu and Reddy, 2011) นอกจากนี้แบคทีเรียอีกชนิดอื่น ๆ เช่น *Bacillus* sp. *Bacillus subtilis* TU-Orga1 และ *P. fluorescens* TU-Orga2 สามารถผลิตฮอร์โมนหรือสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้ เช่น ออกซิน จิบเบอเรลลิน และ ไซโตไคนิน (cytokinin) โดยสามารถใช้แบคทีเรียเหล่านี้ฉีดพ่นที่ต้นและใบพืชเพื่อชักนำให้พืชผลิตสารกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืช (Buensanteai *et al.*, 2008) ในช่วง 60 ชั่วโมง เมล็ดข้าวที่แช่ด้วย KSB (เซลล์) มีความสูงมากที่สุด (0.27 เซนติเมตร) ในขณะที่กรรมวิธีอื่นๆ ยังไม่พบการงอกของต้นอ่อน ช่วง 72 – 108 ชั่วโมง การแช่เมล็ดด้วย KSB (เซลล์) ต้นอ่อนมีแนวโน้มสูงสุด (1 เซนติเมตร) ส่วน การแช่เมล็ดน้ำกลั่น มีความสูงต้นอ่อนน้อยที่สุด (0.81 เซนติเมตร) ระยะเวลา 120 – 168 ชั่วโมง เมล็ดข้าวที่แช่ด้วย KSB (เซลล์) มีความสูงต้นอ่อนสูงสุด (4.68 เซนติเมตร) และการแช่เมล็ดข้าวด้วยน้ำกลั่นมีความสูงต้นอ่อนต่ำสุดคือ 3.1 เซนติเมตร (Table 4)



Table 1 Percentage of seed germination after incubation 0 – 168 hours

Treatment	Percentage of seed germination													
	Time (hr.)													
	0-12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168
Control	0	0.00	14.00b	37.35c	82.25b	88.00b	91.00b	91.50c	93.00b	93.25b	94.25b	94.25ab	95.25ab	95.25b
MAB	0	0.00	13.25b	46.50b	86.00ab	90.00ab	92.75ab	94.75ab	95.25ab	95.25ab	95.25ab	95.25ab	95.25ab	96.00ab
CMI 4-2 (Broth)	0	0.00	14.00b	53.00b	85.50ab	90.25ab	94.50a	96.50a	96.50a	96.75a	96.75a	96.75a	96.75a	96.75a
CMI 4-2 (Cells)	0	5.75a	24.25a	86.50a	91.00a	92.00a	93.25ab	93.25bc	94.50ab	94.75ab	94.75ab	94.75b	94.75b	94.75b
F-test		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)		47.48	33.47	35.51	5.56	2.31	2.11	2.49	2.26	2.11	1.61	1.32	1.32	1.13

Means with different letters were significantly different at the level $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) * = Statistically significant, Control = Soak seed with distilled water, MAB = Soak seed with Modified Aleksandrov Broth, CMI 4-2 (MAB) = Soak seed with KSB were inoculated in MAB at 72 hours, CMI 4-2 (Cell) = Soak seed with cells of KSB were washed with distilled water



Table 2 Speed of seed germination after incubation 0 – 168 hours

Treatment	Speed of seed germination (plants)													
	Time (hr.)													
	0-12	24	36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168
Control	0	0	9.33b	18.62c	32.90b	29.33b	25.99b	22.87c	20.66b	18.65b	17.13b	15.87ab	14.65ab	13.60b
MAB	0	0	8.83b	23.25b	34.4ab	30.00ab	26.49ab	23.68ab	21.16ab	19.05ab	17.31ab	15.87ab	14.65ab	13.71ab
CMI 4-2 (Broth)	0	0	9.33b	26.5b	34.2ab	30.08ab	26.99a	24.12a	21.44a	19.35a	17.59a	16.12a	14.88a	13.82a
CMI 4-2 (Cells)	0	5.75a	16.16a	43.25a	36.40a	30.66a	26.64ab	23.31bc	21.00ab	18.95ab	17.22ab	15.78b	14.58b	13.53b
F-test		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)		52.62	33.45	35.51	5.56	2.31	2.11	2.49	2.26	2.11	1.61	1.33	1.31	1.13

Means with different letters were significantly different at the level $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) * = Statistically significant, Control = Soak seed with distilled water, MAB = Soak seed with Modified Aleksandrov Broth, CMI 4-2 (MAB) = Soak seed with KSB were inoculated in MAB at 72 hours, CMI 4-2 (Cell) = Soak seed with cells of KSB were washed with distilled water



Table 3 Root length after incubation 0 – 168 hours

Treatment	Root length (cm.)											
	Time (hr.)											
	0-36	48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168
Control	0	0.21c	0.39c	0.91c	1.16c	1.33c	1.61b	1.78b	1.90c	1.93c	2.00c	2.12c
MAB	0	0.23bc	0.46c	1.05bc	1.32bc	1.63b	1.98b	2.62a	2.80b	3.22b	3.86b	4.79c
CMI 4-2 (Broth)	0	0.25ab	0.55b	1.09b	1.33b	1.77ab	1.96b	2.06ba	2.14c	2.15c	2.21c	2.26c
CMI 4-2 (Cells)	0	0.26a	1.00a	1.67a	1.88a	1.90a	2.26a	2.95a	4.22a	4.78a	5.03a	5.73a
F-test		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)		12.63	41.67	27.12	21.09	23.40	17.87	21.73	24.80	19.70	18.78	12.05

Means with different letters were significantly different at the level $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) * = Statistically significant, Control = Soak seed with distilled water, MAB = Soak seed with Modified Aleksandrov Broth, CMI 4-2 (MAB) = Soak seed with KSB were inoculated in MAB at 72 hours, CMI 4-2 (Cell) = Soak seed with cells of KSB were washed with distilled water



Table 4 Height of seeding after incubation 0 – 168 hours

Treatment	Height of seeding (cm.)										
	Time (hr.)										
	0-48	60	72	84	96	108	120	132	144	156	168
Control	0	0	0.36ab	0.39b	0.54b	0.81b	1.03b	1.43b	2.27b	2.65b	3.10c
MAB	0	0	0.28b	0.42b	0.55b	0.95ab	1.39ab	1.75b	2.36b	2.64b	3.28c
CMI 4-2 (Broth)	0	0	0.36ab	0.43b	0.85a	0.98a	1.63a	1.82b	2.55b	2.76b	3.68b
CMI 4-2 (Cells)	0	0.27a	0.46a	0.68a	0.79a	1.00a	1.23b	2.35a	3.27a	3.67a	4.68a
F-test		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)		44.44	68.49	66.67	43.96	43.85	27.27	31.02	29.86	25.60	20.62

Means with different letters were significantly different at the level $p < 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) * = Statistically significant, Control = Soak seed with distilled water, MAB = Soak seed with Modified Aleksandrov Broth, CMI 4-2 (MAB) = Soak seed with KSB were inoculated in MAB at 72 hours, CMI 4-2 (Cell) = Soak seed with cells of KSB were washed with distilled water

สรุป

การใช้แบคทีเรียละลายโพแทสเซียมที่คัดแยกได้จากดินบริเวณรากข้าวในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่กับข้าวพันธุ์พิษณุโลก 2 ทำให้เมล็ดข้าวงอกเร็วขึ้นภายในเวลา 1 วันหลังเพาะเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมอื่นที่ยังไม่พบการงอกของเมล็ด และร้อยละการงอกของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นสูงสุด (96.75 %) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มความยาวรากต้นอ่อนและความสูงต้นอ่อนที่แข็งแรงและมีความเขียวมากกว่ากรรมวิธีควบคุม

เอกสารอ้างอิง

- กมลชนก ห่วงมี, ทวีต ปันศักดิ์, พิษณุพันธ์ กังแฮ, วันวิสาข์ ปันศักดิ์ และวิภา หอมหวล. 2559. อิทธิพลของแบคทีเรียละลายโพแทสเซียมต่อการปลดปล่อยธาตุโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์, หน้า 1-7. ใน การประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 14 (เกษตรและสุขภาพ). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ดวงเดือน คุณยศยิ่ง, สตีเฟน เอลเลียต และประสิทธิ์ วังภคพัฒนวงศ์. 2553. การกระตุ้นการงอกของเมล็ดไม้ต้นหายากบางชนิดเพื่อการฟื้นฟูป่าในภาคเหนือของประเทศไทย. ว. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 15(10): 14.
- บุญรอด ขาดิยานนท์, เฉลิมชัย วงศ์วัฒนะ และสมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. 2557. ผลของสารสกัดด้วยน้ำจากใบพืชวงศ์กะเพราบางชนิดต่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตของต้นกล้าหญ้าจรจบบดอกเหลือง (*Pennisetum setosum* L.). ว.วิทยาศาสตร์ มศว., 6(3): 121-132.
- อัจฉริยา ชมเชย. 2555. การพัฒนาหัวเชื้อแบคทีเรียเพื่อส่งเสริมการเจริญและการควบคุมโรคใน ข้าวสายพันธุ์เศรษฐกิจของไทย (รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ประจำปีงบประมาณ 2555). คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงใหม่.
- Archana, D.S., M.S. Nandish, V.P. Savalagi and A.R. Alagawadi. 2013. Characterization of potassium solubilizing bacteria (KSB) from rhizosphere soil. Bioinfolet. 10: 248-257.
- Babu, A.G. and M.S. Reddy. 2011. Dual inoculation of arbuscular mycorrhizal and phosphate solubilizing fungi contributes in sustainable maintenance of plant health in fly ash ponds. Water Air Soil Pollut. 219: 3-8.
- Buensanteai, N., D. Athinuwat, T. Chatnaparat, G.Y. Yuen and S. Prathuangwong. 2008. Extracellular proteome of plant growth promoting-bacteria, *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46 and its effect on enhanced growth promotion and induced systemic resistance on soybean. KU Journal (Natural Science). 42: 13-26.
- Carriger, S. and D. Vallee. 2007. More crop per drop. Rice Today. 6: 10-13.
- Fabiola, G., Z. Mail, M.G. Miller, M.L. Aldana-Madrid, M.J. Hengel, N.W. Gaikwad, V. Tolstikov and A.G. Contreras-Cortes. 2012. Effect of *Acinetobacter* sp on Metalaxyl degradation and metabolite profile of potato seedlings (*Solanum tuberosum* L.) Alpha variety. Research Article.
- Farooq, M., K.H.M. Siddique., H. Rehman., T. Aziz., D. J. Lee and A. Wahid. 2011. Rice direct seedling: Experiences, challenges and opportunities. Soil and Tillage Research. 111(2): 87-98.

- Hu, X.F., J. Chen and Guo, J.F. 2006. Two phosphate and potassium solubilizing bacterial isolated from Tiannu Mountain, Zhijiang, China. *World J. Microbiology and Biotechnology*. 22: 983-990.
- Madhaiyan M., S. Poonguzhali, J. Ryu and T. Sa. 2006 Regulation of ethylene levels in canola (*Brassica campestris*) by 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase containing *Methylobacterium fujisawaense*. *Planta*. 224: 268-278
- Sheng, X.F., J.J. Xia and J. Chen. 2003. Mutagenesis of the *Bacillus edaphicus* strain NBT and its effect on growth of chili and cotton. *Agri. Sci. in China*. 2: 40-1.
- Sheng, X.F. and L.Y. He. 2006. Solubilization of potassium bearing minerals by a wild type strain of *Bacillus edaphicus* and its mutants and increased potassium uptake by wheat. *Can. J. Microbial*. 52(1): 66-72.
- Styriakova, I., I. Styriak, D. Hradil and P. Bezduka. 2003. The release of iron bearing minerals and dissolution of feldspar by heterophic bacteria of *Bacillus* species. *Ceramic-Silicaty*. 47(1): 20-26.

การสำรวจปริมาณของจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตรในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง จังหวัดชลบุรี Survey on population of beneficial soil microorganisms for agriculture from cassava fields in Chonburi province

บุษราพร ไชยพันธ์¹, กรรณิกา มาลา¹ และภัทรรัตน์ เทียมเก่า^{1*}

Butsaraphon Chaipan¹, Kannika Mala¹ and Pattrarat Teamkao^{1*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณของจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตร รวมถึงความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารหลักในดิน จากพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในชุดดินบางละมุง จังหวัดชลบุรี เก็บตัวอย่างดินแบบสุ่มทั่วทั้งแปลงในเดือน กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 ทำการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตร 5 กลุ่ม ได้แก่ เชื้อราและแบคทีเรียย่อยสลายเซลลูโลส เชื้อราและแบคทีเรียละลายโพแทสเซียม เชื้อราและแบคทีเรียละลายอินทรีย์ฟอสเฟต แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนอิสระ และเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา ในแปลงปลูกมันสำปะหลังอายุ 1 เดือน 5 เดือน 8 เดือน และ 11 เดือน จากการศึกษพบว่าดินบริเวณที่ศึกษาทั้ง 4 แปลงเป็นกรดรุนแรง (3.64 ± 0.19) และความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ผลการศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตร พบว่าปริมาณเชื้อราและแบคทีเรียย่อยสลายเซลลูโลส เชื้อราละลายโพแทสเซียม เชื้อราและแบคทีเรียละลายอินทรีย์ฟอสเฟต และแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนอิสระ พบมากที่สุดในการแปลงอายุมันสำปะหลัง 11 เดือน ปริมาณ 2.5×10^5 2.6×10^5 1.2×10^5 3.2×10^4 2.1×10^5 และ 1.1×10^5 CFU/g soil ตามลำดับ การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากพืชและจำนวนสปอร์ในดินพบมากในการแปลงอายุมันสำปะหลัง 11 เดือน โดยพบจำนวน 3.72 เปอร์เซ็นต์ และ 1.24 สปอร์/ดิน 1 กรัม ตามลำดับ ปริมาณจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตรพบมีจำนวนเพิ่มขึ้นในแปลงที่พืชมีอายุมากขึ้น

คำสำคัญ: เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา, มันสำปะหลัง, จุลินทรีย์ดิน

Abstract

This research aimed to study the amount of beneficial soil microorganisms in the cassava cultivation, including macro-nutrients available in soil from cassava (KU50 variety) cultivation areas in Banglamung soil series, Chonburi province. Soil samples were collected randomly throughout the cultivation areas in February 2016. The study focused on five groups of microorganisms including cellulolytic microorganisms, potassium solubilizing microorganisms, phosphate solubilizing microorganisms, nitrogen fixing microorganisms and arbuscular mycorrhiza fungi (AMF) in four fields with different cassava ages; 1, 5, 8, and 11 months. The results showed that soil from all fields of studied were extremely acid (3.64 ± 0.19) and low fertility. The study on population of beneficial soil microorganisms found that quantity of cellulolytic fungi and bacteria, potassium solubilizing bacteria,

¹ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

Plant Production Technology Department, Faculty of Agriculture, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok

* corresponding author: pattrarat.te@kmitl.ac.th

phosphate solubilizing fungi and bacteria, and nitrogen fixing bacteria were highest in the field that cassava was 11 months old, which were 2.5×10^5 , 2.6×10^5 , 1.2×10^5 , 3.2×10^4 , 2.1×10^5 and 1.1×10^5 CFU/g soil, respectively. AMF colonization and spore in soil were also highest in the field that cassava was 11 months old, which were 1.24 % and 3.72 spore/g soil, respectively. Amount of beneficial soil microorganisms were increase in the fields with higher plant age.

Keywords: Arbuscular mycorrhizal fungi, Cassava, Soil microorganisms

บทนำ

มันสำปะหลัง (*Manihot esculenta* L. Crantz) เป็นพืชหัวชนิดหนึ่ง ซึ่งเป็นพืชอาหารที่สำคัญอันดับ 5 รองจากข้าวสาลี ข้าวโพด ข้าว และมันฝรั่ง (ศูนย์พัฒนาความรู้การซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้า, 2007) สามารถปลูกได้ง่ายในพื้นที่เขตร้อนและเขตร้อนชื้น หัวมันสำปะหลังเป็นแหล่งสะสมแป้ง จึงเป็นอาหารประเภทแป้ง หรือคาร์โบไฮเดรต ที่ให้พลังงานสำหรับมนุษย์และสัตว์ และใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นพืชไร่ที่นิยมปลูกกันมากในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเกือบทุกจังหวัด และในภาคตะวันออกแถบจังหวัดชลบุรีและจังหวัดระยอง ข้อได้เปรียบของการปลูกพืชไร่ชนิดนี้คือสามารถปลูกให้ขึ้นและลงหัวได้ในดินดอนเกือบทุกประเภท ประเทศไทยสามารถส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังได้หลายรูปแบบ เช่น มันเส้น มันอัดเม็ด แป้งมันสำปะหลัง ทั้งในรูปของแป้งดิบและแป้งแปรรูป ปัจจุบันประเทศไทยเป็นประเทศผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังรายของโลก เป็นอันดับ 3 รองจากประเทศบราซิลและประเทศไนจีเรีย (ศูนย์วิจัยมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์, 2551)

ปริมาณและกลุ่มจุลินทรีย์ในดิน ขึ้นอยู่กับลักษณะของดิน พืชปลูก สภาพแวดล้อม และระบบนิเวศที่แตกต่างกัน ทำให้จุลินทรีย์ในแต่ละท้องถิ่นมีความหลากหลาย จำนวนจุลินทรีย์กับความหลากหลายของจุลินทรีย์ในดินเป็นสิ่งสำคัญในการทำการเกษตรและการอนุรักษ์ (สายพิน, 2547) กลุ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตร เช่น จุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจน จุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลส จุลินทรีย์ละลายฟอสเฟต จุลินทรีย์ละลายโพแทสเซียม และไมคอร์ไรซา (ดวงพร, 2545) จุลินทรีย์เหล่านี้มีบทบาทต่อการเปลี่ยนรูปของธาตุอาหาร เพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช จุลินทรีย์บางชนิดสร้างกรดอินทรีย์เพื่อละลายแร่ธาตุอาหารในดินให้เป็นประโยชน์กับพืช ย่อยสลายสารอินทรีย์ให้มีขนาดของโมเลกุลเล็กลงและเปลี่ยนรูปเป็นธาตุอาหาร ทำให้เกิดการหมุนเวียนของธาตุอาหาร ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชโดยการสร้างสารกระตุ้นการเจริญเติบโต เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเป็นเชื้อราที่อยู่ร่วมกับรากพืชแบบพึ่งพาอาศัยกัน (symbiosis) พืชที่มีอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาเข้าอยู่อาศัยในรากจะได้รับธาตุอาหารเพิ่มขึ้น และยังมีประโยชน์ต่อพืชในด้านอื่นๆ เช่น ทำให้พืชมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ได้แก่ ความแห้งแล้ง ความเค็ม ลดการทำลายของศัตรูพืชในระบบรากพืช และยังมีบทบาทต่อการลดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากดินสู่บรรยากาศ (พัชร์เพ็ญ, 2556) กิจกรรมต่างๆ ของจุลินทรีย์ดินยังมีส่วนช่วยในการปรับปรุงดินให้มีโครงสร้างที่ดี มีลักษณะร่วนซุย และมีการระบายน้ำและอากาศดี ทำให้ดินมีความสามารถดูดซับน้ำและธาตุอาหารพืชสูงขึ้นและช่วยรักษาสภาพความเป็นกรด-ด่างของดินให้มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (สายพิน, 2547)

ปัจจุบันการเกษตรของไทยเป็นการทำการเกษตรแบบเชิงเดี่ยว ส่งผลให้สถานการณ์ความหลากหลายทางชีวภาพในระบบนิเวศเสื่อมโทรมลงไป โดยเฉพาะจุลินทรีย์ดินซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการอนุรักษ์ การจัดการและการใช้ประโยชน์ของระบบนิเวศเกษตร ดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นดินที่มีคุณภาพต่ำ ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ ธาตุอาหารพืชในดินต่ำ ทำให้ปลูกมันสำปะหลังแล้วได้ผลผลิตต่ำถึงต่ำมาก หรือเป็นดินที่เสื่อมโทรมซึ่งเกิดจากการปลูกมันสำปะหลังเพียงชนิดเดียวติดต่อกันนาน ดังนั้นจึงมีความสนใจที่จะศึกษาปริมาณของจุลินทรีย์ดินที่อยู่ในระบบการเกษตร รวมถึงความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินและความอุดมสมบูรณ์ของดินที่มีผลต่อปริมาณของจุลินทรีย์ดินในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

สำรวจและเก็บตัวอย่างดินในแปลงปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ในชุดดินบางละมุง ในเขตจังหวัดชลบุรี ประเทศไทย วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) โดยมีอายุมันสำปะหลังที่แตกต่างกันเป็นปัจจัยที่ศึกษา เก็บตัวอย่างดิน 4 แปลง ประกอบด้วย แปลงที่ 1 อายุมันสำปะหลัง 1 เดือน แปลงที่ 2 อายุมันสำปะหลัง 5 เดือน แปลงที่ 3 อายุมันสำปะหลัง 8 เดือน และแปลงที่ 4 อายุมันสำปะหลัง 11 เดือน เก็บดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร บริเวณรอบรากพืชโดยใช้ soil tube บันทึกข้อมูลเบื้องต้นได้แก่ จุดพิกัดเก็บตัวอย่างดิน ข้อมูลการใส่ปุ๋ย ประวัติการปลูกพืช และการจัดการแปลงจากเกษตรกร

1. การวิเคราะห์ดินทางเคมี

วัดค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินโดยใช้ pH meter ที่อัตราส่วนดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1 วัดค่าการนำไฟฟ้าของดินโดยใช้ Electrical conductivity bridge (EC meter) ที่อัตราส่วนดิน:น้ำ เท่ากับ 1:5 วิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ด้วยวิธีวิเคราะห์ Kjeldahl method วิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินโดยสกัดด้วยน้ำยา Bray II วิเคราะห์อินทรีย์วัตถุในดิน (OM) โดยใช้วิธี Lost on ignition และวิเคราะห์โพแทสเซียมที่ละลายได้ด้วยน้ำยาสกัด NH_4OAc และวัดปริมาณด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometry (AAS)

2. การศึกษาจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตร

ศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตร 5 กลุ่ม คือ จุลินทรีย์ย่อยสลายเซลลูโลส จุลินทรีย์ละลายโพแทสเซียม จุลินทรีย์ละลายอินทรีย์ฟอสเฟต และจุลินทรีย์ตรึงไนโตรเจนอิสระ โดยใช้อาหารที่จำเพาะกับชนิดของจุลินทรีย์ (Table 1) นำตัวอย่างดินมาทำการเจือจางลำดับส่วนและใช้ความเข้มข้นที่ 10^{-3} และ 10^{-4} ปริมาตร 0.2 มิลลิลิตร Spread ลงบนผิวหน้าอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผ่านการฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 30-35 องศาเซลเซียส ตรวจนับปริมาณเชื้อราที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อแต่ละชนิดเมื่อครบ 7 วัน และตรวจนับปริมาณแบคทีเรียเมื่อครบ 3 วัน

Table 1 Culture media used for cultivation of beneficial microorganisms

Microorganisms	Media
Nitrogen fixing microorganisms	Nitrogen free agar medium
Cellulolytic fungi	Carboxyl methyl cellulose agar medium
Cellulolytic bacteria	Riviere agar medium
Phosphate solubilizing microorganisms	Pikovskaya's agar medium
Potassium solubilizing microorganisms	Aleksandrov's agar medium

3. การตรวจนับเปอร์เซ็นต์การเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากพืช

ตรวจนับการเข้าอาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากมันสำปะหลัง โดยใช้วิธีการของ Phillip and Hayman (1970) ทำการสุมเก็บตัวอย่างรากและล้างให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น จากนั้นต้มรากมันสำปะหลังใน KOH ความเข้มข้น 5-10 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-10 นาที แล้วนำไปต้มในกรด HCl ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 3-4 นาที แล้วนำรากไปย้อมในสารสีน้ำเงิน (trypan blue) เป็นเวลา 10-20 นาที ในน้ำที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เพื่อย้อมสีราก จากนั้นตัดรากให้มีความยาว 1 เซนติเมตร จำนวน 30 ราก ประเมินการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราในรากภายใต้กล้องจุลทรรศน์

4. การตรวจนับสปอร์เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดิน

แยกสปอร์จากดินโดยวิธี Wet sieving and decanting method (Gerdeman and Nicolsan, 1963) ตามด้วยวิธี modified sucrose centrifugation (Daniels and Skipper, 1982) ซึ่งตัวอย่างดิน 200 กรัมใส่ในบีกเกอร์ เติมน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร คนให้ดินแตกตัว แล้วทิ้งไว้ 10 วินาที เทดินผ่านตะแกรงร่อนขนาด 40 60 150 และ 230 เมช ตามลำดับ เทตะกอนดินบนตะแกรงร่อนขนาด 40 เมช ใส่จานเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไว้ เทตะกอนดินบนตะแกรงร่อนขนาด 60 150 และ 230 เมช เทใส่ในหลอดพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วนำไปปั่นเหวี่ยง (modified sucrose centrifugation) ที่ 4000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที เทน้ำใสเหนือตะกอนทิ้ง และเติมสารละลายซูโครส 40 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ 4000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 2 นาที เทสารละลายซูโครส 40 เปอร์เซ็นต์ ที่อยู่เหนือตะกอนดินลงบนตะแกรงร่อนขนาด 230 เมช และใช้กระบอกฉีดล้างน้ำตาลออกให้หมด จากนั้นเทสปอร์ของเชื้อราลงในจานเลี้ยงเชื้อที่เตรียมไว้ เพื่อตรวจนับภายใต้กล้องจุลทรรศน์

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ Analysis of Variance (ANOVA) ประเมินความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างวิธีตัดเนื้อดินโดยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์การทดลอง

1. สมบัติทางเคมีของดิน

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน (Table 2) พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) การแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) และปริมาณไนโตรเจนในดินทั้ง 4 แปลงไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยความเป็นกรดเป็นด่างของดินเฉลี่ย 3.6 ± 0.2 ซึ่งเป็นกรดรุนแรง การแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินมีค่าเฉลี่ย 10.69 ± 3.11 cmol/kg อินทรีย์วัตถุในดินต่ำมาก มีค่าเฉลี่ย 0.25 ± 0.12 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณไนโตรเจนต่ำ มีค่าเฉลี่ย 0.01 ± 0.01 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณเกลือที่ละลายได้ในสารละลายดิน (EC) ในแปลงอายุ 5 เดือน และ 8 เดือน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีความแตกต่างจากแปลงอายุ 1 เดือน และ 11 เดือน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่ละลายได้ในดินแปลงอายุ 1 เดือน อยู่ในระดับต่ำมาก มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) จากแปลงอายุ 5 เดือน 8 เดือน และ 11 เดือน เนื่องจากเกษตรกรใส่ปุ๋ยมันสำปะหลังในระยะ 2-3 เดือนหลังปลูก แปลงอายุมันสำปะหลัง 1 จึงไม่มีการสะสมของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม รวมทั้งมีการปลูกพืชหมุนเวียนสับปะรดกับมันสำปะหลังทำให้ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมถูกดูดใช้ออกไปจากดินในปริมาณมาก ดังนั้นเมื่อวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมในดินจึงพบในปริมาณที่ต่ำ เมื่อเกษตรกรเริ่มใส่ปุ๋ยมันสำปะหลังจะเห็นได้ว่าแปลงอายุ 5 -11 เดือน มีการสะสมของฟอสฟอรัส ซึ่งฟอสฟอรัสที่ใส่ลงในดินมีเพียง 5 เปอร์เซ็นต์ที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ส่วนที่เหลือจะถูกตรึงให้อยู่ในรูปฟอสฟอรัสอินทรีย์ที่ไม่ละลายน้ำ ทำให้เกิดการสะสมของฟอสฟอรัสในดิน (ทวิรัตน์, 2547) โดยเฉพาะดินในพื้นที่การเกษตรที่มีการใส่ปุ๋ยอย่างต่อเนื่อง โดยดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกมันสำปะหลังทางภาคตะวันออกของไทย ควรมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างอยู่ในช่วง 5.0 - 6.2 อินทรีย์วัตถุอยู่ในช่วง 0.8-1.8 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในช่วง 5.3 -10.8 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 38-65 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (กรมวิชาการเกษตร, 2537) เมื่อเปรียบเทียบกับผลการศึกษา พบว่าค่าความเป็นกรดของดินบริเวณที่ศึกษามีความเป็นกรดรุนแรง ซึ่งแตกต่างจากคุณสมบัติดินที่เหมาะสมในการปลูกมันสำปะหลังมาก อินทรีย์วัตถุในดินต่ำกว่าเกณฑ์ที่เหมาะสม ฟอสฟอรัสสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่เหมาะสม มีเพียงในแปลงที่ 1 ที่มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำ โพแทสเซียมอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งอยู่ในช่วงค่าเฉลี่ย 38-65 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

Table 2 Chemical properties of soil in each field of study

Stage (month)	pH	EC (dS/m)	CEC (cmol/kg)	OM (%)	N (%)	Avai. P (mg/kg)	K (mg/kg)
1	3.66	0.03 c	7.88	0.33	0.02	2.35 b	10.65 b
5	3.57	0.07 b	12.38	0.25	0.01	75.57 a	71.25 a
8	3.77	0.06 b	11.25	0.21	0.01	76.72 a	59.97 a
11	3.59	0.13 a	11.25	0.21	0.01	71.39 a	57.3 a
F- test	ns	**	ns	ns	ns	**	*
CV (%)	5.38	13.6	26.32	49.66	49.63	8.29	58.36

**significant at $p < 0.01$ *significant at $p < 0.05$ ns= non significant values followed by the same lowercase letter in the same column are not significantly difference at $p < 0.05$

จะเห็นว่าดินบริเวณที่ศึกษาทั้ง 4 แปลงมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่เหมาะสมของธาตุอาหารในดิน สำหรับการปลูกมันสำปะหลัง สาเหตุเนื่องจากการปลูกมันสำปะหลังเป็นเวลานาน มีการปลูกสลับกับการปลูกสับปะรด มีการเพิ่มธาตุอาหารให้กับดินน้อยมาก และไม่มีแหล่งน้ำชลประทาน ซึ่งดินบริเวณที่ปลูกมันสำปะหลังส่วนใหญ่เป็นดินที่มีความสามารถในการให้ผลผลิตต่ำ ธาตุอาหารในดินต่ำ เนื้อดินเป็นทรายไม่อุ้มน้ำจึงทำให้กักเก็บปุ๋ยธรรมชาติหรือปุ๋ยคอกปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงไปได้น้อย ทำให้เมื่อทำการเพาะปลูกจึงได้ผลผลิตต่ำ ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ต่ำจึงมีผลต่อปริมาณของจุลินทรีย์ดินอย่างมาก จุลินทรีย์จะเจริญได้ดีในดินที่มีปฏิกิริยาดินเป็นกลาง (pH 6.5-7) ความเป็นกรดรุนแรงของดินบริเวณที่ศึกษาทำให้จุลินทรีย์บางชนิดไม่สามารถเจริญได้ และธาตุอาหารบางชนิดไม่เป็นประโยชน์เนื่องจากตกตะกอน และไม่ละลายน้ำ ปริมาณธาตุอาหารในดินต่ำส่งผลต่อการดำเนินกิจกรรมต่างๆของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์มีบทบาทต่อการเปลี่ยนแปลงรูปของธาตุอาหารพืช ทำหน้าที่ย่อยสลายสารอินทรีย์ให้มีความเหมาะสมของโมเลกุลเล็กและอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์สำหรับพืช ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้กิจกรรมของจุลินทรีย์ยังมีส่วนช่วยในการปรับปรุงโครงสร้างดินให้ดินขึ้น ร่วนซุย มีการระบายน้ำ ระบายอากาศที่ดี เป็นการเพิ่มการดูดซับน้ำและธาตุอาหารของพืชและช่วยรักษาสภาพความเป็นกรดเป็นด่างของดินให้มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย (อานันท์, 2549)

2. ปริมาณจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ ในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังที่มีอายุต่างกัน

การศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ทางการเกษตร ประกอบด้วยเชื้อราและแบคทีเรียย่อยสลายเซลลูโลส เชื้อราและแบคทีเรียละลายโพแทสเซียม เชื้อราและแบคทีเรียละลายอินทรีย์ฟอสเฟต และแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนอิสระ โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่จำเพาะกับจุลินทรีย์แต่ละกลุ่ม พบว่าปริมาณเชื้อราย่อยสลายเซลลูโลส เชื้อราละลายโพแทสเซียม และเชื้อราละลายอินทรีย์ฟอสเฟต ทั้ง 4 แปลงมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยพบปริมาณมากที่สุดในการแปลงอายุ 11 เดือน จำนวน 2.5×10^5 1.2×10^5 และ 3.2×10^4 CFU/g soil ตามลำดับ (Table 3)

Table 3 The amount of beneficial fungi in the field of study

Stage (month)	Amount of microorganisms (CFU/g)		
	Cellulolytic fungi	Potassium solubilizing fungi	Phosphate solubilizing fungi
1	1.8×10^5 ab	5.0×10^4 c	4.9×10^3 b
5	1.0×10^5 b	6.7×10^4 bc	9.3×10^3 b
8	1.4×10^5 b	1.0×10^5 ab	6.2×10^3 b
11	2.5×10^5 a	1.2×10^5 a	3.2×10^4 a
F- test	*	*	**
CV (%)	42.35	38.82	29.66

**significant at $p < 0.01$, *significant at $p < 0.05$, ns= non significant values followed by the same lowercase letter in the same column are not significantly difference at $p < 0.05$

สำหรับผลวิเคราะห์ปริมาณแบคทีเรียที่เป็นประโยชน์ พบว่าปริมาณแบคทีเรียละลายธาตุโพแทสเซียม ทั้ง 4 แปลงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) มีค่าเฉลี่ย 3.3×10^4 CFU/g soil แต่ปริมาณแบคทีเรียย่อยสลายเซลลูโลส แบคทีเรียละลายฟอสเฟต และแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนอิสระ พบปริมาณมากที่สุดในแปลงอายุ 11 เดือน จำนวน 2.6×10^5 2.1×10^5 และ 1.1×10^5 CFU/g soil ตามลำดับ และมีความแตกต่างจากแปลงอายุ 1 เดือน 5 เดือน และ 8 เดือน (Table 4)

Table 4 The amount of beneficial bacteria in the field of study

Stage (month)	Amount of microorganisms (CFU/g)			
	Cellulolytic bacteria	Potassium solubilizing bacteria	Phosphate solubilizing bacteria	Nitrogen fixing bacteria
1	8.0×10^4 b	4.0×10^4	2.9×10^4 c	9.3×10^4 b
5	8.0×10^4 b	4.1×10^4	6.3×10^4 bc	7.4×10^4 b
8	9.1×10^4 b	1.4×10^4	1.2×10^5 b	8.2×10^4 b
11	2.6×10^5 a	3.3×10^4	2.1×10^5 a	1.1×10^5 a
F- test	**	ns	*	*
CV (%)	35.60	54.15	46.04	19.44

**significant at $p < 0.01$, *significant at $p < 0.05$, ns= non significant values followed by the same lowercase letter in the same column are not significantly difference at $p < 0.05$

ปริมาณของจุลินทรีย์ในดินเปลี่ยนแปลงตามปัจจัยด้านพืช การศึกษาของ วรณลดา (2558) พบว่าปริมาณของจุลินทรีย์ดินบริเวณรากหญ้าแฝกที่มีอายุ 1 ปี มีจำนวนมากกว่าในดินที่ไม่มีการปลูกหญ้าแฝก ในระบบนิเวศป่าไม้และระบบการเกษตรจะพบปริมาณจุลินทรีย์ดินมีจำนวนมากในพืชที่มีอายุมากขึ้น (พิกุล และพนิดา, 2556) ซึ่งสอดคล้องกับดินที่นำมาศึกษาพบว่าแปลงอายุ 11 เดือน พบปริมาณของจุลินทรีย์ดินมากกว่าแปลงอายุ 1 เดือน 5 เดือน และ 8 เดือน นอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงของปริมาณจุลินทรีย์ดินยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน และความชื้นของดิน (พนิดา และคณะ, 2556)

3. จำนวนสปอร์และการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซา

การตรวจนับสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินพบว่าทั้ง 4 แปลงมีปริมาณสปอร์ของเชื้อราแตกต่างกันทางสถิติ ($p < 0.05$) จำนวนสปอร์ของเชื้อราจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น และพบจำนวนสปอร์ของเชื้อรามากที่สุดที่แปลงอายุ 11 เดือน จำนวน 1.24 สปอร์/ดิน 1 กรัม (Table 5) อย่างไรก็ตามจำนวนสปอร์ของเชื้อราที่พบมีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับงานทดลองของ ศรีณยา (2541) ที่ทำการศึกษาศูราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินปลูกทุเรียนพันธุ์ต่างๆ ในจังหวัดจันทบุรีและระยอง ซึ่งพบจำนวนสปอร์ในดินรอบรากต้นทุเรียนพันธุ์กระดุม 149 สปอร์/ดิน 1 กรัม พันธุ์หมอนทอง มีจำนวนสปอร์ 109.6 สปอร์/ดิน 1 กรัม พันธุ์พวงมณีมีจำนวนสปอร์ 25.0 สปอร์/ดิน 1 กรัม แต่ใกล้เคียงกับการทดลองของ อรจิรา (2546) ซึ่งพบสปอร์อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามีจำนวนเฉลี่ย 4-22 สปอร์/ดิน 1 กรัม ในดินที่ปลูกทานตะวันจังหวัดนครราชสีมา พิษณุโลก สมุทรปราการ สระบุรี และจังหวัดลพบุรี เนื่องจากดินบริเวณที่ศึกษามีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเจริญของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซานี้ทำให้เชื้อราพักตัวในรูปสปอร์ และเมื่อมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสปอร์จะงอกและเจริญเข้าสู่รากพืช สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันจะทำให้สปอร์มีรูปร่างและขนาดที่แตกต่างกัน (ธงชัย, 2546) พืชจะปลดปล่อยสารออกมาจากรากพืช (root exudate) ซึ่งเป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ดินเป็นตัวชักนำให้เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาออกและเจริญเข้าหารากพืช พืชที่อายุมากจะมีทรงพุ่มขนาดใหญ่ทำให้บริเวณรากพืชมีความชื้นสูงซึ่งเหมาะต่อการเจริญของจุลินทรีย์ดิน และมีผลต่อการงอกและการสร้างสปอร์ของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาอีกด้วย (สมจิต, 2549)

Table 5 Percentage of AMF colonization in plant roots and spores of AMF in soil

Stage (month)	Number of spore (spore/g soil)	Colonization in root (%)
1	0.73 c	2.23 b
5	0.79 c	2.31 b
8	1.02 b	3.56 a
11	1.24 a	3.72 a
F- test	**	**
CV (%)	7.82	10.56

**significant at $p < 0.01$, *significant at $p < 0.05$, ns= non significant values followed by the same lowercase letter in the same column are not significantly difference at $p < 0.05$

การศึกษาการเข้าอยู่อาศัยในของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากพืช พบว่าการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราในรากเพิ่มขึ้นเมื่อพืชมีอายุเพิ่มขึ้น และพบมากที่สุดในการปลูกอายุ 11 เดือน คือ 3.72 เปอร์เซ็นต์ (Table 5) เมื่อพืชมีอายุมากขึ้น รากพืชจะปลดปล่อยกรดอินทรีย์หรือสารต่างๆ (root exudates) ออกมามากขึ้น สารเหล่านี้เป็นแหล่งอาหารของจุลินทรีย์ดินและเป็นสารชักนำให้เชื้อราเจริญเข้าหารากพืช อย่างไรก็ตามจากผลการศึกษาพบว่าการเข้าอยู่อาศัยในของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากพืชมีน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจากชนิดของพืชที่ศึกษา (จารุณี, 2558) และความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ศึกษา ซึ่งการเข้าอยู่อาศัยของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในรากและจำนวนสปอร์เชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในดินจะมีมากในดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง (Guar *et al.*, 1998)

สรุปผลการทดลอง

- สมบัติทางเคมีของดินบริเวณที่ศึกษา แสดงให้เห็นว่าดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีปริมาณธาตุอาหารในดินต่ำ ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ดิน จึงทำให้บริเวณที่ศึกษาพบจุลินทรีย์ดินในปริมาณที่ต่ำ แต่ปริมาณจุลินทรีย์ดินเพิ่มขึ้นเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น
- แปลงมันสำปะหลังที่มีอายุ 11 เดือน พบจำนวนสปอร์และการเข้าอยู่อาศัยในรากพืชของเชื้อราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซามากที่สุด
- แปลงมันสำปะหลังที่มีอายุ 11 เดือน พบปริมาณเชื้อราและแบคทีเรียย่อยสลายเซลลูโลส เชื้อราละลายโพแทสเซียม เชื้อราและแบคทีเรียละลายฟอสเฟต และแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนอิสระพบมากที่สุด
- สามารถนำข้อมูลไปปรับใช้กับการทำเกษตร โดยเลือกปรับปรุงดินหรือปรับสภาพดินให้เหมาะสมต่อการเจริญของจุลินทรีย์ดิน เพื่อให้จุลินทรีย์ดำเนินกิจกรรมต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะมีผลอย่างยิ่งต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินและการหมุนเวียนธาตุอาหาร ช่วยลดปริมาณและค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับการใช้ปุ๋ย และทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งสำคัญอย่างยิ่งในด้านการอนุรักษ์และการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2537. เอกสารวิชาการปลูกพืชไร่. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, กรุงเทพฯ. 180 หน้า
- จารุณี มีชัย. 2558. ราดาร์กเซฟเตทเอ็นโดไฟท์และราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาในพืชอาหารบางชนิดที่ปลูกในจังหวัดลำปาง. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 20: 1-14
- ดวงพร คันธโชติ. 2545. นิเวศวิทยาของจุลินทรีย์. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ. 206 หน้า.
- ทวีรัตน์ วิจิตรสุนทรกุล. 2547. การคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่สามารถละลายฟอสเฟตในดินเพื่อนำไปใช้เป็นปุ๋ยชีวภาพ. เข้าถึงได้จาก <http://www.kmutt.ac.th/rippc/biofert.htm> [เข้าถึงเมื่อ 10 กรกฎาคม 2560]
- ธงชัย มาลา. 2546. ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยชีวภาพ: เทคนิคการผลิตและการใช้ประโยชน์. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 300 หน้า
- พนิดา ปรีเปรมโมทย์, พิกุล เกตุชาญวิทย์ และดวงใจ วัยเจริญ. 2556. การสำรวจความหลากหลายของจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ในพื้นที่ป่าไม้ภาคใต้ของประเทศไทย. แก่นเกษตร. 41(2):103-112
- พัทตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์. 2556. บทบาทของราอาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาต่อพืช ดินและสิ่งแวดล้อม. ววท. 2(2):91-101.
- พิกุล เกตุชาญวิทย์ และพนิดา ปรีเปรมโมทย์. 2556. การสำรวจความหลากหลายของจุลินทรีย์ดินที่เป็นประโยชน์ในพื้นที่เกษตรอินทรีย์ ภาคใต้ของประเทศไทย. กองเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน. 14 หน้า
- วรรณลดา สุนันทพงศ์ศักดิ์. 2558. ศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพของจุลินทรีย์ ดินบริเวณรากหญ้าแฝกเพื่อปรับปรุงดินในสภาพดินที่มีปัญหา. ศูนย์วิจัยระบบทรัพยากรเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 110 หน้า
- ศรัณยา จิวรากรานนท์. 2541. การสำรวจเชื้อไวเอนไมคอร์ไรซาของทุเรียนและการศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อราเอไวเอนไมคอร์ไรซาในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าทุเรียนในเรือนปลูกทดลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, สาขาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 97 หน้า
- ศูนย์พัฒนาความรู้ การซื้อขายสินค้าเกษตรล่วงหน้า. 2007. ข้อมูลพื้นฐานสินค้ามันสำปะหลัง. เข้าถึงได้จาก : http://www.aftc.or.th/itc/products_analyze.php?id=86&fgrp_id=6&fmnu_id=31 [เข้าถึงเมื่อ 10 กรกฎาคม 2560]
- ศูนย์วิจัยมันสำปะหลังและผลิตภัณฑ์. 2551. ประวัติมันสำปะหลัง. เข้าถึงได้จาก : http://web.sut.ac.th/cassava/?name=1cas_source/cas_inthailand/me=1cas_source/cas_inthailand [เข้าถึงเมื่อ 20 มกราคม 2560].
- สมจิตร อยู่เป็นสุข. 2549. ไมคอร์ไรซา. คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 101 หน้า
- สายพิน ไซนันท์. 2547. จุลินทรีย์ดิน. พิมพ์ครั้งที่ 3. ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 314 หน้า
- อรจิรา ทองสุกมาก. 2546. ผลของเชื้อราเวสิคูลาร์อาร์บัสคูลาร์ไมคอร์ไรซาร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตระดับต่างๆที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของทานตะวัน (*Helianthus annuus* L.). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาพฤกษศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 153 หน้า
- อานัฐ ตันโช. 2549. เกษตรธรรมชาติประยุกต์ : หลักการ แนวคิด เทคนิคปฏิบัติในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, ปทุมธานี. 371 หน้า
- Daniels, B.A. and H.D. Skipper. 1982. Methods for the recovery and quantitative estimation of Propagules from soil. pp. 29-35: in Schenck, N.C. (ed). Method and Principles of Mycorrhizal Research. Amer. U.S.A: Phytopath Soc. St, Paul, Minnesota
- Gaur, A., A. Adholeya and K.G. Krishna. 1998. A comparison of AM fungi inoculants using *Capsicum* and *Polianthes* in marginal soil amended with organic matter. Mycorrhiza. 7(6): 307-312

- Gerdemann, J.W. and T.H. Nicolson. 1963. Spore of mycorrhizal *Endogone* species extract from soil by wet sieving and decanting. Tran. Brit. Mycol. 46(2): 235-244
- Phillip, J.M. and D.S. Hayman. 1970. Improve procedures for cleaning roots and staining parasitic and vasicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans Brit Mycol Soc. 53: 158-161

อิทธิพลของแกลบเผาต่อการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากมูลสุกรร่วมกับเปลือกมันสำปะหลัง และชุดดินโคราช

Influence of rice husk ash on the production of vermicompost from swine manure,
cassava peel and Korat soil series.

อารักษ์ ทองบุราณ¹ และชุลีมาศ บุญไทยวิชัย^{1,2*}

Arphorn Thongburan¹ and Chuleemas Boonthai Iwai^{1,2*}

บทคัดย่อ

การทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (Vermicomposting) เป็นเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความนิยม สำหรับใช้กำจัดของเสียอินทรีย์ทางการเกษตร โดยผ่านกระบวนการย่อยสลายของไส้เดือนดิน คุณสมบัติของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้เป็นอาหารและศักยภาพของไส้เดือนดินในการผลิตปุ๋ย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาอิทธิพลของแกลบเผาต่อการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* โดยศึกษาผลของการใช้แกลบเผาต่อคุณภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินและการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน โดยเปรียบเทียบการใช้แกลบเผาอัตรา 10% และไม่ใช่แกลบเผา ร่วมกับมูลสุกร เปลือกมันสำปะหลังและชุดดินโคราช พบว่า ค่าการทดลองที่มีการใช้แกลบเผา มีผลต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน กล่าวคือมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักตัว (weight of earthworm) จำนวนถุงไข่ (number of cocoon) และจำนวนตัวอ่อนไส้เดือนดิน (number of juvenile) ร้อยละ 75.9, 73.3 และ 173.0 ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าเมื่อเทียบกับค่าการทดลองที่ไม่มีแกลบเผา และค่าการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี พบว่าค่าความเป็นกรดด่าง (pH) มีค่าอยู่ระหว่าง 7.61-7.85 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) มีค่าอยู่ระหว่าง 1.13 – 1.23 dS/m เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินมีปริมาณไนโตรเจนลดลง ร้อยละ 6.6 ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมดและโพแทสเซียมทั้งหมดเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.82 และ 13.83 ตามลำดับ และมีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับค่าการทดลองที่ไม่มีแกลบเผา แสดงให้เห็นว่า การใช้แกลบเผา ร่วมกับมูลสุกร เปลือกมันสำปะหลังและชุดดินโคราช สามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae*

คำสำคัญ : ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน, มูลสุกร, เปลือกมันสำปะหลัง, แกลบเผา, ไส้เดือนดิน

Abstract

Vermicomposting process is widely interesting for management of agriculture waste. The potential and growth of earthworm and vermicompost properties depend on earthworm species and feeding material. The aim of this experiment was to study the reproduction of earthworm (*Eudrilus*

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร สาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

¹ Department of Plant Sciences and Agricultural Resources, Land Resources and Environment Division, Faculty of Agriculture, KhonKaen University, KhonKaen Thailand 40002

² ศูนย์วิจัยและพัฒนาการบริการจัดการทรัพยากรน้ำบูรณาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

² Integrated Water Resource Management Research and Development Center in Northeast Thailand, KhonKaen, Thailand, 40002

* Corresponding author. E-mail: chuleemas1@gmail.com

eugeniae) and quality of vermicomposting with swine manure and cassava peel mixed with and without rice husk ash in Korat soil series. The results show that the mixture with rice husk ash had significantly affected to weight of earthworm, number of cocoon and juvenile. After vermicomposting, the result show that weight of earthworm, number of cocoon and number of juvenile in the mixture with rice husk ash increased by 75.9, 73.3 and 173.0% respectively. This study found the pH range 7.61-7.85 and electric conductivity (EC) range 1.13 – 1.23 dS/m. The result showed that effects of rice husk ash decreased N 6.6%. But Phosphorus and Potassium were higher in the mixtures with rice husk ash which increased by 15.82 and 13.83% respectively. This result indicates that using rice husk ash in vermicomposting using swine manure, cassava peel enhanced the growth and reproduction of earthworms, *Eudrilus eugeniae*.

Keywords: vermicomposting, swine manure, cassava peel, rice husk ash, earthworms

บทนำ

ปัจจุบันการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมการเกษตร อาทิเช่น อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมกระดาษ อ้อยและน้ำตาล มันสำปะหลัง และปศุสัตว์ เป็นต้น การแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรจากโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่เหล่านี้เป็นอีกแหล่งที่อาจก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม จากการปล่อยของเสีย กากของเสีย รวมทั้งน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งถ้าหากขาดการจัดการที่ดีพอก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม จากรายงานปริมาณกากของเสียอุตสาหกรรมที่เป็นของเสียรวมทั้งประเทศประมาณ 10,243,396.52 ตัน/ปี ซึ่งประกอบด้วย กากของเสียที่เป็นอันตราย 1,558,743.23 ตันต่อปี และกากของเสียที่ไม่เป็นอันตราย 8,684,653.29 ตัน/ปี(ศูนย์บริการข้อมูล PIC สิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม, 2559) โดยขยะที่พบส่วนมากเป็นขยะอินทรีย์ ซึ่งถ้าไม่มีการจัดการก็จะเน่าเสีย ส่งกลิ่นเหม็น เป็นแหล่งสะสมของโรคและแมลงต่างๆ สำหรับของเสียจากการทำปศุสัตว์ พบว่าฟาร์มสุกรก็เป็นอีกแหล่งของเสียที่มีปริมาณมากต่อปี จากสถิติการเลี้ยงสุกรทั้งหมดในปี พ.ศ. 2558 จำนวน 9,886,897 ตัว (กรมปศุสัตว์, 2558) โดยสุกรขุนระยะที่กำลังเจริญเติบโตจะถ่ายมูลเปียกวันละประมาณ 5-8.6 % โดยแบ่งออกเป็นอุจจาระ 2-2.5 % และปัสสาวะ 2.1-6.2 % ของน้ำหนักตัว (วันดี, 2549) สุกรน้ำหนักตัวเฉลี่ย 87 กก. จะขับถ่ายอุจจาระเปียกประมาณ 1.73 กก./ตัว/วัน ซึ่งของเสียที่เกิดจากมูลสุกรหลายล้านตันต่อปี ถ้าหากไม่มีการจัดการฟาร์มที่ดีพอก็จะทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ โดยเฉพาะปัญหาการปนเปื้อนของโลหะหนักสู่สิ่งแวดล้อม เนื่องจากการใช้สารซิงค์ออกไซด์ (ZnO) และคอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO₄) ผสมในอาหาร (Feed additive) เพื่อช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของสุกร และเพิ่มระดับภูมิคุ้มกันต่อเชื้อแบคทีเรีย *Escherichia coli* (*E.coli*) ในลำไส้ของลูกสุกรอนุบาล (พิชญ, 2552) สุกรต้องการทองแดงระหว่าง 5-10 มก./กก. และทองแดงสามารถดูดซึมในทางเดินอาหารอยู่ในระดับที่จำกัด ทองแดงส่วนใหญ่ประมาณ 72-80 % จะถูกขับออกมาทางอุจจาระ (Sager, 2007) การนำมูลสุกรมาใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ หากใช้ระยะยาวจะทำให้มีแนวโน้มการสะสมของทองแดงในดินปริมาณมาก จากรายงานของ Xu และคณะ (2013) พบว่า เมื่อใช้มูลสุกรติดต่อกันในระยะ 10 ปี จะทำให้ดินและพืชมีแนวโน้มในการสะสมทองแดงมากขึ้น การสะสมทองแดงในดินในปริมาณมากอาจจะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดิน เช่น ไส้เดือนดิน รวมทั้งจุลินทรีย์และพืช Zibilske and Wagner (1980) พบว่า พื้นที่นาข้าวบริเวณเหมืองแร่ทองคำในประเทศญี่ปุ่น มีการปนเปื้อนทองแดงในดิน ระหว่าง 30-50 มก./กก. ซึ่งส่งผลกระทบต่อจำนวนแบคทีเรียในดิน โดยทำให้จำนวนของแบคทีเรียในดินมีจำนวนลดลง และมีผลทำให้เชื้อราในนาข้าวชะงักการเจริญเติบโต และจากการศึกษาของ ปาวีศ (2554) พบว่าทองแดงมีผลทำให้กิจกรรมของจุลินทรีย์ดินลดลง เมื่อดินมีความเข้มข้นของทองแดงในปริมาณที่สูงขึ้น นอกจากนี้การปนเปื้อนของทองแดงในดินยังส่งผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของพืช โดย Morishima และ Oka (1977) พบว่า พืชตระกูล

ถั่วมีความไวในการได้รับพิษจากทองแดงมากกว่าพืชในกลุ่มธัญพืช โดยปริมาณทองแดงในดินตั้งแต่ 30 มก./กก. จะเริ่มเป็นพิษต่อถั่วเหลืองและถั่วโคลเวอร์ (clover) แต่ข้าวโอ๊ตจะไม่แสดงอาการเป็นพิษจากการได้รับทองแดงในปริมาณต่ำกว่า 100 มก./กก. โดยพืชจะมีการสะสมทองแดงไว้ในรากมากกว่าในใบ

จากปัญหาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า การปนเปื้อนของทองแดงปริมาณมากในมูลสุกร อาจส่งผลกระทบต่อปัญหาสิ่งแวดล้อม จึงควรมีแนวทางในการจัดการกับของเสียที่เกิดขึ้นในปริมาณมากในปัจจุบัน การใช้เทคโนโลยีไส้เดือนดิน (Vermitechnology) เป็นอีกเทคโนโลยีที่กำลังได้รับความสนใจในปัจจุบัน เนื่องจากเป็นเทคโนโลยีที่สามารถทำได้ง่ายและต้นทุนต่ำ ซึ่งเป็นกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพ โดยใช้ไส้เดือนดินในการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของวัสดุอินทรีย์ เพื่อผลิตสารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช รวมทั้งยังช่วยลดความเป็นพิษของสารพิษที่ปนเปื้อนมากับวัสดุอินทรีย์ ขยะอินทรีย์ที่ผ่านกระบวนการย่อยสลายโดยไส้เดือนดิน (Vermicomposting) จะเรียกว่า มูลไส้เดือนดิน (Vermicast) สำหรับมูลไส้เดือนดินผสมกับวัสดุรองพื้นที่ใช้เลี้ยงจะเรียกว่า ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน (Vermicompost) ซึ่งเป็นปุ๋ยอินทรีย์ที่ประกอบด้วยจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์และมีธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (ชูลิมาศ และคณะ, 2554) นอกจากนี้ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินยังมีเอนไซม์ที่ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เช่น เอนไซม์ฟอสฟาเตสซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ช่วยละลายฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์ให้กลายเป็นฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Pramanik *et al.*, 2006) การทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน โดยส่วนใหญ่จะใช้ขยะอินทรีย์ร่วมกับมูลสัตว์ เพื่อใช้เป็นอาหารของไส้เดือนดิน แต่ขยะอินทรีย์และมูลสัตว์บางชนิด เช่น มูลสุกร มักพบการปนเปื้อนของทองแดง (Cu) ในปริมาณมาก ซึ่งจะเป็นพิษต่อไส้เดือนดิน Krystyna และคณะ (2016) พบว่าการใช้ถ่าน (biochar) สามารถช่วยในการลดความเป็นพิษของโลหะหนักต่อไส้เดือนดินได้ และถ่านนี้ยังสามารถช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน นอกจากนี้ในกระบวนการทำปุ๋ยหมักมักจะพบการสูญเสียไนโตรเจนในรูปแบบต่างๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการ mineralization และ กระบวนการ immobilization ซึ่งการสูญเสียไนโตรเจนส่วนใหญ่เกิดจากการระเหยของแอมโมเนีย Qgunwande และคณะ (2008) พบว่า กระบวนการทำปุ๋ยหมักจากมูลสัตว์ปีก จะทำให้มีการสูญเสียไนโตรเจนปริมาณมาก ระหว่าง 71-88% ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้คุณภาพของปุ๋ยลดลง และเป็นสาเหตุทำให้เกิดมลพิษทางสิ่งแวดล้อม เนื่องจากในมูลสัตว์ปีกมีปริมาณความเข้มข้นของไนโตรเจนปริมาณมาก แต่อัตรา C/N ratio ต่ำ จึงทำให้เกิดการสูญเสียจากการระเหยของแอมโมเนีย Kithome และคณะ (1999) รายงานว่าการลดการระเหยของแอมโมเนียในกระบวนการทำปุ๋ยหมัก สามารถทำได้โดยใช้วัสดุอินทรีย์ที่มีค่า C/N ratio สูง เพื่อช่วยลดอัตราการย่อยสลาย หรือเติมสารดูดซับ เช่น ซีโอไลต์ (zeolite) เพื่อช่วยดูดซับแอมโมเนียที่เกิดขึ้น แต่การดูดซับไนโตรเจนด้วยซีโอไลต์ จะทำให้ไนโตรเจนไม่สามารถเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ Christoph และคณะ (2010) รายงานว่า การใช้ถ่าน biochar สามารถช่วยดูดซับแอมโมเนีย (NH_3) และแอมโมเนียมที่ละลายน้ำ (water soluble NH_4^+) ทำให้ช่วยลดการสูญเสียไนโตรเจนในกระบวนการทำปุ๋ยหมัก โดยพบว่าการใช้ถ่าน biochar อัตรา 20% จะช่วยลดการระเหยของแอมโมเนียได้มากกว่า 64% และช่วยลดการสูญเสียของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดได้มากกว่า 52% ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของแกลบเผาต่อการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน และคุณภาพของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้ ได้ทำการทดสอบด้วยไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่นิยมเลี้ยงเพื่อการค้า และนิยมเลี้ยงเพื่อผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน โดยคัดเลือกไส้เดือนดินตัวที่สมบูรณ์ แข็งแรง และตัวเต็มวัยที่แสดงไคเทียลัม (ระบบการขยายพันธุ์) ที่ชัดเจนและมีขนาดใกล้เคียงกัน และใช้ไส้เดือนดินน้ำหนัก 13 ก./กระถาง

สำหรับวัสดุอินทรีย์ที่นำมาใช้เพื่อเป็นอาหารและที่อยู่ของไส้เดือนดิน ได้แก่ มูลสุกร เปลือกมันสำปะหลัง แกลบเผา และขุยมะพร้าว โดยนำวัสดุอินทรีย์แต่ละชนิดมาบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. หลังจากนั้นผสมมูลสุกร

เปลือกมันสำปะหลัง และขุขี้ดินโคราช อัตรา 2:6:1 โดยใช้สำหรับการทดลองละ 200 ก. และใส่แกลบเผาอัตรา 10 % สำหรับ
 การทดลองที่มีส่วนผสมของแกลบเผา นำส่วนผสมมาคลุกเคล้าให้เข้ากัน รดน้ำ และควบคุมความชื้นประมาณ 60-80%
 หมักอาหารผสมนาน 15 วัน ก่อนปล่อยไส้เดือนดิน ระหว่างกระบวนการหมัก เก็บข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็น
 กรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ความชื้น (moisture content) และอุณหภูมิ (temperature) ในระหว่างกระบวนการ
 ทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินตลอดการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD)
 เปรียบเทียบระหว่างการใช้แกลบเผาและไม่ใช้แกลบเผา โดยแบ่งออกเป็น 2 การทดลองๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

การทดลองที่ 1 อาหารผสมระหว่างมูลสุกร เปลือกมันสำปะหลัง และขุขี้ดินโคราช (อัตรา 2:6:1) และไส้เดือน
 ดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae*

การทดลองที่ 2 อาหารผสมระหว่างมูลสุกร เปลือกมันสำปะหลัง และขุขี้ดินโคราช (อัตรา 2:6:1) เติมแกลบ
 เผาอัตรา 10% และไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae*

บันทึกการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน จำนวนไข่ (Number of Cocoon) และจำนวนตัวอ่อนของไส้เดือน
 (Number of juvenile) ที่ระยะเวลา 15, 30 และ 45 วัน หลังจากปล่อยไส้เดือนดิน

วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการ
 นำไฟฟ้า (Electrical Conductivity: EC) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter) วิเคราะห์โดยวิธี Walkley and Black
 (Walkley and Black, 1934) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total nitrogen) วิเคราะห์โดยวิธี Kjeldahl method ฟอสเฟต
 ทั้งหมด (Total phosphate) วิเคราะห์โดยวิธี Spectrophotometric molybdovanadophosphate methode
 โพแทสเซียม (Potassium) และทองแดง (Copper) วิเคราะห์ด้วย Atomic absorption spectrophotometer
 (Horwitz, 2000) หลังจากการทดลองสิ้นสุดที่ระยะเวลา 60 วัน

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant
 Difference (LSD) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลและวิจารณ์

การศึกษาอิทธิพลของแกลบเผาต่อการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากมูลสุกรร่วมกับเปลือกมันสำปะหลังและ
 ขุขี้ดินโคราช ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus Eugenia* และส่งผลถึงศักยภาพของไส้เดือนดินใน
 การผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน โดยใช้มูลสุกร เปลือกมันสำปะหลัง และแกลบเผา ซึ่งมีผลวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี
 (Table 1) ดังนี้

Table 1 Chemical properties of raw materials used for experiments

parameter	swine manure	cassava peel	rice husk ash
1 .pH (1:10)	7.4	6.7	8.5
2. EC (1:10; ds/m)	2.2	0.5	0.2
3. Total Nitrogen (%)	2.3	0.3	0.2
4. Total Phosphate (%)	9.4	0.04	1.4
5. Total Potash (%)	1.3	0.36	0.56
6. Organic Carbon (%)	30.6	17.8	3.5
7. Organic Matter (%)	52.7	29.8	5.9
8. C/N	13/1	59/1	23/1
9. Copper (mg/kg)	731.73	4.99	24.45

อิทธิพลของแกลบเผาต่อการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน

จากผลการศึกษา พบว่า แกลบเผาช่วยส่งเสริมให้ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus Eugenia* มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วโดยมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นในช่วง 15 วันแรกของการปล่อยไส้เดือนดิน โดยมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 75.9 (Table 2) เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่แกลบเผา ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) โดยสอดคล้องกับรายงานของ Krystyna และคณะ (2016) ที่ศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติของ biochar ที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia foetida* โดยพบว่าการใช้ biochar อัตรา 4% และ 8% จะทำให้ไส้เดือนดินมีน้ำหนักตัวเพิ่มขึ้น 13% และ 66% ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ biochar นอกจากนี้ยังพบว่า ตำรับการทดลองที่มีแกลบเผายังพบจำนวนงูไข่ และจำนวนตัวอ่อนไส้เดือนดิน มากกว่าตำรับการทดลองที่ไม่มีแกลบเผา ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* จะพบจำนวนงูไข่มากที่สุด หลังจากระยะเวลา 45 วัน ในตำรับการทดลองที่ใส่แกลบเผา โดยพบจำนวนงูไข่เฉลี่ย 78 งูไข่ เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 73.3 เมื่อเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่แกลบเผา โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) (Table 4) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Krystyna และคณะ (2016) รายงานว่า หลังจาก 4 สัปดาห์การใช้ biochar ในอาหารผสม อัตรา 4% และ 8% จะช่วยให้ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia foetida* มีจำนวนงูไข่ เพิ่มขึ้น 13% และ 66% ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ biochar โดยไส้เดือนดินส่วนใหญ่จะสามารถสร้างงูไข่ได้ตลอดทั้งปี การสร้างงูไข่ของไส้เดือนดินขึ้นอยู่กับ อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณ แหล่งอาหาร และองค์ประกอบของสภาพแวดล้อมอื่นๆ ที่เหมาะสม อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงไส้เดือนประมาณ 15 – 25 องศาเซลเซียส ถ้าอุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่านี้การวางไข่ก็จะลดลงตามลำดับ (อาณัฐ, 2550) ปริมาณความชื้นอยู่ระหว่าง 70% -85% สำหรับไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* (Edwards, 2011) นอกจากนี้ความสมบูรณ์ของอาหารจะมีผลต่อจำนวนงูไข่ โดยไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* ที่นำมาใช้กำจัดขยะและอาศัยในมูลสัตว์ สามารถสร้างงูไข่ได้ประมาณ 188 งู/ตัว/ปี (อาณัฐ, 2550)

Table 2 The changes of earthworm (*Eudrilus eugeniae*) weight during vermicomposting

Treatment	Percentage change of earthworm weight (%)			
	0 days	15 days	30 days	45 days
Vermicompost without rice husk ash	0	24.36b	43.55a	15.08a
Vermicompost with rice husk ash	0	42.86a	27.83b	0.27b
F-test	-	*	*	*
%CV	-	5.93	27.83	33.73

Remark: In the same column followed by the same lower case letters are not significantly different at $p \leq 0.05$ by Least-significant difference (LSD)

Table 3 Number of cocoon (mean $\pm$ SD) during vermicomposting

Treatment	Number of cocoon		
	15 days	30 days	45 days
Vermicompost without rice husk ash	4 $\pm$ 1b	19 $\pm$ 4	45 $\pm$ 5b
Vermicompost with rice husk ash	50 $\pm$ 5a	23 $\pm$ 3	78 $\pm$ 8a
F-test	**	ns	**
%CV	13.35	16.84	10.85

Remark: In the same column followed by the same lower case letters are not significantly different at $p \leq 0.01$ by Least-significant difference (LSD) , ns = not significant

สำหรับจำนวนตัวอ่อนไส้เดือนดิน จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* ในตำรับการทดลองที่ใส่แกลบเผาจะพบการฟักเป็นตัวอ่อนไส้เดือนดิน ตั้งแต่ระยะเวลา 15 วันหลังปล่อยไส้เดือนดิน และพบจำนวนตัวอ่อนไส้เดือนดิน มากที่สุดหลังจาก 45 วัน จำนวนเฉลี่ย 265 ตัว ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่แกลบเผา พบว่าจำนวนตัวอ่อนไส้เดือนดิน (juvenile) เพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 173 (Table 8) โดยเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่แกลบเผา ซึ่งมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.01$) แสดงให้เห็นว่าการใช้แกลบเผาจะช่วยให้ลูกไข่ฟักเป็นตัวอ่อนได้มากกว่าการไม่ใช้แกลบเผา ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Krystyna และคณะ (2016) ซึ่งรายงานว่า การใช้ biochar ร่วมกับอาหารผสม อัตรา 4% และ 8% จะช่วยให้ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia foetida* มีจำนวนตัวอ่อนไส้เดือนดินเพิ่มมากขึ้น และพบมากที่สุดหลังจากการทดลอง 18 สัปดาห์

การฟักเป็นตัวอ่อนของไส้เดือนดินแต่ละสายพันธุ์ จะมีช่วงระยะเวลาที่ลูกไข่ฟักเป็นตัวที่แตกต่างกัน ซึ่งอุณหภูมิและความชื้นมีอิทธิพลต่อระยะเวลาของการฟักเป็นตัวของไส้เดือนดิน ไส้เดือนดินโดยทั่วไปลูกไข่จะพบตัวอ่อนที่รุดออกมาแค่ 1 หรือ 2 ตัวเท่านั้น (อาณัฐ, 2550) โดยไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* จะใช้เวลาในการฟัก 12 – 16 วัน และมีจำนวนตัวที่ฟักออกมาเฉลี่ย 2-2.7 ตัว/ลูกไข่ (Edwards, 2011)

จากผลการศึกษาอิทธิพลของแกลบเผาต่อการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน พบว่า แกลบเผาจะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน โดยไส้เดือนดินจะมีน้ำหนักตัว จำนวนลูกไข่ และจำนวนตัวอ่อนเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่แกลบเผา เนื่องจากแกลบเผาเป็นวัสดุที่ได้จากการนำแกลบมาเผาที่อุณหภูมิระหว่าง 600 – 700 องศาเซลเซียส (Nick and Emmet, 2009) เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งแกลบเมื่อถูกเผาจะมีความร้อนสูงเฉลี่ย 3,880 kcal/g ซึ่งใกล้เคียงกับไม้พืชน้ำที่มีความร้อนเฉลี่ย 4,475 kcal/g แกลบเผามีความพรุนสูง มีน้ำหนักเบา และมีพื้นที่ผิวสัมผัสมาก จึงมีคุณสมบัติเป็นตัวดูดซับที่ดี (ลลิตา, 2554) จึงทำให้แกลบเผามีลักษณะที่คล้ายกับ biochar ซึ่งเป็นวัสดุที่ได้จากการเผาที่อุณหภูมิสูงประมาณ 600 องศาเซลเซียส (Chris et al., 2014) จากการศึกษาของ Tammeorg และคณะ (2014) รายงานว่า biochar จะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตและการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน เนื่องจาก biochar มีรูพรุนสูงจึงสามารถดูดซับโลหะหนัก และช่วยลดความเป็นพิษของโลหะหนักต่อไส้เดือนดิน รวมทั้งเป็นแหล่งกักเก็บธาตุอาหารหลักและธาตุอาหารรอง และช่วยส่งเสริมกิจกรรมของจุลินทรีย์ (Krystyna, 2017)

Table 4 Number of juveniles (mean $\pm$ SD) during the vermicomposting

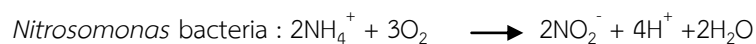
Treatment	Number of juvenile		
	15 days	30 days	45 days
Vermicompost without rice husk ash	0b	4 $\pm$ 4b	97 $\pm$ 13b
Vermicompost with rice husk ash	7 $\pm$ 3a	158 $\pm$ 22a	265 $\pm$ 15a
F-test	*	**	**
%CV	56.20	19.52	7.62

Remark: In the same column followed by the same lower case letters are not significantly different at * $p \leq 0.05$, ** $p \leq 0.01$ by Least-significant difference (LSD)

อิทธิพลของแกลบเผาต่อคุณสมบัติของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางทางเคมีของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน พบว่า ตำรับการทดลองที่ใส่แกลบเผามีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ระหว่าง 7.61 – 7.85 ซึ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.15 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้นก่อนกระบวนการหมัก แต่เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่แกลบเผา พบว่าค่า pH ลดลง ร้อยละ 0.95 (Table 5) Nuhaa และคณะ

(2015) รายงานการเพิ่มขึ้นและลดลงของค่า pH ขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุอินทรีย์ที่ใช้เป็นส่วนผสมเริ่มต้นในกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน โดยค่า pH ลดลง เนื่องจากจากการสะสมของกรดอินทรีย์ (organic acid) ที่เกิดขึ้นระหว่างการย่อยสลายสารประกอบ polysaccharides แต่หลังจากหลังจากปล่อยไส้เดือนดินจะทำให้ค่า pH เพิ่มขึ้น โดยเมื่อเปรียบเทียบกับค่า pH กับ Mauritius standard สามารถอธิบายได้ว่าช่วงค่า pH ที่แตกต่างกันที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการย่อยสลาย โดยพบว่าถ้าการย่อยสลายเกิดจากพวกแบคทีเรีย จะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 6.0-7.5 เกิดจากพวกเชื้อรา จะมีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.5-8.0 และพวกแอคโตไมซีต มีค่า pH อยู่ระหว่าง 5.0-9.9 Suthar (2010) พบว่า ค่า pH ของปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจะลดลงระหว่าง 4-10.5% ซึ่งการเปลี่ยนแปลงค่า pH ขึ้นอยู่กับปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ก๊าซแอมโมเนีย (NH_3) ไนเตรต (NO_3^-) และกรดอินทรีย์ที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการ mineralization ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ แล้วปล่อยพลังงานออกมาในรูปของพลังงานความร้อน ซึ่งในระหว่างการทดลองมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 20.8-30.5 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิมีผลต่อกิจกรรมของแบคทีเรียและส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH ซึ่งจากการศึกษาของ Sanchez-Monedero และคณะ (2001) พบว่า การเปลี่ยนแปลงของ แอมโมเนียม (NH_4^+) เป็นไนเตรต โดยแบคทีเรีย nitrifying bacteria ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียสในสภาพที่มีออกซิเจน จะทำให้มีการปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออน ทำให้ค่า pH ลดต่ำลง ดังสมการ



การเปลี่ยนแปลงค่าการนำไฟฟ้า ในระหว่างการทดลองในตำรับการทดลองที่ใส่แกลบเผา พบค่า EC มีค่าระหว่าง 1.13 -12.8 dS/m ซึ่งเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.15 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้นและเพิ่มขึ้นร้อยละ 20.17 เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่แกลบเผา (Table 5) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Nuhaa และคณะ (2015) รายงานว่า การเพิ่มขึ้นของค่า EC เนื่องจากการละลายของแอมโมเนีย และการเปลี่ยนแปลงของแอมโมเนียเป็นแอมโมเนียมและไนเตรต ในกระบวนการไนตริฟิเคชัน Gupta และ Garg (2008) รายงานว่า การเพิ่มขึ้นของค่า EC อาจเนื่องมาจากการลดลงของอินทรีย์วัตถุ ทำให้เกิดการปลดปล่อยเกลือในรูปฟอร์มต่างๆ เช่น ฟอสเฟต แอมโมเนียม และ โพแทสเซียม Krystyna และคณะ (2014) รายงานว่า การใส่ถ่าน biochar จะช่วยลดการระเหยของแอมโมเนีย และสามารถดูดซับ แอมโมเนียม-ไนโตรเจน ยูเรีย และกรดยูริก จึงทำให้ค่า EC เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ถ่าน (biochar)

Table 5 The changes of chemical properties in vermicompost

treatment	pH (1:10)			EC (1:10; dS/m)		
	initial	Final	%Changed	Initial	Final	%Changed
Vermicompost without rice husk ash	7.56	7.87	+4.10	1.06	0.94	-11.32
Vermicompost with rice husk ash	7.61	7.85	+3.15	1.13	1.23	+8.85

การเปลี่ยนแปลงของธาตุอาหาร ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน พบว่า ตำรับการทดลองที่ใส่แกลบเผา ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (ลดลงร้อยละ 10.0 เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้น และลดลงร้อยละ 6.61 เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่แกลบเผา สำหรับปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด เพิ่มขึ้นร้อยละ 51.69 และ 85.71 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้น และเพิ่มขึ้นร้อยละ 15.82 และ 13.83 ตามลำดับ (Table 6) เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่แกลบเผา

การลดลงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน เนื่องจากกระบวนการทำปุ๋ยหมักจะเกิดสารระเหยของการระเหยของแอมโมเนีย (NH_3) และการสูญเสียไนโตรเจนรูปต่างๆ ในกระบวนการ mineralization และ

immobilization และ การใช้ไนโตรเจนอินทรีย์ของจุลินทรีย์และไส้เดือนดิน ทำให้เป็นสาเหตุของการลดลงของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (Total Nitrogen) Atiyeh และคณะ (2000) รายงานว่า ในกระบวนการทำปุ๋ยหมักโดยไส้เดือนดินในระยะ 17 สัปดาห์ แอมโมเนียสามารถสูญเสียจากการชะล้าง (leaching) ปริมาณ 5 มก./กก. เปรียบเทียบกับการทดลองที่ไม่มีไส้เดือนดิน แต่หลังจากสัปดาห์ที่ 17 ไส้เดือนดินจะช่วยส่งเสริมการเพิ่มขึ้นของไนโตรเจน-ไนโตรเจน) การลดการสูญเสียไนโตรเจนในกระบวนการหมัก สามารถทำได้โดยการเพิ่มวัสดุอินทรีย์ที่มีค่า C/N ratio สูง เพื่อช่วยลดการสูญเสียของแอมโมเนียและช่วยลดการปลดปล่อยไนโตรเจนรูปแบบต่างๆ ในกระบวนการ mineralization และ Immobilize การเติมสารดูดซับ เช่น biochar, charcoal และเถ้า (ash) จะช่วยลดซับและลดการสูญเสียไนโตรเจน Christoph และคณะ (2010) รายงานว่า การเติมถ่าน (biochar) อัตรา 20% ในกระบวนการทำปุ๋ยหมักโดยมูลไก่ biochar จะช่วยลดซับแอมโมเนีย และแอมโมเนียมที่ละลายน้ำ ($\text{water-soluble NH}_4^+$) สามารถช่วยลดการสูญเสียปริมาณไนโตรเจน โดยลดการระเหยของแอมโมเนีย (NH_3) เท่ากับ 64% และลดปริมาณการสูญเสียไนโตรเจนทั้งหมด เท่ากับ 52% เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่ biochar ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Chen และคณะ (2014) รายงานว่ากระบวนการหมักโดยใช้มูลสุกรร่วมกับ bamboo biochar อัตรา 9% จะทำให้เกิดการสูญเสียไนโตรเจน ร้อยละ 39 และ การใช้มูลสุกรร่วมกับ bamboo charcoal อัตรา 3% จะทำให้ลดการสูญเสียไนโตรเจน ร้อยละ 23 เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม

Table 6 The percent changed of nutrient in vermicompost

treatment	TN (%)			TP (%)			TK (%)		
	Initial	Final	%Changed	Initial	Final	%Changed	Initial	Final	%Changed
Vermicompost without rice husk ash	0.59	0.57	-3.39	0.92	1.26	+35.87	0.64	1.10	+71.88
Vermicompost with rice husk ash	0.60	0.54	-10.0	0.89	1.35	+51.69	0.56	1.04	+85.71

การเพิ่มขึ้นของปริมาณฟอสเฟตทั้งหมด (Total phosphate) และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด (Total -K) ตำรับการทดลองที่ไม่ใส่แกลบเผา เนื่องจากไส้เดือนดินสามารถเจริญเติบโตได้ดีในตำรับการทดลองที่ใส่แกลบเผา ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Krystyna และคณะ (2016) รายงานว่า การใช้ biochar จะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน ซึ่งส่งผลต่อการทำงานของจุลินทรีย์และจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ Jindo และคณะ (2012) รายงานว่า การใส่ biochar ในกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน จะช่วยส่งเสริมการเกิดมวลชีวภาพ (biomas) และเพิ่มจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ ซึ่งจะช่วยส่งเสริมการสร้างเอนไซม์ฟอสฟาเตส ทำให้มีการย่อยสลายและปลดปล่อยฟอสเฟตและโพแทสเซียมในกระบวนการ mineralization ทำให้พบการเพิ่มขึ้นของฟอสเฟตและโพแทสเซียมในตำรับการทดลองที่ใส่แกลบเผา

สรุป

การใช้แกลบเผาในกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน โดยใช้ร่วมกับมูลสุกร เปลือกมันสำปะหลัง และขุยมะพร้าว ทดสอบโดยไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* หลังการทดลอง พบว่า แกลบเผาจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน โดยพบการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักไส้เดือนดิน จำนวนถุงไข่ จำนวนตัวอ่อนไส้เดือนดิน ร้อยละ 75.9, 73.3 และ 173.0 ตามลำดับ โดยเปรียบเทียบกับตำรับการทดลองที่ไม่ใส่แกลบเผา สำหรับการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุ

อาหารในปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินในตำรับการทดลองที่ใส่แกลบเผามีค่าความเป็นกรดต่างต่ำ ระหว่าง 7.61-7.85 ซึ่งพบค่า pH ต่ำกว่าตำรับการทดลองที่ไม่ใส่แกลบเผาและมีแวนโน้มเพิ่มขึ้น สำหรับค่าการนำไฟฟ้า พบว่า หลังจากปล่อยไส้เดือนดิน ค่า EC มีแวนโน้มเพิ่มสูงขึ้น ระหว่าง 1.13-1.23 dS/m เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดลดลง ร้อยละ 6.6 ปริมาณฟอสเฟตทั้งหมดและปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดเพิ่มขึ้น ร้อยละ 15.82 และ 21.4 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการใช้แกลบเผาอัตรา 10% ร่วมกับมูลสุกร เปลือกมันสำปะหลังและชุดดินโคราช ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eudrilus eugeniae* ซึ่งจะสามารถเพิ่มศักยภาพในการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินที่มีคุณภาพต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่มอบทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ ประจำปีภาคต้นปีการศึกษา 2559 สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ที่มอบทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทบัณฑิตศึกษา ประจำปีงบประมาณ 2560 ศูนย์เรียนรู้วิจัยและพัฒนาไส้เดือนเพื่อการเกษตรและสิ่งแวดล้อม ที่สนับสนุนไส้เดือนดิน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการบริการจัดการทรัพยากรน้ำแบบบูรณาการ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ศูนย์ศึกษาค้นคว้าและพัฒนาการเกษตรกรรมภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนอาคารทดลองเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ทำให้การวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมปศุสัตว์. 2558. ข้อมูลจำนวนปศุสัตว์ ในประเทศไทย ปี 2558. เข้าถึงได้จาก <http://www.doae.go.th> [เข้าถึงเมื่อ 14 พฤศจิกายน 2559].
- ชูลีมาศ บุญไทย อิวาย, มงคล ต๊ะอูน, สุรศักดิ์ เสรีพงศ์ และ นันทวุฒิ จำปานาม. 2554. การผลิตปุ๋ยหมักโดยไส้เดือนดิน : การจัดการของเสีย ดิน ผลผลิตที่ดีและปลอดภัย. ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.
- ปวีรส ตังบรรธรรม. 2554. การศึกษาผลการใช้ประโยชน์น้ำทิ้งจากฟาร์มสุกรเพื่อการเกษตรต่อระบบนิเวศดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์และสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พิษณุ ตูลยกุล. 2552. การศึกษาความสัมพันธ์ของระดับโลหะหนัก (Zine และ Copper) และปริมาณของเชื้อ *E.coli* และ *Salmonella spp.* ในน้ำเสียและดินที่ได้จากฟาร์มสุกร. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะสัตวแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ลลิตา แสงอาทิตย์. 2554. การดูดซับยาปฏิชีวนะ Norfloxacin โดยเถ้าแกลบที่ pH 5-8. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- วันดี ทาตระกุล. 2546. สุกรและการผลิตสุกร. นพบุรีการพิมพ์. เชียงใหม่.
- ศูนย์บริการข้อมูล PIC สิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม. 2559. แผนที่อุตสาหกรรม. เข้าถึงได้จาก: <http://www2.diw.go.th/PIC/map.html> [เข้าถึงเมื่อ 15 ธันวาคม 2559].
- อาณัฐ ต้นโซ. 2550. ไส้เดือนดิน. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. พิมพ์ครั้งที่ 2. ปทุมธานี.
- Atiyeh R.M., D. Jorge, S. Scott and C.A. Edwards. 2000 Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworm (*Eisenia Andrei*, Bouche) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia*. 4: 709-724

- Chen, Y., X. Huang, Z. Han, X. Huang, B. Hu and D. Shi. 2010. Effects of bamboo charcoal and bamboo vinegar on nitrogen conservation and heavy metals immobility during pig manure composting. *Chemosphere*. 78:1177-1181
- Chris, B., Z. Natalie, Z. Prisca, L. Marc, K. Claudia and M. Sven. 2014. Effects of biochar, earthworm, and litter addition on soil microbial activity and abundance in a temperate agricultural soil. *Biol Fertil Soils*. 50: 1189-1200
- Christoph, S., K.C. Das, M. Nathan and L. Donald. 2010. Reducing nitrogen loss during poultry litter composting using biochar. *J. Environ. Qual*. 39: x-x
- Edwards, C.A., N.Q. Arancon and R.L. Sherman. 2011. *Vermiculture Technology : earthworms . Organic Waste and Environmental Management*. CRC Press. Boca raton. USA.
- Gupta, R. and V.K. Garg. 2008. Stabilization of primary sewage sludge during vermicomposting. *J. Hazardous Materials*. 153: 1023-1030
- Horwitz W. 2000. Official Method of Analysis of AOAC International. 17th. AOAC International Inc., Gaithersberg, MD.
- Jindo, K., M.A. Sanchez-Monedero, H. Terasa, G. Carlos, F.Toru, M. Kazuhiro, S. Tomonori and B. Felipe. 2012. Biochar influences the microbial community structure during manure composting with agricultural wastes. *Science of the Total Environment*. 416: 476-481
- Kithome, M., J.W. Paul and A.A. Bomker. 1999. Reducing nitrogen losses during simulated composting of poultry manure using absorbents or chemical amendments. *J. Environ. Qual*. 28: 194-201
- Krystyna, M., Z. Magdalena and D. Jacek. 2014. Effects of biochar amendment on ammonia emission during composting of sewage sludge. *Ecological Engineering*. 71: 474-478.
- Krystyna, M., Z. Magdalena, C. Rafaela and M. Oriol. 2016. The effect of precomposted sewage sludge mixture amended with biochar on growth and reproduction of *Eisenia fetida* during laboratory vermicomposting. *Ecological Engineering*. 90: 35-41.
- Krystyna, M., Z. Magdalena, C. Rafaela, R. Agnieszka, W. Patryk and S. Ewelina. 2017. Biochar amendment for integrated composting and vermicomposting of sewage sludge – The effect of biochar on activity of *Eisenia fetida* and the obtained vermicompost. *Bioresource Technology*. 225: 206-214.
- Morishima, H. and H. Oka. 1977. The impact of copper pollution on weed communities in Japanese rice fields. *Ago-Ecosystem*. 3:131-145.
- Nick, Z. and W. Emmet. 2009. Rice husk ash. Available from: http://www.cvbt-web.org/uploads/Rice_Husk_Ash/Nick_Emmet_RHA.pdf [access 13 July 2017]
- Nuhaa, S., M. Romeela and G.M. Vinod. 2015. Experimental process monitoring and potential of *Eudrilus eugeniae* in the vermicomposting of organic solid waste in Mauritius. *Ecological Engineering*. 84: 149-158
- Ogunwande, G.A., J.A. Osunade, K.O. Adekalu and L.A.O. Ogunjimi. 2008. Nitrogen loss in chicken litter compost as effected by carbon to nitrogen ratio and turning frequency. *Bioresour. Technol*. 99:7495-7503.

- Pramanic, P., G.K. Ghosal and P. Banik. 2006. Changes in organic-C, N, P and K and enzyme activities in vermicompost of biodegradable organic wastes under liming and microbial inoculants. *Bio. Tech.* 98:2485-2494
- Sager M. 2007. Trace and nutrient elements in manure, dung and compost samples in Austria. *Soil Biology & Biochemistry.* 39: 1383-1390.
- Sanchez-Monedero M.A., A. Roig, C. Paredes and M.P. Bernal. 2001. Nitrogen transformation during organic waste composting by the Rutgers system and its effects on pH, EC and maturity of the composting mixtures. *Bioresour. Technol.* 78: 301-308.
- Suthar, S. 2010. Pilot-scale verireactors for sewage sludge stabilization and metal remediation process: Comparison with small-scale vermireactors. *Ecological Engineering.* 36: 703-712.
- Tammeorg, P. T. Parviainen, V. Nuutinen, A. Simmojoki, E. Vaara and J. Helenius. 2014 Effects of biochar on earthworms in arable soil: avoidance test and field trial in boreal loamy sand. *Agric. Ecosyst. Environ.* 191: 150-157.
- Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An examination of the digestion method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-33.
- Xiuchao s., L. Manqiang, W. Di, Q. Lin, Y. Chenlong, J. Jiaguo and H. Feng. 2014. Heavy metal and nutrient changes during vermicomposting animal manure spiked with mushroom residues. *Waste Management.* 34: 1977-1983
- Xu Y., W. Yu, Q. Ma and H. Zhou. 2013. Accumulation of copper and Zinc in soil and plant within ten-year application of different pig manure rates. *Plant Soil Environment.* 59: 492-499.
- Zibilske, L.M. and G.H. Wagner. 1980. Effect of microbial population of copper in sewage sludge added to soil, pp.215-226. *In Agrochemical-Residue-Biota Interaction in soil and Aquatic Ecosystem.* IAEA, Vienna.

การศึกษาสมบัติดินที่มีวัตถุดิบกำเนิดดินต่างกันต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำของ
ดินเนื้อหยาบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

Study on soil properties derived from different parent materials on water retention of
coarse-textured soil in Northeast of Thailand

ชาญณรงค์ เขตแดน^{1*}, อรรณพ พุทธโส¹, ธงชัย คงหนองลาน¹, โกศล เคนทะ¹, อภิชาติ บุญเกษม¹ และ
วิภาวรรณ อินทร์สมบูรณ์¹

Channarong Khetdan^{1*}, Aunnop Puttasol¹, Thongchai Kongnonglan¹, Kosol Khenta¹,
Apichat Boonkasem¹ and Wipawan Insomboon¹

บทคัดย่อ

ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินเป็นสมบัติที่มีความสำคัญต่อการอนุรักษ์และจัดการดินและน้ำเพื่อผลิตพืช การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติดินบางประการและความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินที่มีวัตถุดิบกำเนิดดิน ต่างกัน และพัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินเนื้อหยาบ ผลการศึกษาพบว่า ดินที่ใช้ศึกษามีสัดส่วนของอนุภาคขนาดทรายสูง (637.29 - 884 ก/กก) ดินเนื้อหยาบที่มีวัตถุดิบกำเนิดจากตะกอนน้ำพามี ความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินสูงสุด (6.05%) รองลงมา คือ หินทราย และหินแกรนิต ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบว่า การเปลี่ยนแปลงของความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณและสัดส่วนการกระจายตัวของอนุภาคขนาด ทราย ($r = -0.744^{**}$) ทรายแป้ง ($r = 0.620^{**}$) และดินเหนียว ($r = 0.582^{**}$) และจากผลการทำนายความชื้นในดินที่ระดับ ความจุความชื้นสนาม (FC, $r^2 = 0.88 - 0.98$) และจุดเหี่ยวถาวร (PWP, $r^2 = 0.93 - 0.96$) โดยใช้ปัจจัยขนาดอนุภาคดิน (ทรายและดินเหนียว) ความหนาแน่นรวม และอินทรีย์วัตถุในดินแยกแต่ละวัตถุดิบกำเนิด ทำให้ได้สมการ PTF ที่มีค่า สหสัมพันธ์ที่สูงขึ้นเมื่อเทียบจากการทำนายโดยรวมทุกวัตถุดิบกำเนิด (FC, $r^2 = 0.89$ และ PWP, $r^2 = 0.93$) โดยเฉพาะดิน สลายตัวจากวัตถุดิบกำเนิดจำพวกหินทราย และหินแกรนิต ผลการศึกษานี้สะท้อนให้เห็นว่า ดินที่มีเนื้อดินเดียวกันแต่มีวัตถุดิบกำเนิดต่างกันส่งผลต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำในดินต่างกันซึ่งถูกควบคุมด้วยความสัมพันธ์ของปัจจัยสมบัติทางดิน โดยเฉพาะปริมาณและสัดส่วนของอนุภาคขนาดทรายและดินเหนียว

คำสำคัญ: การกักเก็บน้ำ, วัตถุดิบกำเนิดดิน, ดินเนื้อหยาบ, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

¹ กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรม. 10900

Office of soil survey and soil resources, Land development department, Bangkok

*Corresponding author: fiatzchk@gmail.com

Abstract

Water retention is an importance soil property influencing on soil and water conservation and management. The objectives of this study were to 1) investigate some soil properties and soil water retention of coarse-textured soil derived from different parent materials and 2) develop the pedotransfer functions (PTF) for predicting soil water retention employing soil particles, bulk density and organic matter content. The results found that coarse-textured soil in this study had high sand particle (637.29 – 884 g/kg). The highest available water capacity (AWC) was found in the soil derived from alluvium (6.05%w/w) followed by sand stone and granite, respectively. In addition, we also found that changes in AWC in soil was significantly correlated with sand ($r = -0.744^{**}$) silt ($r = 0.620^{**}$) and clay ($r = 0.582^{**}$) particles. The results of modified soil particle (sand and clay), bulk density and organic matter content in soil in each parent materials were higher correlated to predicted water content at FC ($r^2 = 0.88 - 0.98$) and PWP ($r^2 = 0.93 - 0.96$) levels as compared to the whole parent materials (FC, $r^2 = 0.89$ and PWP, $r^2 = 0.93$), especially in sandstone and granite. Our results stated that the similar coarse-textured soil derived from different parent materials was varies of soil water content which governed by the relationship between some soil properties, in particular the ration of sand and clay particles.

Keywords : water retention, soil parent materials, coarse-textured soil, northeast of thailand

บทนำ

ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินเป็นสมบัติที่มีความสำคัญต่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ การจัดการดินและน้ำเพื่อผลิตพืช โดยทั่วไปความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของน้ำในดินกับแรงขับชลศาสตร์พิจารณาความสำคัญของน้ำในดินต่อการเจริญเติบโตของพืชหมายถึง ความแตกต่างระหว่างความชื้นที่ความจุสนาม (FC; ปริมาณน้ำที่แรงขับชลศาสตร์เท่ากับ -33 กิโลพาสคาล) และจุดเหี่ยวถาวรของดิน (PWP; ปริมาณของน้ำที่แรงขับชลศาสตร์เท่ากับ -1500 กิโลพาสคาล) (Rawls *et al.*, 2003) และในการวิเคราะห์สมบัติข้างต้นใช้ระยะเวลาและมีความค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง นักวิทยาศาสตร์ทางดินจึงพยายามทำการศึกษาวิจัยและพัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์ที่นิยม เรียกว่า Pedotransfer functions (PTF) ในการประยุกต์ใช้สำหรับการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในรูปแบบทั้งสมการเชิงเส้นตรง และสมการเชิงถดถอยเพื่อทำนายความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน (Medrado and Lima, 2014) ทั้งนี้ ความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินจะแปรผันไปตามลักษณะของเนื้อดิน โครงสร้างดิน และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Vereecken *et al.*, 1989; Rawls *et al.*, 2003; Wesseling *et al.*, 2009) ดังนั้น PTF ส่วนใหญ่จึงได้มีการพัฒนาสมการเพื่อทำนายความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน โดยใช้ข้อมูลพื้นฐานที่ขึ้นถึงสมบัติดินข้างต้น ได้แก่ ขนาดอนุภาคดิน ความหนาแน่นรวม และอินทรีย์วัตถุในดิน (Tomasella and Hodnett, 2004; Botula *et al.* 2012; Obalum and Obi, 2013) อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพและความถูกต้องในการทำนายความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินด้วย PTF นั้นขึ้นอยู่กับความแปรปรวนของข้อมูล โดยหากมีการจัดกลุ่มข้อมูลดินให้มีสมบัติหรือลักษณะที่ใกล้เคียงกัน ส่งผลให้การทำนายมีประสิทธิภาพและถูกต้องยิ่งขึ้น (Pachepsky and Rawls, 1999; Wösten *et al.*, 2001; Nguyen *et al.* 2014) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเป็นภูมิภาคที่ประสบปัญหาภัยแล้งที่รุนแรง ปริมาณน้ำไม่เพียงพอต่อการเกษตร ส่วนหนึ่งมีความสัมพันธ์กับลักษณะและสมบัติของดิน เนื่องจากพื้นที่ส่วนใหญ่ปกคลุมด้วยหินในกลุ่มหมวดหินโคราช ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นหินทรายแทรกสลับด้วยชั้นของหินกรวดมน หินดินดาน และเกลือหิน ทำให้ดินมีเนื้อค่อนข้างหยาบเป็นพวกดินทรายหรือดินร่วนหยาบ (กรมพัฒนาที่ดิน,

2558) ด้วยลักษณะดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับวัตถุต้นกำเนิดของดินที่นับว่าเป็นปัจจัยที่มีผลและควบคุมลักษณะและสมบัติของดินมาก วัตถุต้นกำเนิดของดินและระยะในการสลายตัว (weathering stage) เป็นปัจจัยบ่งชี้สำคัญของความแตกต่างของ

ดินโดยเฉพาะเนื้อดิน (สฤระ, 2549) ดังนั้น การพิจารณาและสร้างความเข้าใจถึงวัตถุต้นกำเนิดดินจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการจัดกลุ่มลักษณะและสมบัติดินที่บ่งชี้ความสามารถในการกักเก็บในดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งมีเนื้อดินหยาบเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้น จึงทำการศึกษานี้โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของดินเนื้อหยาบที่มาจากวัตถุต้นกำเนิดดินต่างกันต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำ และการประยุกต์ใช้ปัจจัยทางดินเพื่อพัฒนาสมการ PTF ในการทำนายความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่ศึกษา

ศึกษาในดินเนื้อหยาบในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีการจำแนกชั้นอนุภาคดินเป็นดินทราย (sandy) ดินร่วนหยาบ (coarse loamy) และดินร่วนละเอียด (fine loamy) มีเนื้อดินเป็นดินทราย (S) ดินทรายปนดินร่วน (LS) ดินร่วนปนทราย (SL) ดินร่วน (L) และดินร่วนเหนียวปนทราย (SCL) ซึ่งมีวัตถุต้นกำเนิดดินต่างกันได้แก่ วัตถุต้นกำเนิดดินที่พัฒนามาจากหินทราย หินแกรนิต และตะกอนน้ำพา

2. การศึกษา รวบรวม และวิเคราะห์ฐานข้อมูลเบื้องต้น

ทำการรวบรวมและศึกษาข้อมูลได้แก่ ข้อมูลดินและแผนที่ (มาตราส่วน 1:25,000) ลักษณะทางธรณีวิทยา วัตถุต้นกำเนิดดิน และรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะและสมบัติดินที่เกี่ยวข้องโดยเฉพาะเนื้อดิน การกระจายตัวขนาดอนุภาคดิน และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินที่ระดับความลึก 2 เมตร จากโครงการศึกษาดินตัวแทนหลักสำหรับพัฒนาการเกษตรของประเทศไทย และโครงการศึกษาความสัมพันธ์ของสมบัติดินกับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อติดตามและประเมินคุณภาพดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ กลุ่มสำรวจจำแนกดิน และกลุ่มศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์ทรัพยากรดิน กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2554 – 2559 และทำการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น โดยการจำแนก และจัดกลุ่มลักษณะและสมบัติของดินตามวัตถุต้นกำเนิดดินตามที่กำหนดโดยอาศัยหลักการทางสถิติ เพื่อคัดกรองเฉพาะข้อมูลที่อยู่ในช่วงค่าทางสถิติที่เหมาะสม เมื่อเปรียบเทียบกับค่าข้อมูลจากจุดอื่นๆ ในบริเวณเดียวกัน ทำการวิเคราะห์และสร้างแผนที่ด้วยโปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

3. การศึกษาข้อมูล และเก็บตัวอย่างดิน

จากการรวบรวมฐานข้อมูลดิน และศึกษาและเก็บข้อมูลดินเพิ่มเติมในภาคสนาม โดยการกำหนดจุดศึกษาและเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่บริเวณดินเนื้อหยาบที่เกิดจาก ตะกอนน้ำพา หินทราย และหินแกรนิต (Figure 1) ทำการขุดหลุมดินขนาดกว้าง 0.7 เมตร ยาว 0.7 เมตร ลึก 0.7 เมตร และขุดเจาะโดยใช้สว่านเจาะดินจนถึงความลึก 2 เมตร เก็บข้อมูลและศึกษาลักษณะและสมบัติดินตลอดหน้าตัดดิน บันทึกข้อมูลสภาพแวดล้อมบริเวณที่ทำการศึกษา และเก็บตัวอย่างดินตามวิธีการมาตรฐาน (เอิบ, 2542) โดยเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนโครงสร้างดิน โดยใช้กระบอกเก็บดินสำหรับการวิเคราะห์ความชื้นดิน และความหนาแน่นรวมของดิน และเก็บตัวอย่างดินแบบรบกวนโครงสร้างดินสำหรับวิเคราะห์เนื้อดิน การกระจายตัวอนุภาคดิน และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

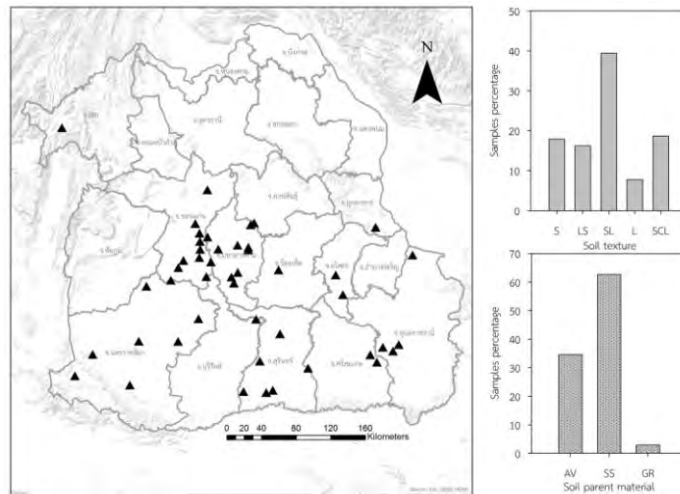


Figure 1 Locations and sampling points distribution of coarse-textured soil in Northeast Thailand

4. การวิเคราะห์ตัวอย่างดิน

ทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพดินได้แก่ การกระจายตัวของอนุภาคขนาดทราย (sand) ทรายแป้ง (silt) และดินเหนียว (clay) โดยวิธีปิเปต (Gee and Bauder, 1986) ความหนาแน่นรวม (bulk density, BD) โดยวิธีกระบอกเก็บดิน (core method) และความชื้นดินที่ระดับความจุความชื้นสนาม (field capacity, FC) จุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point, PWP) โดยใช้หม้อความดัน (มัดติกา, 2548) และผลต่างระหว่างความจุความชื้นสนามและจุดเหี่ยวถาวรคือ ความจุความชื้นเป็นประโยชน์ (available water capacity, AWC) และสมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter, OM) ในดินโดยวิธี Walkley-Black (Black, 1965)

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

5.1) วิเคราะห์และจัดกลุ่มฐานข้อมูลดินที่ได้จากการรวบรวม และจากการศึกษาเพิ่มเติมในภาคสนาม โดยมีจำนวนตัวอย่างดินทั้งหมด 246 ตัวอย่าง โดยพิจารณาจำแนกกลุ่มตามวัตถุประสงค์เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ 1) ข้อมูลตัวอย่างดินเนื้อหยาบรวมทุกวัตถุต้นกำเนิดดิน (All_parents) 2) ข้อมูลตัวอย่างดินเฉพาะที่มาจากตะกอนน้ำพา (Alluvium) 3) ข้อมูลตัวอย่างดินเฉพาะที่สลายตัวจากหินทราย (Sandstone) และ 4) ข้อมูลตัวอย่างดินเฉพาะที่มาสลายตัวจากหินแกรนิต (Granite) เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ทางสถิติและสร้างสมการ

5.2) การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ค่าการกระจายตัวของความคลาดเคลื่อน สมการถดถอย (regression) และความแปรปรวนทางสถิติแบบ ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของปัจจัยสมบัติทางดิน ได้แก่ อนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ผลรวมระหว่างอนุภาคขนาดทรายแป้งและดินเหนียว ความหนาแน่นรวมของดิน และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และความชื้นในดินที่ระดับความจุความชื้นสนาม จุดเหี่ยวถาวร และความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์

5.3) การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างสมการทำนายผลความสัมพันธ์ วิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple regression) วิธี Enter แทนที่ค่าสูญหาย (missing value) ด้วยค่าเฉลี่ยของข้อมูล (replace with mean) โดยกำหนดให้ FC และ PWP เป็นตัวแปรตามหรือตัวแปรเกณฑ์ (dependent) และกำหนดให้ S (sand), C (clay), BD (bulk density) และ OM (organic matter) เป็นตัวแปรอิสระหรือตัวแปรทำนาย (independent)

5.4) การตรวจสอบประสิทธิภาพและความถูกต้องระหว่างความแตกต่างของ FC และ PWP ที่ได้จากการทำนาย (predicted) กับข้อมูลที่ตรวจวัดได้ (measured) ด้วยค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ (r^2) ค่าเฉลี่ยของรากที่สองของกำลัง

สองของความคลาดเคลื่อน (RMSE) และค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน (ME) โดยค่า RMSE และ ME คำนวณได้จากสมการ 1 และ 2 ตามลำดับ

$$RMSE = \sqrt{1/N \sum_{i=1}^N (y_{x1} - y_{x2})^2} \quad [1]$$

$$ME = 1/N \sum_{i=1}^N (y_{x1} - y_{x2}) \quad [2]$$

เมื่อ N คือจำนวนข้อมูล, y_{x1} คือข้อมูลชุดที่หนึ่งและ y_{x2} คือข้อมูลในชุดที่สอง

ผลและวิจารณ์

1. สมบัติดิน และความสัมพันธ์ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน

จากผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของดินเนื้อหยาบที่มาจากวัตถุดิบกำเนิดดินต่างกัน ได้แก่ ตะกอนน้ำพา หินทราย และหินแกรนิต พบว่า ดินส่วนใหญ่มีอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว อยู่ในช่วง 637.29 – 884.71, 89.57 – 240 และ 25.71 – 122.71 ก./กก. ตามลำดับ (Figure 2) ซึ่งเมื่อพิจารณาแยกในแต่ละวัตถุดิบกำเนิดจะเห็นว่า ดินที่มีวัตถุดิบกำเนิดดินมาจากหินแกรนิต มีปริมาณและสัดส่วนขนาดอนุภาคทรายสูงสุด (884.71 ก./กก.) แต่มีดินเหนียวต่ำสุด (25.71 ก./กก.) ทำให้สัดส่วนของปริมาณอนุภาคทรายต่อดินเหนียวสูงสุด คือ 34 ต่อ 1 รองลงมาเป็น หินทราย คือ 58 ต่อ 1 ส่วนดินในกลุ่มตะกอนน้ำพามีสัดส่วนต่ำสุด ซึ่งดินกลุ่มนี้มีปริมาณอนุภาคทรายแป้งสูงสุด (240 ก./กก.) และยังมีสัดส่วนของผลรวมระหว่างอนุภาคขนาดทรายแป้งและดินเหนียวสูงสุด ดังแสดงใน Figure 2 และ Table 1

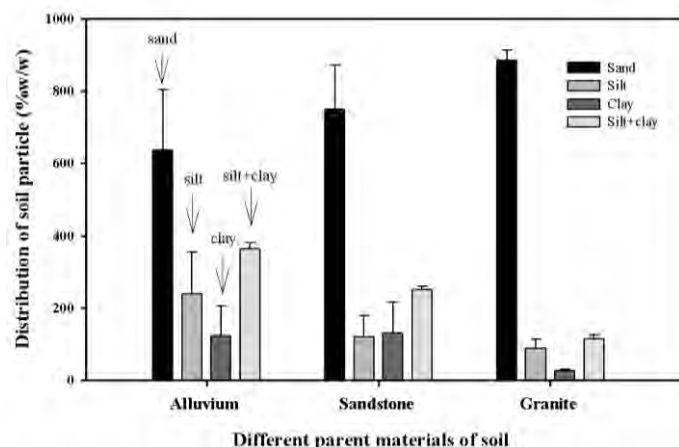


Figure 2 Distribution of soil particle of the soils derived from different parent materials in Northeast Thailand. Vertical bars are standard error (SE)

ดินที่มีวัตถุดิบกำเนิดมาจากหินแกรนิตมีค่าความหนาแน่นรวมสูงสุด (1.70 ก./ลบ.ซม.) รองลงมา คือ ตะกอนน้ำพา (1.55 ก./ลบ.ซม.) และหินทราย (1.53 ก./ลบ.ซม.) ตามลำดับ (Table 1) ผลของดินจากหินแกรนิตมีความสอดคล้องกับ Wittaya (2012) ที่พบว่าแร่องค์ประกอบส่วนใหญ่ในดินนี้ เป็นพวกที่ทนทานต่อการสลายตัว เช่น แร่ควอตซ์ ซึ่งมีความหนาแน่นของอนุภาคค่อนข้างสูง และจะเห็นว่า ดินที่มาจากหินทรายมีค่าความหนาแน่นรวมใกล้เคียงกับดินจากตะกอนน้ำพา ซึ่งดินทั้งสองประเภทมีอนุภาคขนาดดินเหนียวใกล้เคียงกัน (Table 1) ดินทั้งหมดมีอินทรีย์วัตถุโดยเฉลี่ยที่ระดับต่ำ และไม่แตกต่างกันระหว่างชนิดของวัตถุดิบกำเนิดดิน เนื่องจากดินส่วนใหญ่มีปริมาณอนุภาคดินเหนียวต่ำ อนุภาคทรายสูง แม้มีการเพิ่มอินทรีย์วัตถุต่อเนื่อง แต่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุที่เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย อีกทั้งขึ้นอยู่กับด้านการใช้ที่ดิน การจัดการดิน (Puttas et al., 2010) เมื่อพิจารณาปริมาณความชื้นในดินที่ระดับ FC, PWP และAWC พบว่า มีความชื้นในดินอยู่ในช่วง

2.71 – 12.30, 1.16 – 6.25 และ 1.54 – 6.05 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตามลำดับ โดยจะเห็นว่า ความสามารถของดินในการกักเก็บน้ำได้ต่ำสุด (1.54 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก) ในดินที่มาจากหินแกรนิต (Table 1) ในขณะที่ไม่พบความแตกต่างระหว่างดินที่มาจากตะกอนน้ำพาและหินทราย เพราะบางส่วนของดินที่มาจากตะกอนน้ำพาที่มีเนื้อหยาบ มักได้รับอิทธิพลจากวัตถุต้นกำเนิดดินจากพื้นที่ที่สูงกว่าในบริเวณใกล้เคียง ซึ่งพัฒนามาจากหินทราย (สอิระ, 2558) ทั้งนี้ ดินที่มาจากตะกอนน้ำพามีแนวโน้มความสามารถของดินในการกักเก็บน้ำสูงสุด เนื่องจากดินนี้อาจมีการกระจายตัวของขนาดอนุภาคดินที่หลากหลาย (Table 1)

Table 1 Physical and chemical properties of the soils derived from different soil parent materials

Soil parent materials	Particle size distribution (g/kg)				BD (g/cm ³)	OM (g/kg)	Soil water content (%w/w)		
	sand	silt	clay	silt+clay			FC	PWP	AWC
Alluvium	637.29c (±166.57)	240a (±113.61)	122.71a (±82.54)	362.71a (±18.07)	1.55b (±0.11)	3.17 (±4.20)	12.30a (±6.37)	6.25a (±4.04)	6.05a (±0.36)
Sandstone	749.78b (±121.63)	120.91b (±57.30)	129.31a (±87.54)	250.22b (±9.80)	1.53b (±0.11)	2.91 (±3.12)	9.95a (±5.19)	5.74a (±3.61)	4.21a (±0.16)
Granite	884.71a (±27.94)	89.57b (±22.98)	25.71b (±5.35)	115.29c (±10.56)	1.70a (±0.19)	2.06 (±2.42)	2.71b (±0.38)	1.16b (±0.28)	1.54b (±0.06)
Mean	714.75	161.17	124.08	124.08	1.54	3.01	10.55	5.79	4.77

Mean in the same column followed by the same lowercase letters are not significantly different ($p > 0.05$), the numbers are in the parenthesis are standard error (SE)

จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยสมบัติทางดินกับความชื้นในดินที่สะท้อนถึงความสามารถในการกักเก็บน้ำในดิน พบว่า ระดับความชื้นในดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณอนุภาคดินขนาดต่างๆ โดยเห็นได้จากค่าสหสัมพันธ์สูงในทางลบกับปริมาณอนุภาคทรายสำหรับค่า FC ($r = -0.882^{**}$) PWP ($r = -0.820^{**}$) และ AWC ($r = -0.744^{**}$) ตามลำดับ ในขณะที่มีสหสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณอนุภาคทรายแป้ง ($r = 0.412^{**} - 0.620^{**}$) และดินเหนียว ($r = 0.582^{**} - 0.953^{**}$) และพบความสัมพันธ์ที่เพิ่มขึ้นสำหรับผลรวมของอนุภาคทรายแป้งกับดินเหนียวดังแสดงใน Table 2 นอกจากนี้ จากผลการศึกษาไม่พบความสัมพันธ์ที่ชัดเจนระหว่างปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินกับความชื้นในดิน แต่พบว่า ความหนาแน่นรวมของดินมีความสัมพันธ์ในระดับต่ำกับระดับความชื้นในดิน (Table 2) จากความสัมพันธ์ดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การกระจายตัวของขนาดอนุภาคดินที่ต่างกันที่เป็นผลมาจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่แตกต่างกัน เป็นปัจจัยหลักที่มีความสำคัญความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินเนื้อหยาบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (โกศล และคณะ, 2558)

Table 2 Pearson correlations coefficients (r) between some soil properties and soil water content

parameters	Sand	Silt	Clay	Silt+Clay	FC	PWP	AWC	BD	OM
Sand		-0.837**	-0.777**	-1.000**	-0.882**	-0.820**	-0.744**	-0.223**	-0.003
Silt	-0.837**		0.306**	0.837**	0.557**	0.412**	0.620**	0.215**	0.159*
Clay	-0.777**	0.306**		0.777**	0.893**	0.953**	0.582**	0.160*	-0.185*
Silt+Clay	-1.000**	0.837**	0.777**		0.882**	0.820**	0.744**	0.223**	0.003
FC	-0.882**	0.557**	0.893**	0.882**		0.927**	0.849**	0.248**	-0.046
PWP	-0.820**	0.412**	0.953**	0.820**	0.927**		0.588**	0.219**	-0.141
AWC	-0.744**	0.620**	0.582**	0.744**	0.849**	0.588**		0.199*	0.095
BD	-0.223**	0.215**	0.160*	0.223**	0.248**	0.219**	0.199*		-0.130
OM	-0.003	0.159*	-0.185*	0.003	-0.046	-0.141	0.095	-0.130	
n	246	246	246	246	246	246	246	164	160

*, ** significantly different at $p < 0.05$, 0.01 ., n = numbers of soil sampling

2. การใช้ปัจจัยชี้เฉพาะทางดินต่อการสร้างสมการทำนายความชื้นในดิน

จากผลการศึกษาการคัดเลือกใช้ปัจจัยชี้เฉพาะทางดิน ได้แก่ อนุภาคขนาดทรายและดินเหนียว ความหนาแน่นรวมของดิน และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินในการสร้างสมการทำนายความชื้นในดินที่มีวัตถุดิบกำเนิดต่างกัน (Table 3) พบว่าสมการทางคณิตศาสตร์ที่เรียกว่า PTF และประสิทธิภาพในการทำนายความชื้นที่ระดับ FC และ PWP ด้วยวิธีการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ เมื่อพิจารณาผลการสร้างสมการทำนายในภาพรวมทุกวัตถุดิบกำเนิดมีค่าความสัมพันธ์ (r^2) เท่ากับ 0.89 และ 0.93 สำหรับความชื้นที่ระดับความจุความชื้นสนาม และจุดเหี่ยวถาวร แต่เมื่อทำการสร้างสมการโดยแยกแต่ละวัตถุดิบกำเนิดทำให้ได้สมการ PTF ที่มีค่าสหสัมพันธ์ที่สูงขึ้นเมื่อเทียบจากการทำนายโดยรวมทุกวัตถุดิบกำเนิด ดังแสดงใน Table 3 โดยเฉพาะดินสลายตัวจากหินทราย และหินแกรนิต

นอกจากนี้ เมื่อทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างค่าที่ได้จากการทำนาย (predicted value) และการเก็บข้อมูล (measured value) ดังแสดงใน Figure 3 และ Figure 4 สำหรับ FC และ PWP โดยพบว่า ความชื้นที่ระดับ FC มีค่า r^2 และ RMSE อยู่ระหว่าง 0.88-0.98 และ 0.044-1.932 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ในขณะที่ PWP มีค่า r^2 และ RMSE อยู่ระหว่าง 0.88-0.98 และ 0.044-1.932 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ผลที่ได้ชี้ให้เห็นว่า มีประสิทธิภาพในการทำนายที่สูงเมื่อเทียบกับ PTF ดินเขตร้อนในงานวิจัยของ Tomasella and Hodnett (2004) ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลในการศึกษานี้มีเนื้อดินที่ใกล้เคียงกัน (Bruand *et al.*, 2003) และมีเนื้อดินค่อนข้างหยาบ (Obalum and Obi, 2013) ผลนี้สะท้อนให้เห็นว่าเมื่อทำการพิจารณาการแบ่งกลุ่มลักษณะและสมบัติดินที่สอดคล้องตามวัตถุดิบกำเนิดดิน ทำให้ประสิทธิภาพในการทำนายสูงขึ้น ยกเว้นในการทำนายความชื้นที่ระดับ FC ในดินที่มาจากตะกอนน้ำพา (Figure 3b) สอดคล้องกับผลของ Pachepsky and Rawls (1999) ที่ศึกษาการจัดกลุ่มข้อมูลของดินให้เป็นประเภทเดียวกันส่งผลให้มีแนวโน้มประสิทธิภาพการทำนายด้วย PTF สูงขึ้น นอกจากนี้ สำหรับผลของการทำนายความชื้นในดิน พบว่า ที่ความชื้นระดับ FC ปริมาณความชื้นที่ได้จากการทำนายมีค่าสูงกว่าที่ได้จากตรวจวัด ในขณะที่ความชื้นระดับ PWP ความชื้นที่ได้จากการทำนายมีค่าต่ำกว่าที่ได้จากการตรวจวัด (พิจารณาได้จาก ME ที่เป็นบวกและลบ) ในทุกวัตถุดิบกำเนิดดิน โดยการทำนายความชื้นที่ระดับ PWP มีประสิทธิภาพสูงกว่าในการทำนายที่ระดับ FC (r^2 สูงกว่าและ RMSE ต่ำกว่า) ทั้งนี้เพราะ ปัจจัยทางโครงสร้างดินค่อนข้างบอบบางมากขึ้นต่อความชื้นดินที่ระดับ FC (Pearson correlation ของ BD ที่สูงกว่าใน FC) ส่งผลให้ค่อนข้างมีความแปรปรวนของปัจจัยสูงกว่าความชื้นที่ระดับ PWP

Table 3 Pedotransfer functions (PTF) based on specific soil properties for predicting water content of coarse-textured soils derived from different parent materials

Soil water content	Equation	RMSE (%)	ME (%)	r^2
All Parent materials (n= 246)				
FC	$FC=0.037*C-0.018*S+1.913*BD+0.085*OM+15.430$	1.932	4.06504E-07	0.89
PWP	$PWP=0.035*C-0.005*S+1.735*BD+0.005*OM+2.172$	1.028	-2.03252E-07	0.93
Alluvium (n= 85)				
FC	$FC=0.036*C-0.020*S+1.936*BD+0.078*OM+17.416$	2.200	4.70588E-07	0.88
PWP	$PWP=0.047*C+6.96E-06*S+5.40*BD+0.05*OM-8.072$	0.976	-1.17647E-07	0.94
Sandstone (n= 154)				
FC	$FC=0.055*C-4.37E-04*S+4.387*BD+1.52*OM-3.964$	1.459	2.30696E-17	0.92
PWP	$PWP=0.031*C-6.53E-03*S+2.065*BD+0.41*OM+3.378$	0.935	-6.49351E-08	0.93
Granite (n= 7)				
FC	$FC=0.014*C-0.026*S-2.684*BD+0.033*OM+29.569$	0.044	2.85714E-06	0.98
PWP	$PWP=0.058*C+3.75E-03*S+0.841*BD+0.082*OM-5.241$	0.055	0	0.96

C= clay particle, S= sand particle, BD= bulk density, OM= organic matter

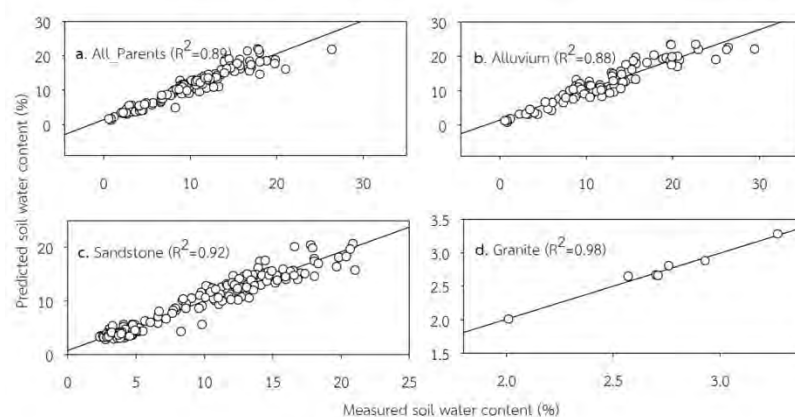


Figure 3 Relationships between predicted and measured values of field capacity of soils derived from different soil parent materials

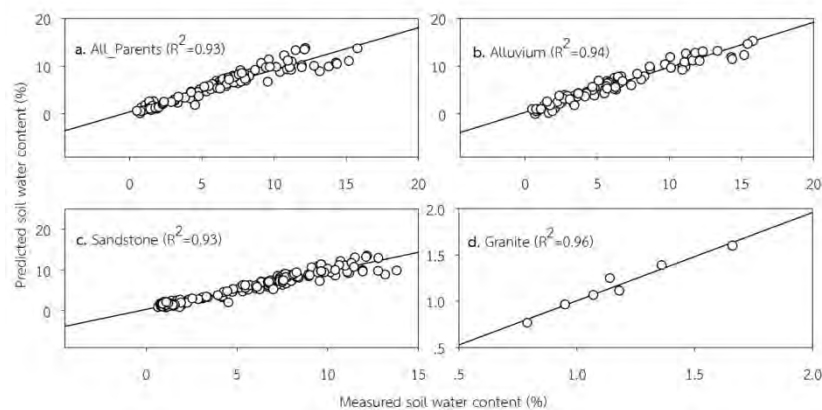


Figure 4 Relationships between predicted and measured values of permanent wilting point of soils derived from different soil parent materials

3. แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงความชื้นในดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุแตกต่างกัน

จากผลการศึกษาข้างต้นแม้ผลของการจัดกลุ่มข้อมูลดินส่งผลให้ความถูกต้องของสมการ PTF ในการทำนายสูงขึ้น แต่ไม่สามารถยืนยันความน่าเชื่อถือ (reliability) ในการทำนายได้ เพราะสมการยังไม่ได้ตรวจสอบความถูกต้อง (validated) ดังนั้นจึงคัดเลือกสมการที่ได้จากตัวอย่างทั้งหมดของทุกวัตถุดิบกำเนิด ในการศึกษาแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์วัตถุในดินที่ระดับ 5, 10 และ 15 ก./กก. ที่มีผลต่อความชื้นที่ระดับ FC (Figure 4) ผลการศึกษาพบว่า ที่การกระจายตัวของอนุภาคดินเท่ากัน การเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน 5 ก./กก. หรือ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ดินมีปริมาณความชื้นที่ระดับ FC เพิ่มขึ้นถึง 5 เปอร์เซ็นต์

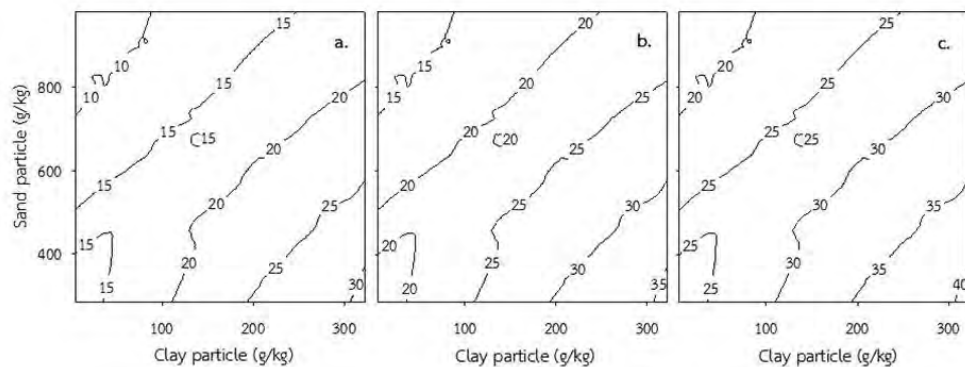


Figure 4 Isolines of soil water content at field capacity based on relationship between soil particle (sand and clay) and organic matter contents (OM), where a. OM = 5 g/kg, b. OM = 10 g/kg and c. OM = 15 g/kg

สรุป

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินและพัฒนาสมการ PTF ในการทำนายสมบัติดังกล่าว ในดินเนื้อหยาบที่มาจากวัตถุดิบกำเนิดดินที่ต่างกัน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ดินที่มาจากหินแกรนิตมีความสามารถในการกักเก็บน้ำต่ำที่สุดเนื่องจากปริมาณและสัดส่วนของอนุภาคขนาดทรายสูง และดินเหนียวต่ำ ในขณะที่ดินที่มาจากตะกอนน้ำพาและหินทรายมีความชื้นทั้งในระดับ FC และ PWP ใกล้เคียงกัน เนื่องจากการกระจายตัวของอนุภาคดินที่ไม่ต่างกัน และจากการประยุกต์ใช้ปัจจัยสมบัติทางดินโดยพิจารณาอนุภาคขนาดทรายและดินเหนียว อินทรีย์วัตถุในดิน และความหนาแน่นรวมของดิน ในการสร้างสมการ PTF เพื่อทำนายความชื้นในดิน (ระดับ FC และ PWP) จะเห็นว่า สมการที่ได้มีความถูกต้องในการทำนายสูงเห็นได้จากค่าความสัมพันธ์ (r^2) สูง ค่า RMSE ต่ำ และค่า ME ที่มีค่าใกล้ศูนย์ ซึ่งสมการที่ได้สามารถทำนายความชื้นที่ระดับ PWP ได้แม่นยำมากกว่าที่ระดับ FC ทั้งนี้ เมื่อเพิ่มขั้นตอนในการจัดกลุ่มของข้อมูลดินโดยใช้วัตถุดิบกำเนิดดินเป็นเกณฑ์ส่งผลให้ความแม่นยำในการทำนายสูงขึ้น ยกเว้นในการทำนาย FC ในดินที่มาจากตะกอนน้ำพา โดยความถูกต้องในการทำนายมีค่าสูงสุดในดินที่มาจากหินแกรนิต เนื่องจากความแปรปรวนของข้อมูลต่ำ และตัวอย่างข้อมูลยังมีจำนวนน้อย อย่างไรก็ตาม สมการที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้เป็นเพียงการศึกษาและพัฒนาเบื้องต้น สามารถใช้เป็นแนวทางในการทำนายผลของการเปลี่ยนแปลงปริมาณอินทรีย์วัตถุ ซึ่งเกี่ยวเนื่องกับรูปแบบการใช้ที่ดิน ตลอดจนการใช้วัสดุปรับปรุงบำรุงดิน และระดับความหนาแน่นรวมของดิน ที่มีการเปลี่ยนแปลงจากการเขตกรรม ต่อความสามารถในการกักเก็บน้ำของดิน แต่ยังคงต้องมีการตรวจสอบความน่าเชื่อถือในการทำนายของสมการในอนาคต (validate) ได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณกรมพัฒนาที่ดิน ที่กรุณาจัดสรรเงินทุนสนับสนุนในการทำวิจัยจากงบประมาณวิจัยประจำปี 2558 และขอขอบคุณสำหรับข้อมูลดินภายใต้โครงการศึกษาดินตัวแทนหลัก การศึกษาความสัมพันธ์ของสมบัติดินกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อติดตามและประเมินคุณภาพดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือสำหรับพัฒนาการเกษตรของประเทศไทย กลุ่มสำรวจจำแนกดิน และกลุ่มศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์ทรัพยากรดิน กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. ทรัพยากรดินของประเทศไทย. ใน สถานภาพทรัพยากรดินและที่ดินของประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- โกศล เคนทะ, อรรถพร พุทธิโส, ชาญณรงค์ เขตแดน, อภิชาติ บุญเกษม, ธงชัย คงหนองลาน, วิภาวรรณ อินทร์สมบูรณ์ ธีรยุทธ จิตวรธรรม์ กรรณิการ์ หอมยามเย็น และกรวรรณ อาจเลิศ. 2558. การกระจายตัวของเนื้อดินและการกักเก็บน้ำในดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ ปีที่ 31 ฉบับที่ 1 (ธ.ค. 2558): 18-29.
- มัตติกา พนมธนิจุล. 2548. การจัดการดินและน้ำเพื่อระบบการเกษตรที่ยั่งยืน. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 487 หน้า (55)
- สธิระ อุดมศรี. 2549. ความสัมพันธ์ระหว่างความสัมพันธ์ระหว่างธรณีสัณฐานวิทยา และชุดดินของภาคต่างๆ ในประเทศไทย. น. 5. ใน การฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง “แนวความคิดด้านการสำรวจจำแนกดินและการทำแผนที่ดินสำหรับนักสำรวจดินรุ่นใหม่”. กรมพัฒนาที่ดิน.
- สธิระ อุดมศรี. 2558. ศักยภาพทรัพยากรดิน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. เอกสารวิชาการ เล่มที่ 28. กองสำรวจดินและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ
- เอิบ เขียวรัตน์. 2542. การสำรวจดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ
- Black, C.A. 1965. Method of soil analysis Part a. Agronomy 9 Am. Soc. of Agron. Inc., Medison, Wis.
- Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk density, pp. 363-382. In A. Klute, ed. Methods of Soil Analysis. Part I. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Botula, Y. D., W. M. Cornelis, G. Baert and E. Van Ranst. 2012. Evaluation of pedotransfer functions for predicting water retention of soils in Lower Congo (D.R. Congo). Agricultural Water Management 111: 1-10.
- Bruand, A., P. Perez Fernandez and O. Duval. 2003. Use of class pedotransfer functions based on texture and bulk density of clods to generate water retention curves. Soil Use and Management 19: 232-242.
- Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. pp 383-411. In A. Klute, ed. Methods of Soil Analysis Part I. Physical and Mineralogical Method. Agronomy, No.9. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Medrado, Euzebio and Jorge E. F. W. Lima. 2014. Development of pedotransfer functions for estimating water retention curve for tropical soils of the Brazilian savanna. Geoderma Regional 1: 59-66.
- Nguyen, Phuong Minh, Jan De Pue, Khoa Van Le and Wim Cornelis. 2015. Impact of regression methods on improved effects of soil structure on soil water retention estimates. Journal of Hydrology 525: 598-606.

- Obalum, Sunday E. and Martin E. Obi. 2013. Moisture characteristics and their point pedotransfer functions for coarse-textured tropical soils differing in structural degradation status. *Hydrological Processes* 27: 2721-2735.
- Pachepsky YA, Rawls W.J. 1999. Accuracy and reliability of pedotransfer functions as affected by grouping soils. *Soil Science Society of America Journal* 63: 1748-1757.
- Puttaso, A., P. Vityakon, P. Saenjan, V. Trelo-ges and G. Cadisch. 2010. Relationship between residue quality, decomposition patterns, and soil organic matter accumulation in a tropical sandy soil after 13 years. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 89: 159-174.
- Rawls, W.J., Y.A. Pachepsky, J.C. Ritchie, T.M. Sobecki and H. Bloodworth. 2003. Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma* 116: 61-76.
- Tomasella, J., and M.G. Hodnett. 2005. Pedotransfer functions for tropical soils. *In* Pachepsky, Y., Rawls, W.J.(org.), *Developments in soil science: Pedotransfer functions in hydrology*, vol.30. pp. 415-435. Amsterdam: Elsevier.
- Vereecken, H., J. Maes, J. Feyen and P. Darius 1989. Estimating the Soil Moisture Retention Characteristic from Texture, Bulk Density, and Carbon Content. *Soil Science* 148: 389-403.
- Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of degtjareff method for determining soil organic matter: a proposed modification of chromic acid titration method. *Soil Science*. 37: 29-35.
- Wesseling, J. G., C. R. Stoof, C. J. Ritsema, K. Oostindie and L. W. Dekker 2009. The effect of soil texture and organic amendment on the hydrological behaviour of coarse-textured soils. *Soil Use and Management* 25: 274-283.
- Wittaya, J. 2012. Carbon and nitrogen in different fraction of mineralogical of contrasting soil of Thailand. Ph.D. (Soil Science) Thesis, Kasetsart University.
- Wösten, J.H.M., Ya.A. Pachepsky and W.J. Rawls. 2001. Pedotransfer functions: bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics. *Journal of Hydrology* 251: 123-150.

การประยุกต์เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินศักยภาพการกักเก็บน้ำของพื้นที่
สำหรับสร้างแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทานของจังหวัดบุรีรัมย์

Application of GIS to assess the potential of water retention for
farm pond of Buriram province

กรวรรณ อาจเลิศ¹

Korawan Artlert¹

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการประยุกต์เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์กับฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่จัดทำขึ้นโดยหน่วยงานต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อประเมินศักยภาพการกักเก็บน้ำของพื้นที่สำหรับสร้างแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทานของจังหวัดบุรีรัมย์ในรูปแบบของแผนที่ โดยฐานข้อมูลที่น่ามาใช้เป็นปัจจัยในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ความลาดชันของพื้นที่ ปริมาณน้ำฝนต่อปี การซึมผ่านน้ำของดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งปัจจัยดังกล่าวจะถูกนำมาทำการวิเคราะห์โดยให้ค่าน้ำหนักคะแนนความเหมาะสมของปัจจัย (Weighting) และการให้ค่าน้ำหนักคะแนนระดับของปัจจัย (Rating) จากผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม ผู้เชี่ยวชาญด้านสำรวจดิน และผู้เชี่ยวชาญด้านแผนที่ภาพถ่ายของกรมพัฒนาที่ดิน จำนวน 9 ท่าน จากนั้นประมวลผลด้วยการซ้อนทับแผนที่และทำการแบ่งระดับศักยภาพการกักเก็บน้ำของพื้นที่ออกเป็น 3 ระดับ โดยใช้หลักทางสถิติ และตรวจสอบความถูกต้องของผลการวิเคราะห์จากการสุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในพื้นที่จริง โดยใช้ฐานข้อมูลแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทาน ปี พ.ศ. 2555 จากกองแผนงาน กรมพัฒนาที่ดิน จำนวน 283 บ่อ ผลการศึกษาพบว่าพื้นที่ที่มีศักยภาพการกักเก็บน้ำสูงมีพื้นที่ประมาณ 6,633.95 ตร.กม. คิดเป็น 66.0% ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ราบทำการเกษตรกรรมบริเวณฝั่งตะวันออกของจังหวัด ส่วนพื้นที่ที่มีศักยภาพการกักเก็บน้ำปานกลางมีพื้นที่ประมาณ 1,985.83 ตร.กม. คิดเป็น 19.8% ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งอยู่ในบริเวณฝั่งเหนือและตะวันตกของจังหวัด และพื้นที่ที่เหลืออีก 14.2% เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพการกักเก็บน้ำต่ำมีพื้นที่ 1,426.47 ตร.กม. โดยส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณพื้นที่เขาทางตอนล่างของจังหวัด โดยฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่น่ามาใช้เป็นปัจจัยในการศึกษาครั้งนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินศักยภาพการกักเก็บน้ำของพื้นที่ในการสร้างแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทานของจังหวัดบุรีรัมย์มีความสอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริง 92.86% ซึ่งข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ได้จากแผนที่ดังกล่าวจะช่วยลดระยะเวลาในการคัดกรองพื้นที่และเพิ่มความเป็นไปได้ในการกักเก็บน้ำแก่พื้นที่ที่ถูกเลือกเพื่อทำการก่อสร้างแหล่งน้ำในไร่นาให้แก่เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง ยิ่งไปกว่านั้น ยังสามารถต่อยอดไปยังพื้นที่ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับพื้นที่ที่ทำการศึกษา ทำให้สามารถบริหารจัดการพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่, ศักยภาพ, การกักเก็บน้ำ, แหล่งน้ำในไร่นา

¹ สำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ กรมพัฒนาที่ดิน

Office of Surveying and Mapping Technology, Land Development Department

Corresponding author artlert@hotmail.com

Abstract

This study is the application of geographic information system technology to spatial databases prepared by various offices. The water retention potential of the area for farm pond of Buriram province was assessed. The four factors were collected as the water retention factors which include slope, average annual rainfall, permeability, and land use. These factors were analyzed by weighting and rating method by the nine experts of Land Development Department (LDD) which are engineering experts, soil experts, and photogrammetrist experts. Then the values were processed by map overlapping and the final scores of the potential sites were divided into three levels by statistical method. Last step is validation by 283 ponds surveying with sampling method at 95% confidence level by using the database of farm pond in the year 2012 from LDD. The results show that the high potential site is approximately 6,633.95 square kilometers (66.0%) in plains and agricultural areas in the eastern area of the province, the medium potential sites are around 1,985.83 square kilometers accounting for 19.8% of the total area which are in the north and the west of the province, and the low potential site has an area of 1,426.47 square kilometers, or 14.2% of the total area, mostly at the mountainous area in the south of the province. The consistency of spatial database used as a factor in this study can be used to assess the potential of water retention for farm pond of Buriram province is 92.86%. Further, the result of this study will help the relevant staff for shorten screening time and increase the water retention probability of selected area for the farm pond construction. Moreover, it can also be extended to other areas which are similar to the study area and can be managed more effectively.

Keywords: spatial database, potential, water retention, farm pond

บทนำ

ตามมติคณะรัฐมนตรี 29 มิถุนายน 2547 เห็นชอบในหลักการที่กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มอบหมายให้กรมพัฒนาที่ดินจัดทำโครงการแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทาน โดยการขุดสระน้ำในไร่นาขนาด 1,260 ลูกบาศก์เมตร และให้เกษตรกรมีส่วนร่วมในการออกค่าใช้จ่าย 2,500 บาท/บ่อ เพื่อบรรเทาปัญหาภัยแล้ง การขาดแคลนน้ำ และเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำในพื้นที่ทำการเกษตรของเกษตรกร ในการจัดหาแหล่งน้ำให้กับเกษตรกรในพื้นที่นอกเขตชลประทานที่อาศัยน้ำฝน และน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติเป็นหลัก เพื่อเก็บกักน้ำไว้ใช้ทำการเกษตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2555) โดยพื้นที่สำหรับสร้างแหล่งน้ำมาจากความต้องการของเกษตรกรเป็นหลัก ซึ่งที่ผ่านมา เกษตรกรส่วนใหญ่ไม่ได้มีองค์ความรู้ที่เพียงพอในการคัดเลือกพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับขุดแหล่งน้ำ ทั้งในเรื่องสภาพพื้นที่ และคุณสมบัติของดิน เช่น ชนิดของดิน (เฉลียว, 2530) ความสามารถในการซับน้ำ (ไพโรจน์, 2528) ค่าสัมประสิทธิ์ความชื้นน้ำของดิน (สุวณี และคณะ, 2542) และความสามารถในการระบายน้ำ (USBR, 1963) เป็นต้น ซึ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อศักยภาพในการกักเก็บน้ำของพื้นที่ ทำให้แหล่งน้ำที่สร้างไม่สามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูแล้ง จึงจำเป็นต้องมีการประเมินศักยภาพในการกักเก็บน้ำในพื้นที่ เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการช่วยตัดสินใจเลือกตำแหน่งสำหรับสร้างแหล่งน้ำที่มีแผนจะทำการก่อสร้างในอนาคต และหาแนวทางในการเพิ่มศักยภาพของพื้นที่เพื่อแก้ไขปัญหาสำหรับแหล่งน้ำที่สร้างไปแล้ว โดยจังหวัดบุรีรัมย์ถูกเลือกใช้เป็นพื้นที่ศึกษาเนื่องจากมีพื้นที่คาดการณ์ฝนแล้งในปี พ.ศ.2558 คิดเป็นร้อยละ 14.45 อยู่ในลำดับที่ 2 ของพื้นที่กลุ่มย่อย นครราชสีมา ชัยภูมิ บุรีรัมย์ สุรินทร์ (กลุ่มป้องกันภัยธรรมชาติและความเสี่ยงทางการเกษตร, 2557) และยังเป็น

หนึ่งในพื้นที่ที่ประสบปัญหาภัยแล้งซ้ำซากที่มีสาเหตุมาจากลักษณะที่ตั้งทางภูมิศาสตร์เป็นพื้นที่หลังภูเขาอัปสลง มีภูเขาสูงขวางกั้นลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ มีความหลากหลายเชิงพื้นที่ ทั้งที่ราบสูง ที่ราบ และที่ราบลุ่ม สภาพดินเสื่อมโทรมทำการเกษตรไม่ได้ผล ดินมักเป็นทราย ซึ่งสูญเสียความชื้นและความอุดมสมบูรณ์ได้ง่าย อีกทั้ง การทำนํายังเป็นอาชีพหลักของเกษตรกรจังหวัดบุรีรัมย์ ซึ่งต้องใช้นํ้าจากนํ้าฝนเป็นหลัก โดยพนาผศ และคณะ (2556) ได้ทำการประเมินผลโครงการแหล่งนํ้าในไร่นานอกเขตชลประทานประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2556 ทั้งประเทศ ด้วยวิธีสุ่มตัวอย่างเก็บข้อมูลในพื้นที่จำนวน 462 ราย โดย 274 ราย เป็นตัวอย่างของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งมี 18 รายเป็นตัวอย่างของเกษตรกรจากอำเภอเมืองจังหวัดบุรีรัมย์ ทำการประเมินตามตัวชี้วัดความสำเร็จเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพรายภาค พบว่า ในฤดูฝนเกษตรกรส่วนใหญ่ใช้นํ้าฝนในการทำการเกษตร และเกษตรกรประมาณครึ่งหนึ่งใช้นํ้าจากแหล่งนํ้าที่ขุดจากโครงการฯ สำหรับการคัดเลือกพื้นที่จะหลีกเลี่ยงพื้นที่ดินทราย พื้นที่ดินเค็ม และพื้นที่ที่มีก้อนหินขนาดใหญ่ แหล่งนํ้าที่ขุดสามารถกักเก็บนํ้าได้ ร้อยละ 83.57 ไม่สามารถกักเก็บนํ้าได้ร้อยละ 14.96 และกักเก็บนํ้าได้แต่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ร้อยละ 1.46 จะเห็นได้ว่า แหล่งนํ้าที่ได้ดำเนินการให้แก่เกษตรกรไม่สามารถกักเก็บนํ้าได้ครบทั้งหมด ทำให้ไม่คุ้มค่ากับงบประมาณที่สูญเสียไป

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์เข้ามามีบทบาทในงานหลายประเภท ด้วยจุดเด่นในด้านการบริหารจัดการข้อมูลเชิงอรรถาธิบายของดิน สภาพภูมิประเทศ และสิ่งแวดล้อม ทำให้อยู่ในรูปของข้อมูลเชิงแผนที่ ซึ่งตอบสนองต่อผู้ใช้งานได้ในทุกระดับ ทำให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจและเข้าถึงข้อมูลในพื้นที่ได้โดยง่าย อีกทั้งยังสามารถทำการประยุกต์ใช้กับฐานข้อมูลต่างๆ ที่มีอยู่ได้อย่างสะดวก การศึกษานี้จึงได้ทำการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์กับฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ มาทำการวิเคราะห์และประมวลผลเพื่อหาศักยภาพของพื้นที่ในการสร้างแหล่งนํ้าในไร่นานอกเขตชลประทาน (สุพิชฌาย์ และจินตนา, 2553) และจัดทำให้อยู่ในรูปแบบของแผนที่ ซึ่งใช้เป็นข้อมูลประกอบในการตัดสินใจเลือกตำแหน่งก่อสร้างแหล่งนํ้า และหาแนวทางแก้ไข เพื่อให้เกษตรกรสามารถใช้แหล่งนํ้าในไร่นา ได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดและยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษานี้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ 1) เตรียมข้อมูล ประมวลผล และวิเคราะห์ผลในสำนักงาน 2) ตรวจสอบผลการวิเคราะห์ในพื้นที่จริงโดยอ้างอิงจากข้อมูลตำแหน่งแหล่งนํ้าในไร่นานอกเขตชลประทานของจังหวัดบุรีรัมย์ ปี พ.ศ.2555 โดยมีวิธีการดังนี้ รวบรวมข้อมูลเบื้องต้นและจัดทำข้อมูลทั้งหมดให้อยู่ในรูปแบบ shape file ด้วยโปรแกรม ArcGIS ซึ่งข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินที่นำมาใช้ ได้แก่ 1) ข้อมูลจำนวนและตำแหน่งของพิกัดแหล่งนํ้าในไร่นานอกเขตชลประทานของจังหวัดบุรีรัมย์ ปี พ.ศ.2555 จำนวน 1,029 บ่อ 2) แผนที่ชุดดินพร้อมตารางอรรถาธิบาย มาตราส่วน 1:25,000 3) แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2554 มาตราส่วน 1:25,000 4) ข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model, DEM) และข้อมูลจากหน่วยงานภายนอก ได้แก่ 1) แผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 จากกรมแผนที่ทหาร 2) ข้อมูลปริมาณฝนรายปีทั้งประเทศ ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2544 - 2556 จากกรมอุตุนิยมวิทยา จากการจัดทำข้อมูล พบว่า ข้อมูลแหล่งนํ้าในไร่นานอกเขตชลประทานของจังหวัดบุรีรัมย์ที่มีความถูกต้องและสามารถนำมาใช้ได้จริงจำนวน 965 บ่อ แสดงดัง Figure 1 จากนั้นวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อการกักเก็บนํ้าของแหล่งนํ้าในไร่นานอกเขตชลประทานจากฐานข้อมูลทั้งหมดที่มี สามารถแบ่งออกเป็น 4 ปัจจัยและช่วงของปัจจัยแสดงดัง Table 1 โดยจัดทำแบบสอบถามและส่งให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม ผู้เชี่ยวชาญด้านสำรวจดิน และผู้เชี่ยวชาญด้านแผนที่ภาพถ่ายของกรมพัฒนาที่ดิน จำนวน 9 ท่าน ทำการให้ค่าน้ำหนักคะแนนความเหมาะสมของปัจจัย (Weight) และให้ค่าน้ำหนักคะแนนระดับของปัจจัย (Rating) ที่มีผลต่อการกักเก็บนํ้า โดยปัจจัยใดที่มีอิทธิพลต่อการกักเก็บนํ้าสูงจะกำหนดให้มีความถ่วงน้ำหนักที่สูงกว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกักเก็บนํ้าที่ต่ำกว่า โดยการให้ค่าคะแนนความเหมาะสมของปัจจัย คะแนน 1 หมายถึงปัจจัยที่มีความเหมาะสม

ในการศึกษาน้อยที่สุด เรียงลำดับจนถึงคะแนน 4 หมายถึงปัจจัยที่มีความเหมาะสมในการศึกษามากที่สุด ส่วนการให้คะแนน คำนวณของระดับปัจจัย คะแนน 1 หมายถึงระดับของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกักเก็บน้ำน้อยที่สุด และคะแนน 5 หมายถึงระดับของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกักเก็บน้ำมากที่สุด ซึ่งค่าถ่วงน้ำหนักจะได้จากค่าคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญในสาขาต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำค่าคะแนนที่ได้มาซ้อนทับกับแผนที่ในแต่ละชั้นปัจจัย จากนั้นทำการรวมค่าคะแนนของทุกปัจจัยโดยการซ้อนทับแผนที่ปัจจัยทั้งหมด ดังสมการ (1)

$$S = (R1W1) + (R2W2) + (R3W3) + (R4W4) + (R5W5) \quad (1)$$

เมื่อ S คือ ค่าคะแนนรวม
R คือ ระดับของแต่ละปัจจัย
W คือ คำนวณน้ำหนักคะแนนความเหมาะสมของปัจจัย

เมื่อได้ค่าคะแนนรวมของทุกปัจจัยแล้ว ทำการแบ่งศักยภาพการกักเก็บน้ำของพื้นที่ออกเป็น 3 ระดับ คือ ต่ำ ปานกลาง และสูง โดยใช้หลักทางสถิติหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) มากำหนดพิสัย (Range) ของคะแนนในแต่ละช่วง ดังสมการ (2)

$$\text{อันตรภาคชั้น} = \frac{\text{ค่าคะแนนสูงสุด} - \text{ค่าคะแนนต่ำสุด}}{\text{จำนวนช่วง / ระดับความเหมาะสม}} \quad (2)$$

จากนั้นทำการตรวจสอบความถูกต้องของผลการวิเคราะห์ โดยการสุ่มตัวอย่าง (Sampling) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (สมชาย, 2554) จากข้อมูลตำแหน่งแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทานของจังหวัดบุรีรัมย์ ปี พ.ศ.2555 ด้วยสมการ

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2} \quad (3)$$

เมื่อ n คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง
N คือ ขนาดของประชากร
e คือ ความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่า (0.05 หรือ 0.01)

ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการกักเก็บน้ำ กับฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ได้จากหน่วยงานภายในและภายนอกกรมพัฒนาที่ดิน พบว่า สามารถนำข้อมูลมาใช้เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการกักเก็บน้ำ ได้ทั้งสิ้น 4 ปัจจัย ได้แก่ ความลาดชันของพื้นที่ ปริมาณน้ำฝนต่อปี การซึมผ่านน้ำของดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน แสดงดัง Figure 2 - 5 โดยความลาดชันของพื้นที่ ใช้ข้อมูลจากกลุ่มชุดดิน เนื่องจากข้อมูล DEM มีการกันพื้นที่ความมั่นคงออกทำให้ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ไม่สมบูรณ์ จากนั้นนำปัจจัยที่ได้มาทำการวิเคราะห์ค่าคะแนนปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกักเก็บน้ำในไร่นานอกเขตชลประทานที่ได้จากการสอบถามผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม ผู้เชี่ยวชาญด้านสำรวจดิน และผู้เชี่ยวชาญด้านแผนที่ภาพถ่ายของกรมพัฒนาที่ดิน จำนวน 9 ท่าน ได้ค่าคะแนนแต่ละปัจจัยแสดงดัง Table 1 จากนั้นทำการซ้อนทับข้อมูลทุกปัจจัยได้ค่าผลรวมของคะแนน และแบ่งค่า

คะแนนศักยภาพการกักเก็บน้ำออกเป็น 3 ระดับ แสดงดัง Table 2 และจัดทำให้อยู่ในรูปของแผนที่ศักยภาพการกักเก็บน้ำของพื้นที่ แสดงผลดัง Figure 6 พบว่า พื้นที่ที่มีศักยภาพการกักเก็บน้ำสูงมีพื้นที่ประมาณ 6,633.95 ตร.กม. คิดเป็น 66.0 % ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ราบทำการเกษตรกรรมบริเวณฝั่งตะวันออกของจังหวัด ส่วนพื้นที่ที่มีศักยภาพการกักเก็บน้ำปานกลางมีพื้นที่ประมาณ 1,985.83 ตร.กม.คิดเป็น 19.8% ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งอยู่ในบริเวณฝั่งเหนือและตะวันตกของจังหวัด และพื้นที่ที่มีศักยภาพการกักเก็บน้ำต่ำมีพื้นที่ 1,426.47 ตร.กม. คิดเป็น 14.2% ของพื้นที่ทั้งหมด โดยส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณพื้นที่เขาทางตอนล่างของจังหวัด จากนั้นทำการสุ่มตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์ที่ได้จากแผนที่ GIS ในพื้นที่จริง โดยใช้จำนวนตัวอย่างที่คำนวณได้จากสมการ (3) จำนวน 283 บ่อ ครอบคลุมพื้นที่ทั้งจังหวัด พบว่า ข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์มีความสอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริง คิดเป็น 92.86% ของจำนวนตัวอย่างทั้งหมด

Table 1 Weights of potential site for farm pond factors.

Factors	Class	Weighting	Rating	Score
1. Slope	0 - 2%	4	6	24
	2 - 5%		5	20
	5 - 12%		4	16
	12 - 20%		3	12
	20 - 35%		2	8
	>35%		1	4
2. Rainfall	< 1,000 mm.	2	1	2
	1,000 - 1,200 mm.		2	4
	1,200 - 1,300 mm.		3	6
	1,300 - 1,400 mm.		6	12
	1,400 - 1,500 mm.		5	10
	>1,500 mm.		4	8
3. Permeability	poor	3	4	12
	medium		3	9
	good		2	6
	very good		1	3
4. Land use	Forest land	1	2	2
	Pasture		3	3
	Agricultural land		4	4
	Urban and Built-up land		1	1

Table 2 Scores of potential site for farm pond.

Class	Scores
High	37 - 52
Medium	21 - 36
Low	0 - 20

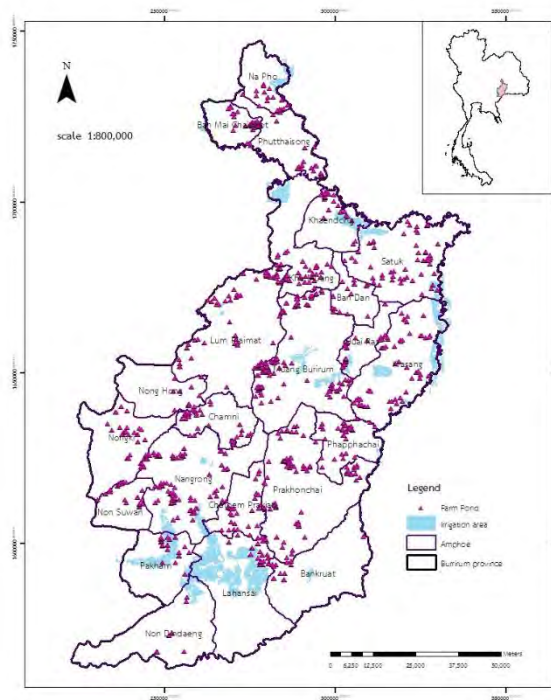


Figure1 Map of farm pond of Buriram province.

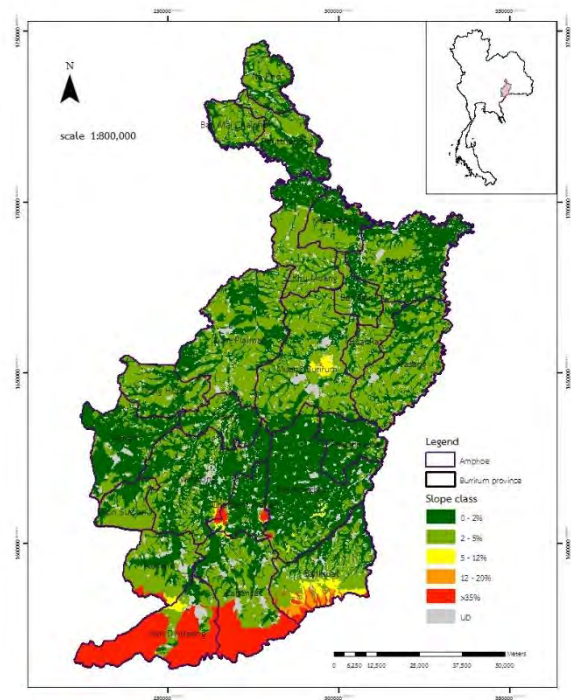


Figure2 Map of slope of Buriram province.

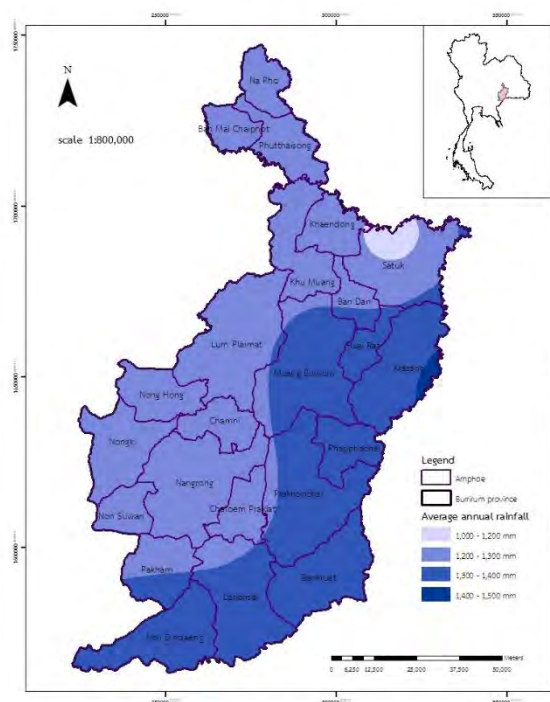


Figure3 Map of average annual rainfall.

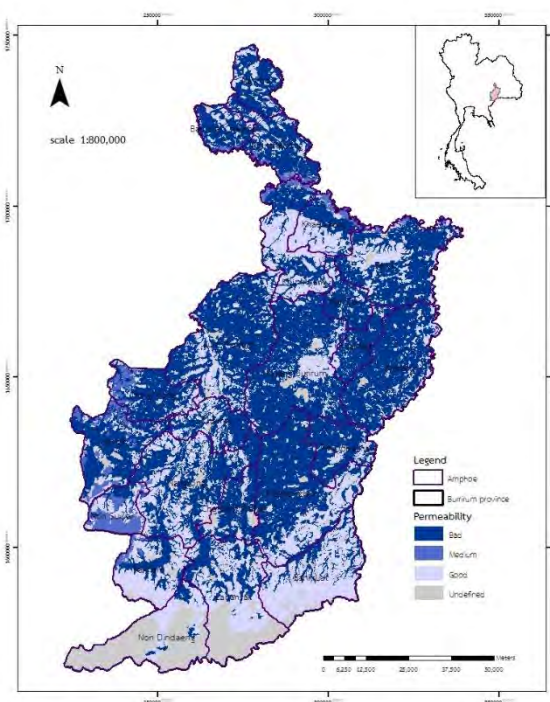


Figure4 Map of permeability.

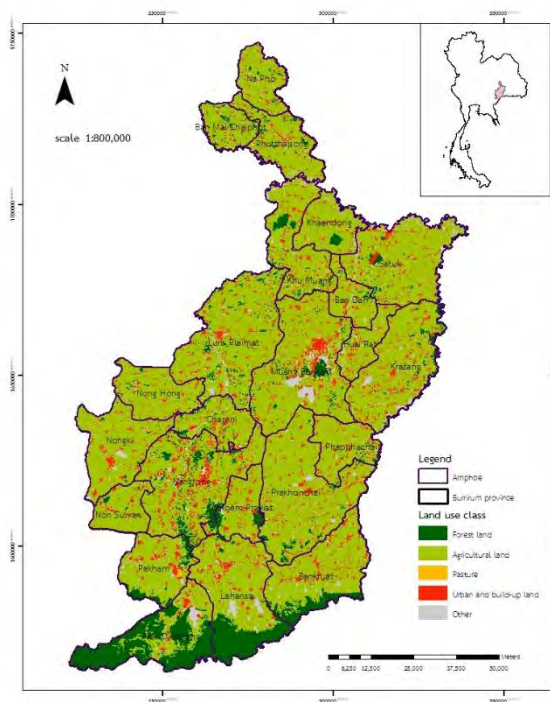


Figure 5 Map of land use.

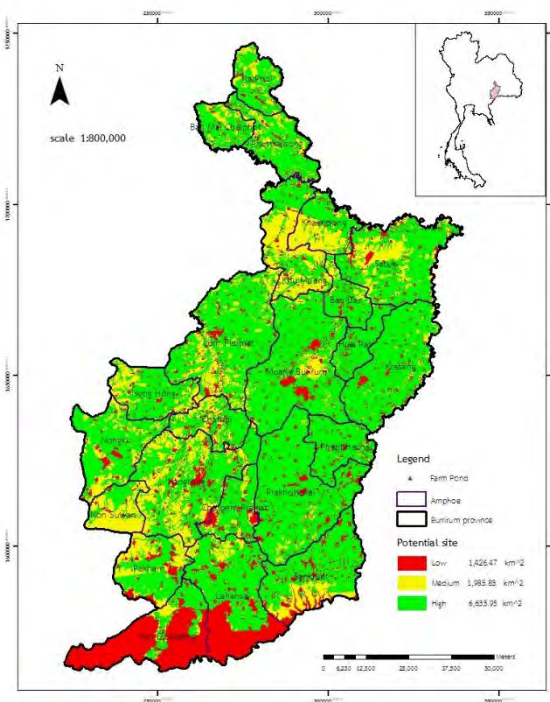


Figure 6 Map of potential sites for farm pond of Buriram province.

สรุปผล

จากการศึกษาพบว่า 1) ฐานข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินศักยภาพการกักเก็บน้ำของพื้นที่ในการสร้างแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทานของจังหวัดบุรีรัมย์ได้โดยมีความสอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริง 92.86% 2) ผลของการแบ่งช่วงชั้นศักยภาพการกักเก็บน้ำของพื้นที่จากค่าน้ำหนักคะแนน ได้ผลดังนี้ พื้นที่ที่มีศักยภาพการกักเก็บน้ำสูง มีค่าอยู่ในช่วง 37 – 52 คะแนน พื้นที่ที่มีศักยภาพการกักเก็บน้ำปานกลาง มีค่าอยู่ในช่วง 21 – 36 คะแนน และพื้นที่ที่มีศักยภาพการกักเก็บน้ำต่ำ มีค่าอยู่ในช่วง 0 – 20 คะแนน โดยพื้นที่ที่มีศักยภาพการกักเก็บน้ำสูงมีพื้นที่ประมาณ 6,633.95 ตร.กม. คิดเป็น 66.0% ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ราบทำการเกษตรกรรมบริเวณอำเภอบัวชุม พลับพลาชัย ห้วยราช และกระสัง ส่วนพื้นที่ที่มีศักยภาพการกักเก็บน้ำปานกลางมีพื้นที่ประมาณ 1,985.83 ตร.กม. คิดเป็น 19.8% ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งอยู่ส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณอำเภอดอนเจดีย์ คูเมือง สตึก โนนสุวรรณ ปะคำ นางรอง หนองหงส์ ชำนิ และลำปลายมาศ ส่วนพื้นที่ที่มีศักยภาพการกักเก็บน้ำต่ำมีพื้นที่ 1,426.47 ตร.กม. คิดเป็น 14.2% ของพื้นที่ทั้งหมด โดยส่วนใหญ่อยู่ในบริเวณพื้นที่เขาของอำเภอนิคมพัฒนา และละหานทราย และ 3) การประเมินศักยภาพในการกักเก็บน้ำของแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทานด้วยฐานข้อมูลเชิงแผนที่ ก่อนทำการเลือกพื้นที่ก่อสร้างจริงเป็นแนวทางเบื้องต้นที่จะช่วยให้ผู้ออกแบบและเกษตรกรเจ้าของพื้นที่สามารถบริหารจัดการแหล่งน้ำได้อย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ แต่เนื่องจากขั้นตอนการจัดทำแผนที่ศักยภาพการกักเก็บน้ำใช้ปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บกักน้ำจากฐานข้อมูลที่มีอยู่ภายในและภายนอกกรมพัฒนาที่ดิน เป็นข้อมูลที่ไม่ได้ทำการวัดค่าหรือจัดทำขึ้นมาสำหรับวิเคราะห์การกักเก็บน้ำของพื้นที่โดยตรง และข้อมูลบางปัจจัยอาจไม่ใช่ปัจจัยที่มีผลต่อการกักเก็บน้ำอย่างแท้จริง เช่น ความชื้นน้ำ เนื่องจากเป็นฐานข้อมูลที่มีความลึกไม่เกิน 2 เมตร แต่ความลึกของแหล่งน้ำในไร่นาจะมีความลึกที่มากกว่า 2.6 เมตรขึ้นไป จึงควรมีการใช้ปัจจัยทางด้านธรณีวิทยาเข้ามาวิเคราะห์ร่วมด้วย เพื่อความถูกต้องและแม่นยำในการนำไปใช้ประกอบในการพิจารณาประเมินศักยภาพในพื้นที่อื่นต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ผอ.วีรชัย กาญจนาลัย ผู้อำนวยการสำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่ กรมพัฒนาที่ดิน ที่มอบโอกาสในการทำโครงการ ให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทาง และให้ความอนุเคราะห์ในทุกด้านจนการศึกษานี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2555. คู่มือการดำเนินงานโครงการแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทาน. กรุงเทพฯ
- กลุ่มป้องกันภัยธรรมชาติและความเสี่ยงทางการเกษตร. 2557. การคาดการณ์ความแห้งแล้งในพื้นที่ทำการเกษตร ปี 2558. กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน. 6 ตุลาคม 2557
- เฉลียว แจ้งไพร. 2530. คู่มือการสำรวจและวินิจฉัยคุณภาพดินเพื่อใช้ในการวางแผนอนุรักษ์ดินและน้ำในไร่นา. เอกสารวิชาการฉบับที่ 73. กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- พนามาต ตรีวรรณกุล, เมตตา เขยสมบัติ และนายเสถียร แสงแก้วทิพย์. 2556. การประเมินผลโครงการแหล่งน้ำในไร่นานอกเขตชลประทาน ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2556. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- ไพโรจน์ กอสุธารักษ์. 2528. การสูญเสียน้ำโดยการระเหย และรั่วซึมจากสระเก็บน้ำ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สุพิชฌาย์ ธนารุณ และจินตนา อมรสงวนสิน. 2553. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดพื้นที่เสี่ยงอุทกภัยจังหวัดอ่างทอง. วารสารการจัดการสิ่งแวดล้อม ปีที่ 6 เล่มที่ 2. กรกฎาคม – ธันวาคม 2553. น. 19 – 34



สุวณี ศรีธวัช ณ อยู่ธยา, สมปอง นิลพันธ์, สมพงษ์ อันท้วม และนฤมล จันทวีชรากร. 2542. การประเมินค่าการสูญเสีย
โดยการรั่วซึมของสหรน้ำที่ขุดในชุดดินต่างๆ บนพื้นที่ดอน. กรมพัฒนาที่ดิน. กรุงเทพฯ

สมชาย วรภิเษมสกุล. 2554. ระเบียบวิธีการวิจัยทางพฤกษศาสตร์และสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ

United States Department of the Interior Bureau of Reclamation. 1963. Earth Manual, First edition-revised.

U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

การทดสอบต้นแบบเรดาร์ทะลุทะลวงผิวดินในการระบุชั้นดิน

Prototype testing of ground penetrating radar for hardpan identification

นาววิทย์ พงศ์อนันต์^{1*}, กมล เขมะรังษี², กฤษณ์ อธิกุลวงศ์², พิชร ประเสริฐกุล¹, ปิยนันท์ พิพัฒน์ศิริ¹, กัญญารัตน์ ท้าวทา¹,
สุเมธ คงภักดี¹, กำพล สกุสสีรุ่งโรจน์¹ และอภิสิทธิ์ เอี่ยมหนอง¹

Navavit Ponganan^{1*}, Kamol Kaemarungsi², Krit Athikulwongse², Patchara Praseartkul¹, Piyanan Pipatsitee¹, Kanyarat Taota¹, Sumaid Kongpugdee¹, Kampol Sakulleerungroj¹ and Apisit Eiumnoh¹

บทคัดย่อ

เครื่องต้นแบบเรดาร์ทะลุทะลวงผิวดิน ที่พัฒนาโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ได้นำมาประยุกต์ใช้เพื่อตรวจสอบชั้นดินดาน ที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตรในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังของสถาบันพัฒนามันสำปะหลัง จ.นครราชสีมา โดยเครื่องเรดาร์ทะลุทะลวงผิวดินจะทำการส่งสัญญาณอัลตราไวด์แบนด์ (ultra-wide bandwidth signal) ผ่านสายอากาศแบบ vivaldi เมื่อพัลส์เดินทางผ่านหรือตกกระทบวัตถุหรือชั้นดินที่มีตัวนำที่ต่างกันพัลส์จะเกิดการสะท้อนกลับมายังสายอากาศภาครับ โดยการวัดสัญญาณพัลส์ที่สะท้อนกลับขึ้นมาจากใต้ดินนั้น จะเป็นผลการหักล้างสัญญาณพัลส์ที่ถูกยิงลงไปในดิน กับพัลส์ที่ถูกยิงขึ้นไปในอากาศ และยกกำลังสอง จากนั้นทำการขยายสัญญาณหลังจากได้รับสัญญาณจากเครื่องรับ (post-amplification) เพื่อชดเชยสัญญาณของเรดาร์ที่มีการลดทอนเพิ่มขึ้นตามความลึกของดินโดยเป็นไปในลักษณะของฟังก์ชันเลขชี้กำลัง (exponential function) ซึ่งจะทำให้สามารถสังเกตเห็นตำแหน่งของพัลส์ที่ความลึกลงไปใต้ดินได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ผลการศึกษาพบว่าข้อมูลการประมาณรอยต่อของชั้นดินด้วยเรดาร์สามารถแยกรอยต่อของชั้นดินได้ละเอียดกว่าผลการวิเคราะห์ดินด้วยการพิจารณาสมบัติของดินตามภาคตัดขวาง และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความต้านทานการแทงทะลุพบว่าความลึกดินในระดับ 0-20 เซนติเมตร ค่าที่ได้ค่อนข้างมีความแตกต่างกัน ขณะที่แนวโน้มของความลึกดินในระดับ 20-50 เซนติเมตร ค่าที่ได้มีความเหมือนกันมาก ในการทดลองนี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นยังไม่อาจสรุปถึงความสัมพันธ์ของค่าพัลส์กับค่าความต้านทานการแทงทะลุได้ และยังต้องการการศึกษาเพิ่มเติมในห้องปฏิบัติการเพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น

คำสำคัญ: ชั้นดินดาน เรดาร์ทะลุทะลวงผิวดิน ค่าความต้านทานการแทงทะลุ

¹ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ 113 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

² ศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ 112 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120

¹ National Center for Genetic Engineering and Biotechnology 113 Thailand Science Park, Phahonyothin Road, KhlongNueng, KlongLuang, PathumThani, 12120

² National Electronics and Computer Technology Center 112 Thailand Science Park, Phahonyothin Road, KhlongNueng, KlongLuang, PathumThani, 12120

* Corresponding author: navavit.pon@biotec.or.th

Abstract

A prototype of ground penetrating radar (GPR) developed by National Electronics and Computer Technology Center (NECTEC) is applied in this work to detect hardpan between 0-50 centimeters of depth under a soil surface. The measurement experiment was conducted in the area of the Thai Tapioca Development Institute (TTDI) in Nakhon Ratchasima province. The GPR transmits an ultra-wide bandwidth (UWB) signal, which is a pulse waveform, through a transmitting Vivaldi antenna into the ground. When the pulse propagates through the soil and encounters objects underground or any changes in the soil medium, there will be reflections of the pulse back to a receiving antenna. Preliminary, we utilize a simple background subtraction of the received signal from the ground with the received signal from the air. The resulted signal is then taken to the power of two to emphasize the peaks. Finally, a post-amplification technique based on a simple exponential function is also applied to the emphasized peaks in order to better observe the locations under the surface that created the reflections. Based on our initial analysis, we found that the estimation of soil interfaces or boundary between different soil layers using the prototype GPR can provide more details of the soils. The results of the GPR is compared with the picture of soil's profile from actual excavation and with the values of penetration resistance at the same location. Based on one of the excavation location, we found that the trend of the penetration resistance's curve and the GPR's curve are different from 0 to 20 cm, but they are very similar from 20 to 50 cm. The results look promising but we cannot conclude any strong correlation between the reflections of the pulses and the values of penetration resistance in this study. Further investigation and study on this matter would provide more concrete evidences on the relationship.

Keywords: Hardpan, Ground Penetrating Radar, Penetration Resistance

บทนำ

ดินดานคือเนื้อดินที่มีโครงสร้างที่ถูกอัดแน่น ไม่มีช่องระบายอากาศและน้ำ เกิดจากการทำการเกษตรอย่างขาดความรู้ความเข้าใจการทำเกษตรกรรมที่ผิดวิธี การไถพรวนบ่อยครั้งที่ระดับความลึกเดียวกันหลายๆ ปี ไถพรวนในขณะที่ดินมีความชื้นไม่เหมาะสม การลดลงของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ลดการกักเก็บน้ำและเพิ่มการชะล้างหน้าดิน ส่งผลให้ดินเกิดสภาวะเสื่อมโทรมเกิดการอัดแน่นของดินและเกิดเป็นชั้นดานขึ้น พื้นที่ที่เกิดปัญหาดินดานมักจะเกิดน้ำท่วมขังเนื่องจากน้ำไม่สามารถซึมผ่านชั้นดินดานลงไปได้ และในฤดูแล้งมันสำปะหลังไม่สามารถดึงน้ำใต้ดินขึ้นมาใช้ประโยชน์ได้ ส่งผลให้ผลมันสำปะหลังแคะแกรนหรือยืนต้นตายได้ ชั้นดินดานที่อยู่ตื้นกว่า 50 เซนติเมตรจะมีผลกระทบต่อการปลูกมันสำปะหลังมาก (สมาคมแปรงมันสำปะหลังไทย, 2556)

การแก้ปัญหาดินดานสามารถทำได้โดยใช้การไถระเบิดดินดาน เป็นการแก้ปัญหามีค่าใช้จ่ายสูงและต้องการรถไถขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นการเพิ่มภาระและต้นทุนให้แก่เกษตรกร ดังนั้นในการศึกษารั้งนี้เป็นการพยายามที่จะประยุกต์ใช้ระบบเรดาร์ทะลุทะลวงผิวดินในการระบุชั้นดินดานที่มีความถูกต้อง และสามารถช่วยในการตัดสินใจเลือกไถระเบิดดินดานในพื้นที่ที่เกิดปัญหา จะทำให้เกษตรกรสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายลงไปได้ (Ping Wang *et al.*, 2016)

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การวิเคราะห์ชั้นดินในพื้นที่

สำหรับการวิเคราะห์ชั้นดินในพื้นที่ที่จะดำเนินการโดยให้ผู้เชี่ยวชาญทำการวิเคราะห์หน้าตัดดินที่ระดับความลึก 0-50 เซนติเมตร รวมทั้งใช้การวิเคราะห์ค่าความต้านทานการแทงทะลุ (penetration resistance) ที่ได้จากเครื่อง dynamic penetrometer เพื่อหาตำแหน่งที่เกิดชั้นดิน โดยเลือกเก็บจุดตัวอย่างจำนวน 35 จุด ในพื้นที่เตรียมแปลงปลูกมันสำปะหลังของสถาบันพัฒนามันสำปะหลัง ต.ห้วยบง อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา ดังแสดงใน Figure 1

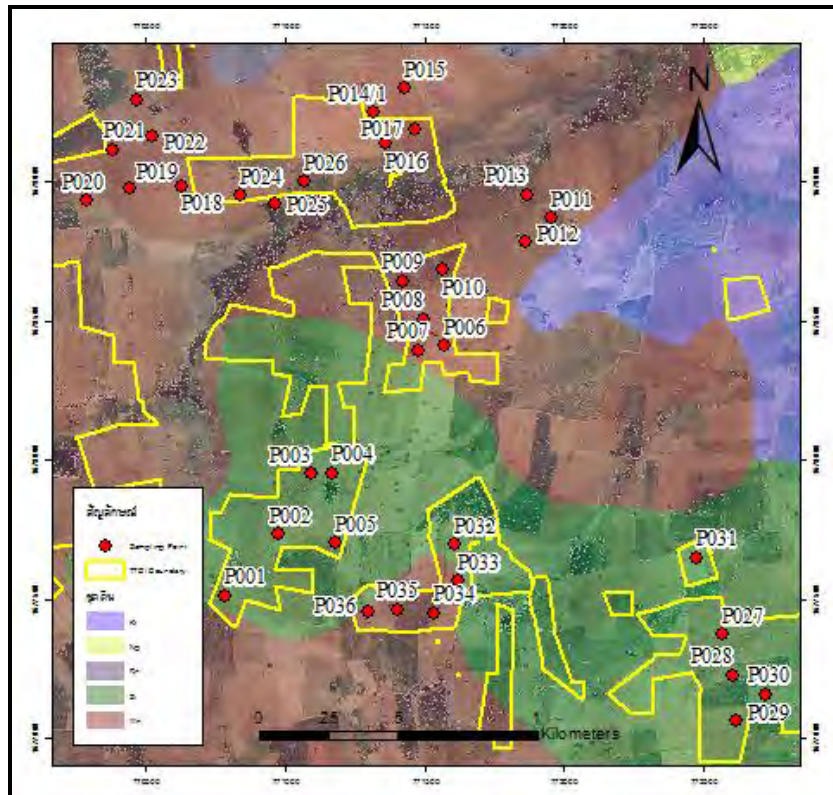


Figure 1 ตำแหน่งการเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ชั้นดิน

2. การวิเคราะห์ชั้นดินโดยใช้เรดาร์ทะลุลงผิวดิน

2.1 เครื่องมือต้นแบบเรดาร์ทะลุลงผิวดิน และขั้นตอนการเก็บข้อมูล

เครื่องมือเรดาร์ทะลุลงผิวดินที่ใช้ในโครงการนี้เป็นเครื่องมือต้นแบบที่พัฒนาขึ้นเอง โดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (NECTEC) ดังแสดงใน Figure 2 (ซ้าย) และสายอากาศภาคส่งและภาครับที่ใช้งานในการส่งคลื่นพัลส์ข้างต้นลงไปดิน จะเป็นสายอากาศแบบ vivaldi ซึ่งเป็นสายอากาศแบบมีทิศทาง (มีการส่งและรับสัญญาณได้ดีในเฉพาะมุม) สายอากาศชนิดนี้ถูกสร้างขึ้นจากแผ่นวงจรพิมพ์ (print circuit board) ขนาดใหญ่ กว้าง 55 เซนติเมตร ยาว 70 เซนติเมตร โดยใช้แผ่นวงจรพิมพ์ที่มีความหนา 2 มิลลิเมตร โดยมีแบนด์วิดท์ที่กว้างมาก ($|S_{11}| < -10\text{dB}$) ตั้งแต่ 420MHz ถึง 1.5GHz และมีอัตราขยาย 6dBi ที่ 460MHz และ 11dBi ที่ 960MHz ดังแสดงใน Figure 2 (ขวา) (Kaemarungsi *et al.*, 2015)

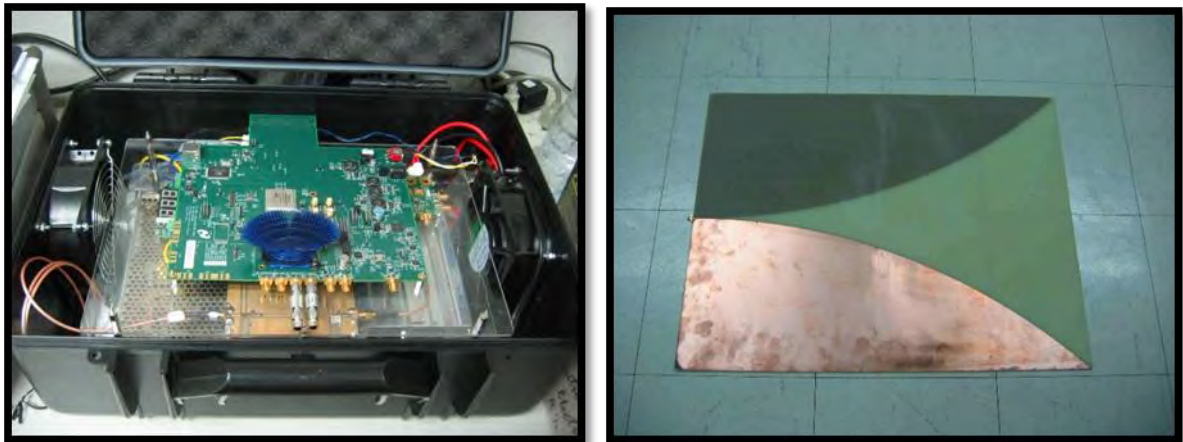


Figure 2 (ซ้าย) ต้นแบบเรดาร์ทะลุทะลวงผิวดิน (ground penetrating radar)

(ขวา) ตัวอย่างสายอากาศแบบ vivaldi

โดยหลักการทำงานของเครื่องจะมีการสร้างพัลส์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ครอบคลุมความถี่ที่กว้างมาก ซึ่งมีชื่อเรียกทางเทคนิคว่าสัญญาณอัลตราไวด์แบนด์ (ultra-wide bandwidth signal) มีหลักการทำงานพื้นฐานคือ มีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำการสร้างสัญญาณพัลส์อัลตราไวด์แบนด์แบบ gaussian monocycle ที่มีความแคบในระดับ 3.5 นาโนวินาที ดังแสดงใน Figure 3 เพื่อส่งออกไปทางสายอากาศภาคส่ง เมื่อพัลส์เดินทางผ่านหรือตกกระทบวัตถุหรือชั้นดินที่มีตัวนำที่ต่างกันพัลส์จะเกิดการสะท้อนกลับมายังสายอากาศภาครับ ซึ่งวงจรเซนเซอร์ภาครับที่มีวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นดิจิทัลแบบความเร็วสูง (hi-speed analog-to-digital converter (ADC)) จะสร้างสัญญาณที่รับได้กลับคืนมาเพื่อนำไปวิเคราะห์ประมวลผลสัญญาณดิจิทัลและประมวลผลภาพเพื่อวิเคราะห์ชั้นดินที่มีความแตกต่างกัน

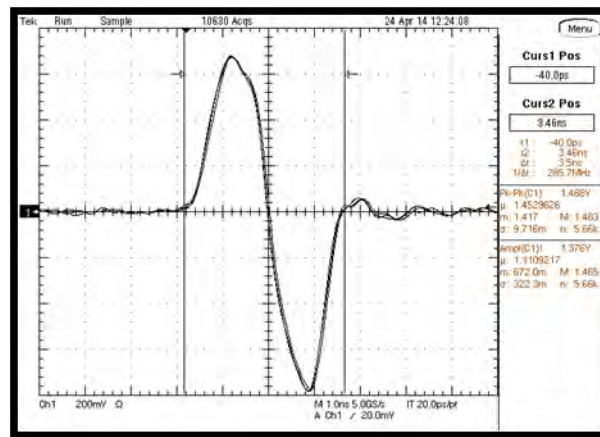


Figure 3 แสดงพัลส์สัญญาณอัลตราไวด์แบนด์แบบ gaussian monocycle

2.2 การวิเคราะห์สัญญาณสะท้อนของดินแบบเรดาร์ทะลุทะลวงผิวดิน

การวัดสัญญาณพัลส์ที่สะท้อนกลับขึ้นมาจากใต้ดินนั้น (ในที่นี้จะใช้ตัวอย่างที่ P007 เป็นตัวแทนในการอธิบาย) โดยจะแสดงใน Figure 4 โดยภาพย่อด้านบนเป็นการเปรียบเทียบสัญญาณที่พัลส์ถูกยิงลงไปในดิน (เส้นทึบสีน้ำเงิน) กับพัลส์ที่ถูกยิงขึ้นไปในอากาศซึ่งไม่มีสิ่งกีดขวางหรือวัตถุใด ๆ (เส้นประสีแดง) เป็นจำนวน 401 Sample ที่ 277.78 พิโควินาทีต่อหนึ่งช่วงการสุ่ม

ค่า (picosecond/Sample) (เนื่องจาก sampling ด้วย ADC ที่มีอัตราการสุ่มสัญญาณที่ 3.6 giga-samples/second) และภาพย่อด้านล่างคือผลการหักล้างสัญญาณทั้งสองในรูปย่อด้านบนและยกกำลังสอง ซึ่ง peak ของสัญญาณที่พบในภาพย่อด้านล่างนั้น คาดว่าจะเป็นตำแหน่งของระยะเวลาที่พัลส์สะท้อนกลับมาเนื่องจากเดินทางผ่านตัวกลางที่แตกต่างกันของชั้นดิน ตามหลักการทำงานของเรดาร์ทะลุทะลวงผิวดิน ที่เมื่อสัญญาณเดินทางลงไปเจอวัตถุที่แตกต่างกันจะสะท้อนสัญญาณกลับขึ้นมาบางส่วน

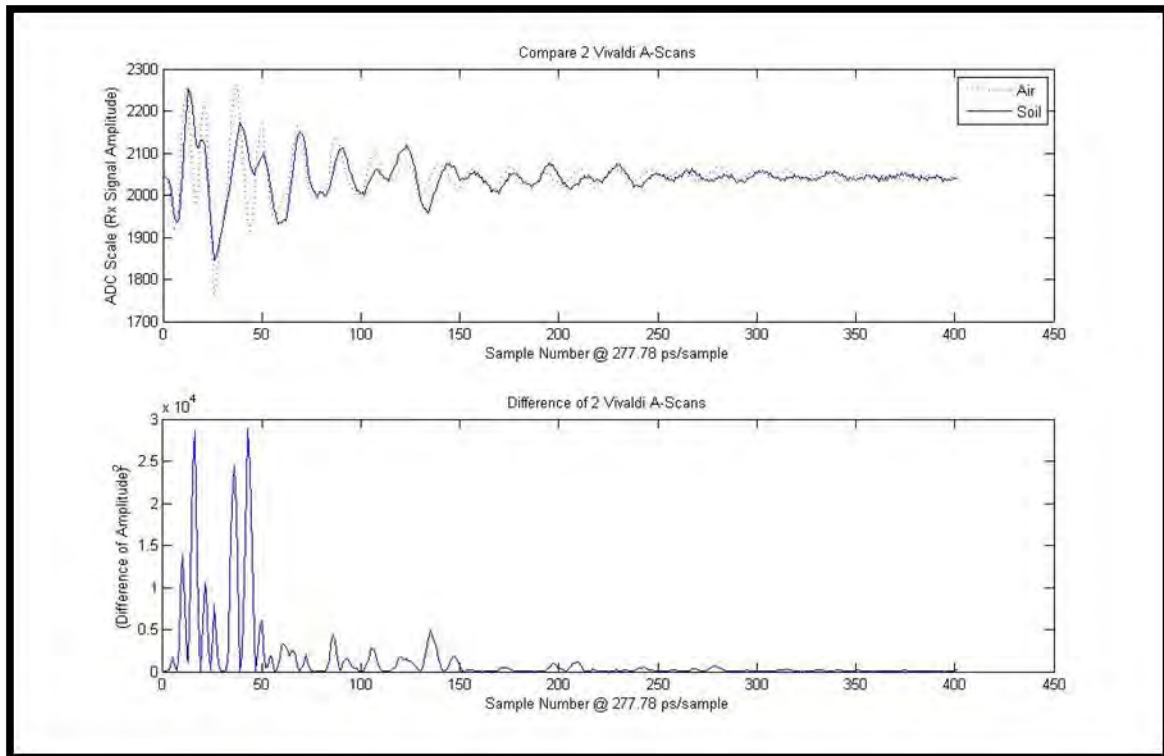


Figure 4 (บน) แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณทางเวลาที่วัดได้ระหว่างพื้นดินกับอากาศเมื่อใช้สายอากาศแบบ vivaldi (ล่าง) ผลการหักล้างสัญญาณระหว่างพื้นดินกับอากาศในรูปย่อด้านบนและยกกำลังสอง

ในการประมาณค่าความลึกของชั้นดินด้วยเรดาร์ทะลุทะลวงดินนั้น ปัจจัยที่สำคัญในการคำนวณคือ อัตราความเร็วในการเดินทางของคลื่นอัลตราไวต์แบนด์ (ซึ่งเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า) ที่เดินทางผ่านลงไปชั้นดิน หรือที่เรียกว่า velocity of propagation เนื่องจากในตัวอย่างนี้ยังไม่มีเกราะหาค่าความเร็วดังกล่าวของดินในแปลงมันสำปะหลัง แต่โดยทั่วไปแล้ว สำหรับตัวนำที่เป็นแบบ homogeneous and isotropic แล้วจะสามารถประมาณค่า relative propagation velocity ได้จากสมการ (Daniels, 2004)

$$v_r = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad \text{meters/second}$$

และสามารถประมาณค่าความลึกของชั้นดินจากสมการ

$$d = v_r \frac{t}{2} \quad \text{meters}$$

เมื่อ	v_r	คือ relative propagation velocity
	c	คือ speed of light = 3×10^8 m/s
	ϵ_r	คือ relative permittivity ของดินหรือตัวกลาง (ปกติมีค่าระหว่าง 1 ถึง 80 (น้ำ))
	d	คือ ความลึกชั้นดินหรือระยะทางถึงวัตถุเป้าหมาย
	t	คือ ระยะเวลาที่พัลส์เดินทางไปและกลับจากชั้นดินหรือเป้าหมาย

เนื่องจากไม่มีข้อมูลค่า relative permittivity ของดินในพื้นที่ก่อนทำการทดลอง (หากต้องการหาค่าจำเป็นต้องทำการเจาะดินหลาย ๆ จุดและวัดผลการทดลองด้วยพัลส์เพื่อเปรียบเทียบและประมาณค่าดังกล่าว) ด้วยข้อจำกัดทางเวลา จึงทำการประมาณค่าดังกล่าวจากตารางข้อมูลที่ 4.3 หน้า 90 ในเอกสารอ้างอิง (David, 2004) ที่ระบุว่า สำหรับดินทรายแห้ง มีค่า relative permittivity อยู่ในช่วง 4 – 10 และดินทรายเปียก มีค่า relative permittivity อยู่ในช่วง 10 – 30 (ทั้งนี้ในช่วงที่เก็บข้อมูล เป็นช่วงหน้าแล้ง และดินอยู่ในลักษณะแห้ง ในการประมาณค่าจึงใช้ค่า $\epsilon_r = 10$ สำหรับการประมาณค่า relative propagation velocity)

จาก Figure 4 (ล่าง) จะพบว่าพัลส์กลุ่มแรกนั้นมีระดับความแรงของสัญญาณสูง (แอมพลิจูดสูง) ซึ่งพบได้ในทุกตำแหน่งของการเก็บข้อมูล และพัลส์กลุ่มต่อ ๆ ไปจะมีระดับความแรงของสัญญาณต่ำลงไปอย่างมาก เนื่องจากการเดินทางของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของต้นแบบเรดาร์จะมีการลดทอนลงไปตามความลึกของชั้นดินและการลดทอนนี้เป็นการลดทอนที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้สัญญาณที่สะท้อนกลับมาในตอนท้าย ๆ ของกราฟมีระดับความแรงค่อนข้างต่ำ และทำให้บางครั้งแยกแยะตำแหน่งของรอยต่อที่ลึกลงไปดินได้ยากขึ้น นอกจากนี้หากคุณสมบัติของดินมีการลดทอนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสูงมาก ก็จะทำให้สัญญาณสะท้อนที่มีระดับความลึกไม่มากนัก ก็อาจจะไม่สามารถตรวจจับได้ด้วยเครื่องเรดาร์ต้นแบบ

ในการนี้ทางทีมวิจัยจึงได้ทำการแปลงผลข้อมูลของเรดาร์ให้อยู่ในรูปของระดับความแรงของดินเทียบกับความลึกของดินในหน่วยเซนติเมตร แต่เนื่องจากสัญญาณของเรดาร์มีการลดทอนเพิ่มขึ้น เมื่อสัญญาณเดินทางลึกลงไปดินและสะท้อนกลับมา โดยเป็นไปในลักษณะของฟังก์ชันเลขชี้กำลัง (exponential function) ดังนั้นเพื่อให้สามารถขยายสัญญาณที่มีระดับอ่อนมาก ๆ ที่ความลึกลงไปดินให้สามารถเห็นได้ชัดขึ้น ทีมวิจัยจึงทำการคูณค่าคงที่ ที่เพิ่มขึ้นแบบฟังก์ชันเลขชี้กำลัง กลับเข้าไปในสัญญาณที่ใช้ในการวิเคราะห์ตำแหน่งของพัลส์ (สัญญาณที่เกิดจากการหักล้างกันระหว่างสัญญาณที่ส่งลงไปดินกับสัญญาณที่ส่งขึ้นไปในอากาศ) หรือเรียกว่าเป็นการทำการขยายสัญญาณหลังจากได้รับสัญญาณจากเครื่องรับ (post-amplification) ซึ่งจะทำให้สามารถสังเกตเห็นตำแหน่งของพัลส์ที่ความลึกลงไปดินได้ชัดเจนยิ่งขึ้น และพอจะประมาณแนวโน้มของการสะท้อนกลับของสัญญาณขึ้นมาจากดินได้ระดับหนึ่ง (แต่อาจไม่ถูกต้องนักเนื่องจากการลดทอนของสัญญาณด้วยค่าคงที่โดยประมาณ หากต้องการให้แม่นยำจำเป็นต้องทราบว่าการลดทอนในแต่ละช่วงชั้นของดินเป็นเช่นไรซึ่ง ตรวจสอบได้ยาก) ค่าคงที่ ที่เป็นฟังก์ชันแบบเลขชี้กำลังที่ใช้ในการขยายสัญญาณลดทอนในการศึกษานี้มีรูปแบบของกราฟดังแสดงใน Figure 5

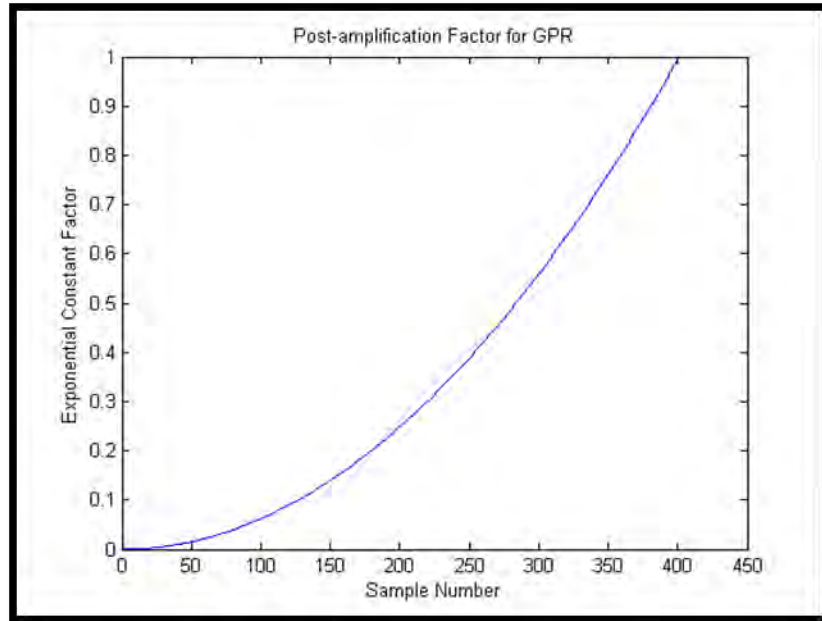


Figure 5 แสดง post-amplification factor

ผลและวิจารณ์

การเปรียบเทียบและหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภาคสนามกับเรดาร์ทะลุทะลวงผิวดิน

จากข้อมูลสัญญาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ได้รับสะท้อนกลับขึ้นมาจากดินและสิ่งที่อยู่ใต้ผิวดินพบว่า ต้นแบบของเรดาร์ทะลุทะลวงผิวดินจะแสดงผลข้อมูลของพัลส์สะท้อนกลับอยู่เป็นจำนวนมาก ซึ่งจากภาพตัวอย่างของตำแหน่งของจุดสำรวจ ดังแสดงใน Figure 6 จะสังเกตได้ว่ามียอดของพัลส์อยู่เป็นจำนวนมากและอาจจะแบ่งเป็นกลุ่มของพัลส์ที่อยู่ใกล้ ๆ กันได้หลายกลุ่ม (พัลส์ที่พิจารณาว่าอยู่ในกลุ่มเดียวกันมักจะอยู่ห่างกันไม่เกิน 25 samples)

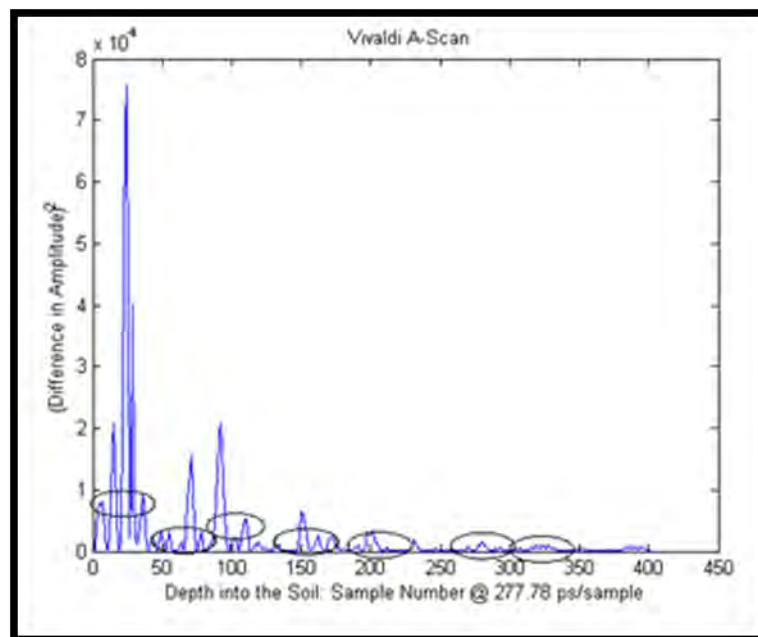


Figure 6 แสดงข้อมูลพัลส์สะท้อนกลับของตำแหน่งสำรวจ

หมายเหตุ ตำแหน่งของการสะท้อนกลับของพัลส์ในรูปนี้ เกิดขึ้นจากการประมวลผลสัญญาณด้วยการหักล้างผลการวัดคลื่นสะท้อนขณะที่คลื่นหรือพัลส์เดินทางลงไปในดินกับ คลื่นที่สะท้อนหรือพัลส์ที่รับได้ขณะที่สัญญาณเรดาร์ถูกยิงขึ้นไปบนท้องฟ้า (เสมือนเป็นสัญญาณ background)

จากการวิเคราะห์จะพบว่ากลุ่มของพัลส์กลุ่มแรกนี้น่าจะเป็นการสะท้อนของสัญญาณคลื่นที่เดินทางออกจากสายอากาศเข้าไปยังผิวดิน หรือในที่นี้จะขอเรียกรอยต่อ (medium interface) ของตัวกลางแรกว่า air-to-soil ดังที่ได้สรุปตำแหน่งของรอยต่อไว้ในตัวอย่าง Table 1 และการแปลผลของสัญญาณเรดาร์ฯ ในรายงานนี้จึงทำการเลือกพัลส์ในกลุ่มต่อไปที่มีระดับความแรงของสัญญาณสูงที่สุดในกลุ่มถัดไป เป็นตัวแทนของกลุ่มและทำการประมาณค่าหาความลึก ณ ตำแหน่งนั้นของดิน เพื่อพิจารณาเป็นรอยต่อของชั้นดินที่มีความแตกต่างกัน (ข้อมูลพัลส์บางกลุ่มต่ำมาก ๆ จึงไม่ได้นำมาแสดงผลด้วย)

Table 1 แสดงการแปลผลของสัญญาณ GPR เพื่อประมาณค่ารอยต่อของชั้นดิน

Soil Interface By GPR	GPR (cm)	Transition of Physical Soil Analysis (cm)
Air-to-Soil	3.16	
1	9.35	
2	12.11	
3	19.88	
4	26.60	
5	30.42	
6	36.87	

จากการเปรียบเทียบผลข้อมูลการประมาณรอยต่อของชั้นดินด้วยเรดาร์เทียบกับ ผลการวิเคราะห์ดินด้วยการพิจารณาคุณสมบัติของดินตามภาคตัดขวาง จะพบว่าเรดาร์จะให้คำตอบของรอยต่อของชั้นดินเป็นจำนวนที่มากกว่า เนื่องจากต้นแบบเรดาร์ยังไม่สามารถแยกแยะได้ว่าสิ่งที่สัญญาณพัลสนั้นตกกระทบได้ผิวดินนั้นเป็นรอยต่อของชั้นดินจริงหรือเป็นวัตถุชนิดอื่น ๆ เช่น ก้อนหินที่แทรกอยู่ในชั้นดินซึ่งอาจจะสะท้อนสัญญาณกลับขึ้นมาได้เช่นกัน แต่อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตในหลาย ๆ ตำแหน่งของดินที่ได้ไปสำรวจจะพบว่าผลการประมาณของรอยต่อของดินที่ใกล้เคียงกันกับการวิเคราะห์ภาคตัดขวางของดิน ดังเช่นใน Table 1 ข้างต้นที่จะเห็นว่าที่ความลึกประมาณ 13 เซนติเมตร และ 25 เซนติเมตร ที่ได้มีการแบ่งประเภทของดินไว้ ก็เป็นตำแหน่งที่อยู่ในคำตอบของการประมาณรอยต่อของดินด้วยเรดาร์เช่นกัน ที่ความลึกประมาณ 12.11 เซนติเมตร และ 26.60 เซนติเมตร ตามลำดับ

ในการศึกษาแปลผลของชั้นดินในรายงานนี้ ได้ใช้วิธีการประมาณค่าคุณสมบัติของดินเป็นค่าเดียวกันในทุกจุดที่สำรวจเพื่อความสะดวกในการแปลผล ทั้งนี้จากบทความวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Josef and Fawwaz, 1974) มีการสรุปเบื้องต้นไว้ว่าการหาค่า dielectric property ของดิน (ที่ถูกนำมาใช้ในการประมาณความเร็วในการเดินทางของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในดิน) นั้นโดยปกติแล้วได้ผลการวัดที่แตกต่างกันโดยนักวิจัยหลาย ๆ กลุ่ม (กล่าวได้ว่าไม่สามารถทำซ้ำได้) และการวัดค่า dielectric ของดินจำเป็นต้องใช้การวัดที่แม่นยำและใช้เวลานานเพราะมีปัจจัยหลายตัวที่มีผลกระทบต่อคุณสมบัติของ dielectric ของดิน การวัดจะต้องกระทำในห้องปฏิบัติการเท่านั้น จำเป็นต้องใช้ตัวอย่างดินจำนวนมากในการหาค่า dielectric ของดิน นอกจากนี้ ค่า dielectric ของดิน

ยังเป็นฟังก์ชันของ ความชื้นของดิน (moisture) ความหนาแน่นของดิน (bulk density) ประเภทของดิน (soil type) อุณหภูมิของดิน (temperature) และคลื่นความถี่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ (frequency) เนื่องจากต้นแบบเรดาร์ที่ใช้ในรายงานนี้มีการส่งคลื่นเป็นพัลส์ซึ่งประกอบด้วยคลื่นความถี่หลายค่าพร้อมๆ กัน (ตั้งแต่ 30MHz – 1.75GHz โดยประมาณ) ทำให้การประมาณหาค่า dielectric ที่เกิดจากคลื่นความถี่หลาย ๆ ค่าพร้อมกันมีความซับซ้อน ไม่สามารถทำได้

การเปรียบเทียบหน้าตัดดินระหว่างสัญญาณสะท้อนกลับ (amplitude of reflection) ของเรดาร์ทะลุทะลวงผิวดิน (ground penetrating radar) กับ penetration resistance ที่วัดได้จาก penetrometer จะแสดงใน Figure 7

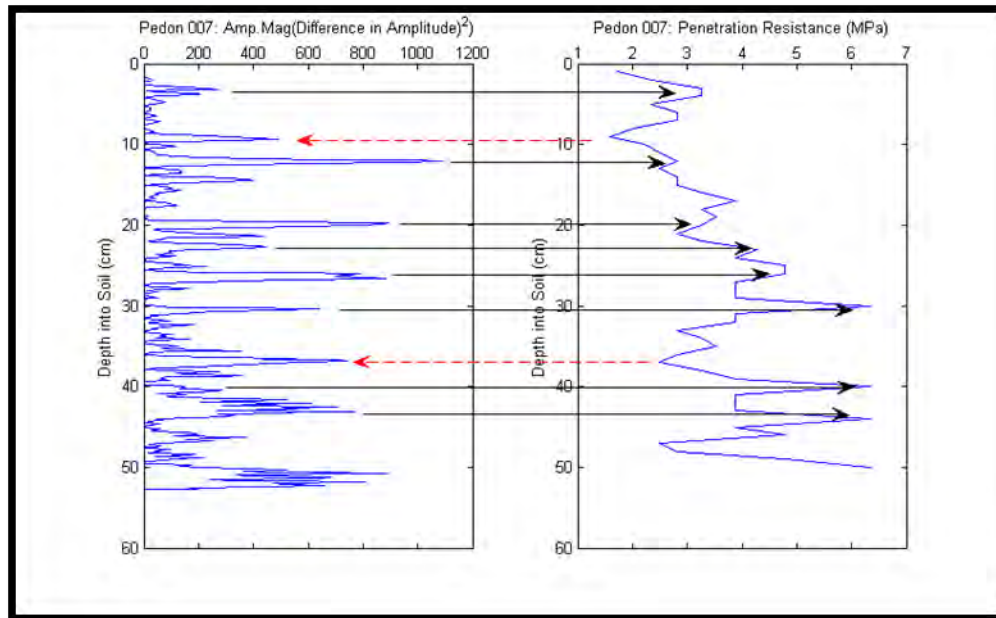


Figure 7 ผลเปรียบเทียบแนวโน้มของสัญญาณสะท้อนของ GPR เทียบกับค่า penetration resistance ของ penetrometer

จาก Figure 7 หากพิจารณาแนวโน้มของกราฟจะพบว่ารูปกราฟในชั้นต้น ๆ ของดิน (0-20 เซนติเมตร) ค่อนข้างมีความแตกต่างกัน ขณะที่รูปแนวโน้มของกราฟในชั้นลึก ๆ ของดิน (20-50 เซนติเมตร) จะมีความเหมือนกันมาก และเมื่อพิจารณาเฉพาะยอดของพัลส์ เทียบกับตำแหน่งที่ค่า penetration resistance มีค่าสูงหรือปรับสูงขึ้น ตามลูกศรสีดำที่ชี้ไปทางขวามือ ก็พบว่ามีความใกล้เคียงกันอยู่หลายจุด และในขณะเดียวกันหากพิจารณาจุดของกราฟของ GPR ก็จะเป็นจุดต่ำของกราฟ penetration resistance ดังแสดงด้วยลูกศรสีแดงที่ชี้ไปทางซ้าย จะเห็นถึงความสอดคล้องกันบางส่วน ทั้งนี้เนื่องจากค่าของข้อมูลของกราฟในรูปด้านซ้ายมีจำนวน 401 ค่า (ซึ่งมีความละเอียดสูงกว่า) ในขณะที่ค่าของข้อมูลในด้านขวามีค่าของข้อมูลเพียง 50 ค่า ทำให้การเปรียบเทียบด้วยสมการหา correlation ไม่สะดวกนัก ในการศึกษาเบื้องต้นนี้จึงพิจารณาจากแนวโน้มและค่ายอดของแต่ละกราฟเทียบกันเท่านั้น

เพื่อให้สามารถพิจารณาภาพรวมของการเปรียบเทียบการตรวจหาชั้นดินด้วย GPR และ penetration resistance จึงขอทำการสรุปผลการเปรียบเทียบแบบการหาความเหมือนกันด้วยเทคนิคข้างต้นไว้ใน Table 2 โดยแบ่งการพิจารณาออกเป็นสองส่วนคือรูปกราฟเหมือนคือการเปลี่ยนแปลงเหมือนกัน หรือจำนวนยอดที่ใกล้เคียงกันหลายยอด ซึ่งจากภาพรวมพบว่า กราฟของ GPR มีความเหมือนกับ penetrometer อยู่จำนวนหนึ่งแต่ยังไม่ทั้งหมดหากดูด้วยรูปกราฟเพียงอย่างเดียว ซึ่งทำให้ยังไม่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่ามีความสัมพันธ์กัน แต่หากดูที่ยอดของกราฟจะพบว่ามีความเหมือนกันหลายจุดซึ่งอาจแสดงถึงความสัมพันธ์บางอย่าง

Table 2 สรุปลักษณะของรูปกราฟและตำแหน่งจุดยอดของผลจาก GPR และค่า penetration resistance

Compare	Group	Counts	Percent
Shape	Similar	20/35	57.1
	Different	15/35	42.9
Peak	Similar	35/35	100.0

สรุปผล

การทดสอบต้นแบบเรดาร์ทะลุทะลวงผิวดินในการระบุชั้นดินในครั้งนี้ สามารถบอกได้ว่าการใช้เรดาร์ทะลุทะลวงผิวดินสามารถระบุรอยต่อหรือการเปลี่ยนแปลงของชั้นดินได้ละเอียดกว่าการสำรวจดินในภาคสนาม แต่ทั้งนี้การแปลผลจากเครื่อง GPR ยังไม่สามารถแยกแยะได้ว่าสิ่งที่สัญญาณพัลสนั้นตกกระทบได้ผิวดินนั้นเป็นรอยต่อของชั้นดินจริงหรือเป็นวัตถุชนิดอื่น หรือการให้คำตอบถึงความหนาแน่นของดินในแต่ละชั้นได้ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป โดยมีแนวทางดำเนินการดังต่อไปนี้

- 1) การทดลองส่งสัญญาณพัลสในลักษณะของ b-scan หรือ c-scan เพื่อให้เห็นความต่อเนื่องของชั้นดินซึ่งจะช่วยในการอธิบายลักษณะของความแข็งของชั้นดินได้
- 2) การทดลองเรดาร์ทะลุทะลวงผิวดิน กับตัวอย่างของชั้นดินและวัสดุอื่นๆ ที่ถูกกำหนดขึ้นไว้ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งจะทำให้สามารถเข้าใจการสะท้อนของสัญญาณพัลสที่ผ่านชั้นดินต่างๆ ก่อนที่จะนำมาประยุกต์ใช้กับพื้นที่เพาะปลูกจริงต่อไป

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมูลนิธิสถาบันพัฒนามันสำปะหลังแห่งประเทศไทย และสถาบันพัฒนามันสำปะหลัง ต.ห้วยบง อ.ด่านขุนทด จ.นครราชสีมา ที่ให้ความอนุเคราะห์เข้าทำการศึกษาในพื้นที่ และอำนวยความสะดวกในการวิจัยให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี สุดท้ายนี้ขอขอบคุณสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และฝ่ายบริหารจัดการคลัสเตอร์และโปรแกรมวิจัย สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ ที่ให้ทุนอุดหนุนการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- สมาคมแป้งมันสำปะหลังไทย. 2556. การไถระเบิดดินดานในพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง. เข้าถึงได้จากจาก http://www.thaitapiocastarch.org/article28_th.asp [เข้าถึงเมื่อเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2558]
- Daniels, D.J. 2004. Ground-penetrating radar - 2nd ed. London. The Institution of Electrical Engineers, UK
- Josef C. and F.T. Ulaby. 1974. Dielectric Properties of Soils as a Function of Moisture Content. CRES Technical Report. University of Kansas Space Technology Center. 177-47 p.
- Kaemarungsi K., K. Athikulwongse, K. Rungprateepthaworn, T. Duangtanoo and P. Dangsakul. 2015. On study of an impulse RADAR sensor for subsurface object detection, pp. 1-6. In Proceeding of 12th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON). 24-27 June 2015. Hua Hin
- Ping W., H.Zhenqi, Yanling Z. and L.Xinju. 2016. Experimental study of soil compaction effects on GPR signals. Journal of Applied Geophysics, Volume 126: 128-137. ISSN 0926-9851

สำรวจความอุดมสมบูรณ์ดินด้วยเทคนิควิเคราะห์ข้อมูลระยะไกล

Soil fertility survey by using remote sensing technique

สุทัศน์ สุรวาณิช*, ประณต มณีอินทร์, ชัยวัฒน์ นันทโชติ และพชรอร แก้วเจริญ

Sutat Suratvanit*, Pranot Maniin, Chaiyawat, Nantachot and Pacharaon Kaeocharean

บทคัดย่อ

การสำรวจความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพื่อการผลิตพืชและทำแผนที่พื้นที่ขนาดใหญ่จำเป็นต้องเสียทั้งเวลาและค่าใช้จ่ายที่สูง การศึกษานี้ จึงประยุกต์เทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลระยะไกลด้วยดาวเทียม (Remote Sensing) โดยใช้ข้อมูลค่าสะท้อนรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า (Reflectance Value) ในช่วงคลื่นที่สายตามนุษย์มองเห็น (Visible Band) และช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรด (Near Infrared Band) ขั้นตอนการวิเคราะห์คำนวณหา NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ของการศึกษานี้ใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat 5 TM band 3 และ band 4 เพื่อยืนยันความถูกต้องได้ใช้ (1) แผนที่ดินอยู่ในรูปดิจิทัล (ฐานข้อมูลภูมิสารสนเทศดิน) (2) คำอธิบายหน้าตัดดิน (3) แผนที่รูปแบบจำลองเขตศักยภาพเหมาะสมต่อการผลิตยางและปาล์มน้ำมัน และ (4) ผลผลิตยางพาราและปาล์มน้ำมันเก็บรวบรวมจากพื้นที่ปลูกจริงภายในพื้นที่เป้าหมาย เป็นตัวชี้วัด ข้อมูลที่จำเป็นทุกอย่างถูกเชื่อมโยงด้วยพิกัดตำแหน่งที่ตรงกัน (coordinate point) ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์สมการเส้นตรง (linear correlation analysis) ระหว่างพื้นที่สุ่มคำนวณ NDVI บนสภาพพื้นที่ปลูกยางและปาล์มน้ำมันจริง บนเขตศักยภาพดินต่าง ๆ พบว่ามีความสัมพันธ์กันทางสถิติ ด้วยค่า R^2 0.986 สำหรับยางพารา และ R^2 0.988 สำหรับปาล์มน้ำมัน ซึ่งผลการศึกษานี้ได้ยืนยันระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินขึ้นอยู่กับค่า NDVI

คำสำคัญ : ข้อมูลระยะไกลดาวเทียม, ค่าสะท้อนรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า, NDVI, ช่วงคลื่นที่สายตามนุษย์มองเห็น, ช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรด

Abstract

Since direct measurement of soil fertility for crop production and spatially mapping a large area is time consuming and need high cost. Therefore, remote sensing technique was developed, using reflectance signals in the visible and near infrared band data to detect distribution. In this study, the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was used. The NDVI image was calculated by using Landsat 5 TM satellite image band 3 and band 4. To confirm the correction of ground truth survey, (1) soil map in digital format (Soil Data Base), (2) soil profile description of soil types, (3) Rubber and Oil palm suitability model and (4) Rubber and oil palm yield collected at existing crop were used. All information that need for analysis are linked together with same coordinate point (x,y) or same latitude – longitude by computer software. It was observed that the linear correlation analysis of the statistically random measuring of NDVIs value in the regions of interest (rubber and oil palm) in the study area, has displayed a good correlation with the rubber and oil palm suitability model with R^2 0.986 and 0.988, respectively. These results confirm the soil fertility zone based on NDVI values.

Keywords : Remote Sensing, Reflectance Value, NDVI, Visible Band, Near Infrared Band

* คณะนวัตกรรมการเกษตร วิทยาลัยนวัตกรรมการเกษตร เทคโนโลยีชีวภาพ และอาหาร มหาวิทยาลัยรังสิต

Surava2008@hotmail.com

Faculty of Agricultural Innovation, College of Agricultural Innovation Biotechnology and Food, Rangsit University

บทนำ

กระแสนวัตกรรมเกษตรยุคใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ การทำการเกษตรแม่นยำ (Precision Agriculture) นั้น ต้องอาศัยฐานข้อมูลดินที่แม่นยำ เป็นปัจจัยหลักที่จำเป็นอย่างยิ่ง แต่ทว่าการสำรวจวิเคราะห์ศักยภาพดิน แบบดั้งเดิม ที่ทำกันนั้น ต้องเสียทั้งค่าใช้จ่ายสูง เสียเวลา และบุคลากรจำนวนมาก

วิธีการหนึ่งที่จะช่วยย่นระยะเวลาการจำแนกศักยภาพดินได้ครอบคลุมพื้นที่กว้าง คือ การใช้เทคนิคการสำรวจวิเคราะห์ข้อมูลระยะไกลด้วยดาวเทียม (Remote Sensing) โดยอาศัยค่าสะท้อนรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า (Reflectance Value) แต่ด้วยข้อเท็จจริงที่สภาพพื้นที่ทั่วไป มักปกคลุมไปด้วยพืชเศรษฐกิจหรือพืชพรรณจนเต็มพื้นที่ ดังนั้นในการศึกษาวิเคราะห์นี้ จึงจำเป็นต้องใช้เทคนิคการสำรวจโดยทางอ้อม ผ่านพืชพรรณ Buschmann et al. (1993) รายงานว่าสามารถใช้การตรวจจับสัญญาณสะท้อนรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า ในย่านความถี่ที่สายตามองเห็น (Visible Band) กับย่านความถี่ใกล้อินฟราเรด (Near Infrared Band) เพื่อสำรวจการกระจายของอาการผิดปกติ และการให้ผลผลิตพืชได้ Henderson et al. (1992) พบว่า เนื้อดิน ความชื้นในดิน ธาตุอาหารในดิน มีความสัมพันธ์ กับการสะท้อนรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าของผิวดิน Daniel et al. (2003) พบว่าความแตกต่างของระดับความแรงของรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตรวจจับได้ นอกจากจะขึ้นอยู่กับแหล่งกำเนิดรังสีที่ต่างกันแล้ว ยังขึ้นกับช่วงความถี่ (Bandwidth) ที่ใช้ในการตรวจจับ และธาตุอาหารในดินอีกด้วย Rajapakse et al. (2001) ศึกษาพบว่า ค่าดัชนีพื้นที่ใบพืช (Leaf Area Index) ที่ได้จากการวัดใบพืชจริง กับ ค่า NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ที่คำนวณได้จากการวัดค่ารังสีแม่เหล็กไฟฟ้าด้วย Spectrophotometer มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ Islam et al. (2003) ยังรายงานด้วยว่า ค่ารังสีแม่เหล็กไฟฟ้า ทั้งช่วงย่านความถี่ อัลตราไวโอเล็ต (UV: Ultraviolet) ช่วงสายตามองเห็น (VR: Visible Range) และ ช่วงใกล้อินฟราเรด (NIR: Near Infrared) มีศักยภาพในการจำแนกความแตกต่างของวัตถุ ในกรณีที่ต้องมีการสำรวจพื้นที่บริเวณกว้างอย่างรวดเร็ว

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อทดลองสำรวจความอุดมสมบูรณ์ของดินทางอ้อมผ่านพืช ด้วยการประยุกต์เทคนิคทางด้าน การวิเคราะห์ข้อมูลระยะไกลดาวเทียม

พื้นที่ศึกษา จังหวัดกระบี่ ที่พืชเศรษฐกิจหลักคือยางพารา และ ปาล์มน้ำมัน ทั้งจังหวัดมีพื้นที่ประมาณ 4708.51 ตารางกิโลเมตร ปริมาณฝนตกโดยเฉลี่ยทั้งปีประมาณ 2,379.9 มม อุณหภูมิเฉลี่ย 27.4 °C ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 80.0 % การจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธาน (USDA soil taxonomy) พบมีอยู่ 5 orders ได้แก่ : Spodosols, Ultisols, Alfisols, Inceptisols และ Entisols.

วิธีการศึกษา

ประยุกต์เทคนิคการสร้างภาพจากข้อมูลดาวเทียม (Image Processing) ที่ในการศึกษานี้ ใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat 5 TM Band 4, 5 และ 3 นำไปสร้างภาพสีผสมเท็จ (False Color Composite) และนำข้อมูล Band 3 และ 4 นำไปสร้างภาพ NDVI Image เพื่อหาค่า NDVI แล้วนำไปเปรียบเทียบหาความสัมพันธ์สมการเส้นตรง (linear correlation analysis) โดยตรวจสอบควบคู่ไปกับ (1) แผนที่ดินดิจิทัล (Digital Soil Map) พร้อมสมบัติทางฟิสิกส์และเคมีของดิน (กองสำรวจและจำแนกดิน (2529)) และ (2)แผนที่รูปแบบจำลองเขตศักยภาพเหมาะสมต่อการผลิตยางและปาล์มน้ำมัน (สุทัศน์และคณะ (2542) และ นครและคณะ (2541)) พร้อมผลผลิตของยางพาราและปาล์มน้ำมันที่ปลูกจริง (Existing Yield) ที่กระจายตามชั้นความเหมาะสมของดิน โดยข้อมูลทั้งหมดนำไปเชื่อมโยงภายใต้จุดพิกัดที่ตรงกัน โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (Figure 1)

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

ค่า NDVI ได้จากการคำนวณตามสมการที่ 1 ซึ่งค่า NDVI นี้จะบ่งบอก ระดับพลังงานแสงที่พืชพรรณสะท้อนออกมา ซึ่งพลังงานแสงส่วนที่พืชดูดซับไว้จะถูกใช้ไปในกระบวนการสังเคราะห์แสงนั่นเอง ซึ่งพลังงานแสงที่ถูกดูดซับนี้ จะมีความสัมพันธ์กับกิจกรรมของคลอโรฟิลล์ หรือสามารถกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่า เมื่อดินมีความอุดมสมบูรณ์สูงและเหมาะสมต่อการปลูกพืช พืชพรรณย่อมเจริญเติบโตสมบูรณ์ดี ประสิทธิภาพของคลอโรฟิลล์จึงสูงด้วย กระบวนการสังเคราะห์แสงจึงเกิดขึ้นสูง ทำให้พลังงานแสงที่ถูกใช้ไปโดยพืชอย่างมากด้วย ดังนั้น จึงได้ตั้งสมมติฐานเบื้องต้นว่า “ค่า NDVI ของแต่ละจุดสีภาพ (Pixel) ที่คำนวณได้จากบนพืช สามารถนำมาพยากรณ์ระดับขั้นศักยภาพการให้ผลผลิตของดิน หรือความอุดมสมบูรณ์โดยทางอ้อมได้”

$$NDVI = \frac{NIR - red}{NIR + red} = \frac{Band\ 4 - Band\ 3}{Band\ 4 + Band\ 3} \quad \text{.....สมการที่ 1}$$

(ซึ่งจะได้ค่าอยู่ระหว่าง -1 และ +1)

เพื่อให้เห็นภาพกระบวนการคำนวณค่า NDVI จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ขอยกตัวอย่างดังภาพ (Figure 2) ภาพถ่ายดาวเทียมจะประกอบขึ้นด้วยจุดสีภาพ (Pixel) ทางด้านแถว (Line) สดมภ์ (Column) จำนวนมหาศาลหลายสิบล้านจุดสีภาพ ขึ้นอยู่กับชนิด ประสิทธิภาพของตัวเครื่องบันทึก (Sensor) และความต้องการระดับของความละเอียดของข้อมูล เช่นเดียวกับภาพถ่ายดิจิทัลทั่วไป ที่เราใช้ในการบันทึกภาพ ที่แต่ละจุดสีภาพ บงบอกถึงระดับความเข้มสี ในภาพถ่ายดาวเทียมแต่ละจุดสีภาพ ของแต่ละแถวแต่ละคอลัมน์ บ่งบอกถึงค่าพลังงานคลื่นแสงที่สะท้อนกลับจากวัตถุ ซึ่งจะ

โปรแกม
ตำแหน่ง

$$\begin{aligned} NDVI\ 1^{st}\ Pixel &= \frac{(NIR\ Band\ 1^{st}\ Pixel - R\ Band\ 1^{st}\ Pixel)}{(NIR\ Band\ 1^{st}\ Pixel + R\ Band\ 1^{st}\ Pixel)} \\ &= \frac{11 - 39}{11 + 39} = -0.56 \\ NDVI\ 2^{nd}\ Pixel &= -0.49 \quad \text{.....ตามลำดับ} \\ &(Line\ 1\ Column\ 2) \end{aligned}$$

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการ จะได้ข้อมูลภาพใหม่ที่เรียกว่า NDVI Single Image ซึ่งภาพที่ได้นี้ประกอบขึ้นด้วยค่าจุดสีภาพ ใหม่ที่เป็นค่า NDVI ของแต่ละจุดสีภาพ (Figure 2) เป็นภาพ NDVI Single Image ที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม Landsat 5 TM ช่วงปลายเดือนกุมภาพันธ์ ปี 2546 ซึ่งมีขนาด 1 จุดสีภาพ ประมาณ 30 คูณ 30 เมตร และภาพถ่ายดาวเทียมชนิดนี้หนึ่งภาพ (Scene) ของการบันทึก ครอบคลุมพื้นที่ 185 คูณ 185 กิโลเมตร หรือ เท่ากับ 34,225 ตารางกิโลเมตร

การเชื่อมโยงข้อมูลทั้งหมดภายใต้จุดพิกัดที่ตรงกัน

เริ่มต้นได้พิจารณาภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM (Figure 4 A) เพื่อเลือกพื้นที่ปลูกยาง แล้วทำการสุ่มคัดเลือกพื้นที่ เพื่อออกเก็บข้อมูลผลผลิตจริงยางพารา (Figure 3) จำนวน 75 บริเวณ (แบ่งเป็นพื้นที่ให้ผลผลิตสูง : R1 ที่ให้ผลผลิตมากกว่า 300 กก./ไร่/ปี พื้นที่ให้ผลผลิตปานกลาง : R2 ที่ให้ผลผลิตอยู่ระหว่าง 200-300 กก./ไร่/ปี และ พื้นที่ให้ผลผลิตต่ำ : R3 ที่ให้ผลผลิตต่ำกว่า 200 กก./ไร่/ปี ตามการแบ่งของ สุทัศน์และคณะ (2542) อย่างละ 25 บริเวณ)

แล้วทำการวัดจุดพิกัดด้วยเครื่อง GPS ในภาคสนาม ในขณะเดียวกัน งานในห้องปฏิบัติการ ได้อาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม) ทำการเชื่อมโยงข้อมูลทั้งหมดที่จะใช้ในการศึกษา ได้แก่ 1) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM (Figure 4 A) 2) แผนที่ชุดดินที่อยู่ในรูปดิจิทัล ที่ยังประกอบไปด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่ (Attribute Data) (Figure 4 B) และ 3) ภาพ NDVI Single Image ที่ได้จากการคำนวณตามกระบวนการภาพที่ 2 (Figure 4 C) ข้อมูลทั้ง 3 ถูกเชื่อมโยงภายใต้จุดพิกัดที่ตรงกันจุดสีภาพ ต่อจุดสีภาพ

การอ่านค่า NDVI ทำได้โดยการเลื่อนลูกศร ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังกล่าว ไป 75 บริเวณ (ตาม R1, R2, และ R3 อย่างละ 25 บริเวณ) ตรงตามตำแหน่งที่ทราบข้อมูลผลผลิตจริงและวัดจุดพิกัดก่อนหน้านี้แล้ว ซึ่งโปรแกรมจะให้ข้อมูลระดับจุดสีภาพ ได้แก่ 1) ค่าสะท้อนรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าของภาพถ่ายดาวเทียม (Reflectance Value) 2) ชื่อชุดดิน (Soil Series) ซึ่งสามารถเชื่อมโยงไปถึง คุณสมบัติดินทางฟิสิกส์ ทางเคมี ฯลฯ (ที่จะนำไปสู่การประเมินศักยภาพที่ดินตามแบบ สัททัศน์และคณะ 2542) 3) ค่า NDVI Value ในระดับจุดสีภาพ

ผลการวัดค่า NDVI Value ของพื้นที่ R1, R2, และ R3 ที่สุ่มคัดเลือกไว้อย่างละ 25 บริเวณ พบว่า การกระจายตัวของค่า NDVI ของ 1) R1 อยู่ระหว่าง 0.67-0.736 2) R2 อยู่ระหว่าง 0.574-0.673 3) R3 อยู่ระหว่าง 0.551-0.64 ตามลำดับ ดังรายละเอียดใน Table 1

สำหรับปาล์มน้ำมัน เพื่อออกเก็บข้อมูลผลผลิตจริงทะลายปาล์มสด (Figure 5) จำนวน 75 บริเวณ (แบ่งเป็นพื้นที่ให้ผลผลิตสูง : P1 มากกว่า 3 ตัน/ไร่/ปี พื้นที่ให้ผลผลิตปานกลาง : P2 อยู่ระหว่าง 2.5-3 ตัน/ไร่/ปี และพื้นที่ให้ผลผลิตต่ำ : P3 ให้ผลผลิตต่ำกว่า 2.5 ตัน/ไร่/ปี ตามการแบ่งของ นครและคณะ (2541) อย่างละ 25 บริเวณ) แล้วทำการวัดจุดพิกัดด้วยเครื่อง GPS ในภาคสนาม ในขณะทำงานในห้องปฏิบัติการ ได้อาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ (โปรแกรมวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม) ทำการเชื่อมโยงข้อมูลทั้งหมดที่จะใช้ในการศึกษา ได้แก่ 1) ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM (Figure 6 A) 2) แผนที่ชุดดินที่อยู่ในรูป Digital Soil Map ที่ยังประกอบไปด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่ (Attribute Data) (ภาพที่ 6 B) และ 3) ภาพ NDVI Single Image ที่ได้จากการคำนวณตามกระบวนการภาพที่ 2 (Figure 6 C) ข้อมูลทั้ง 3 ถูกเชื่อมโยงภายใต้จุดพิกัดที่ตรงกัน จุดสีภาพต่อ จุดสีภาพ

การอ่านค่า NDVI ทำได้โดยการเลื่อนลูกศร ในโปรแกรมคอมพิวเตอร์ดังกล่าว ไป 75 บริเวณ (ตาม P1 P2 และ P3 อย่างละ 25 บริเวณ) ตรงตามตำแหน่งที่ทราบข้อมูลผลผลิตจริงและวัดจุดพิกัดก่อนหน้านี้แล้ว ค่า NDVI Value ของพื้นที่ P1 P2 และ P3 ที่สุ่มคัดเลือกไว้อย่างละ 25 บริเวณ พบว่า การกระจายตัวของค่า NDVI ของ 1) P1 อยู่ระหว่าง 0.719-0.777 2) P2 อยู่ระหว่าง 0.638-0.714 และ 3) P3 อยู่ระหว่าง 0.627-0.666 ตามลำดับ ดังรายละเอียดตาม Table 1

ผลการวิจัย

เพื่อพิสูจน์สมมติฐานว่าค่า NDVI สามารถนำมาพยากรณ์ระดับขั้นศักยภาพการให้ผลผลิตของดิน หรือความอุดมสมบูรณ์โดยทางอ้อม ผ่านคุณลักษณะการสะท้อนรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า (Spectral Characteristics) บนทรงพุ่มพืชได้ จึงได้มีการวิเคราะห์เปรียบเทียบค่า NDVI ระดับจุดสีภาพ ที่วัดได้จาก NDVI Single Image ที่สร้างขึ้นกับข้อมูลภาคสนามจริงที่ทราบจุดพิกัด

จากการวิเคราะห์พบว่า ความสัมพันธ์สมการเส้นตรง (Linear correlation analysis) ระหว่าง ศักยภาพการให้ผลผลิตน้ำยาง กับการกระจายตัวของค่า NDVI ของจุดพิกัดที่ตรงกัน มีความสัมพันธ์กันตามสมการเส้นตรง (สมการที่ 2) หรือ (Figure 7) โดยมีค่า $R^2 = 0.986$

$$y = - 0.05x + 0.747 \quad \dots\dots\dots(\text{สมการที่ } 2)$$

ในขณะที่ ความสัมพันธ์สมการเส้นตรง ระหว่าง ศักยภาพการให้ผลผลิตหลายสปีชีส์ของปาล์มน้ำมัน กับ การกระจายตัวของค่า NDVI ภายใต้จุดพิกัดที่ตรงกัน พบว่า มีความสัมพันธ์กันตามสมการเส้นตรง (สมการที่ 2) (Figure 8) โดยมีค่า $R^2 = 0.988$

$$y = -0.055x + 0.804 \quad \dots\dots\dots(\text{สมการที่ 3})$$

จากค่า R^2 0.986 และ 0.988 ตามลำดับ จาก สมการที่ 2 และ 3 แสดงให้เห็นชัดว่าผลผลิตพืชมีความสัมพันธ์กับค่า NDVI ในระดับที่ค่อนข้างสูง ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า **ค่า NDVI วัดจากพืชสามารถบ่งบอกความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ใช้ในการปลูกพืชได้ โดยทางอ้อม**

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากผลการศึกษา การประยุกต์ใช้เทคนิคด้านการวิเคราะห์ข้อมูลระยะไกลด้วยดาวเทียม โดยอาศัยคุณลักษณะพิเศษในการสะท้อนรังสีแม่เหล็กไฟฟ้าของยางพารา และปาล์มน้ำมัน นำไปคำนวณค่า NDVI พบว่า ค่า NDVI มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับ ความอุดมสมบูรณ์ของดินอย่างเห็นได้ชัด ที่ $R^2 = 0.986$ และ $R^2 = 0.988$ ตามลำดับ สอดคล้องกับ Islam et al. (2003) ที่พบว่าค่ารังสีแม่เหล็กไฟฟ้า ทั้งช่วงย่านความถี่ อัลตราไวโอเล็ต (UV: Ultraviolet) ช่วงสายตามองเห็น (VR: Visible Range) และ ช่วงใกล้อินฟราเรด (NIR: Near Infrared) มีศักยภาพในการจำแนกความแตกต่างของวัตถุ อย่างไรก็ตามค่า NDVI ที่กระจายตัวตามชั้นศักยภาพของที่ดินต่อการปลูกยาง 1) R1 อยู่ระหว่าง 0.67-0.736 2) R2 อยู่ระหว่าง 0.574-0.673 3) R3 อยู่ระหว่าง 0.551-0.64 และปาล์มน้ำมัน 4) P1 อยู่ระหว่าง 0.719-0.777 5) P2 อยู่ระหว่าง 0.638-0.714 และ 6) P3 อยู่ระหว่าง 0.627-0.666 ตามลำดับ ที่ได้จากการศึกษานี้ ค่าที่ได้นี้ไม่สามารถนำไปใช้ได้ทั่วไป แต่จะสามารถใช้ได้เฉพาะใน Scene เดียวกันเท่านั้น เนื่องจากค่า NDVI จะสูงหรือต่ำขึ้นขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ชนิดพืชพรรณ ช่วงอายุพืชพรรณ กระบวนการสังเคราะห์แสง ขึ้นกับสายพันธุ์พืช ฤดูกาลและช่วงเวลาขณะบันทึกข้อมูลดาวเทียม เวลาของการบันทึกข้อมูลของวัน ความเข้มแสง ทิศทางของแสง ชนิดข้อมูลดาวเทียม ฯลฯ อย่างไรก็ตาม ในการสำรวจโดยดาวเทียมแต่ละครั้ง แต่ละ Scene สามารถบันทึกได้ครอบคลุมอาณาบริเวณกว้างมาก เช่น ดาวเทียม Landsat 5 TM การสำรวจบันทึกข้อมูลหนึ่งครั้ง หรือ หนึ่ง Scene ครอบคลุมพื้นที่กว้างถึง 34,225 ตารางกิโลเมตร

Table 1 ค่า NDVI วัดที่พิกัดตรงกับต้นยางพารา และปาล์มน้ำมันที่ปลูกจริง ที่สุ่มเก็บตัวอย่างกระจายตามชั้นศักยภาพของดิน

ค่า NDVI ของยางพารา				ค่า NDVI ของปาล์มน้ำมัน			
ตัวอย่างที่	R1*	R2	R3	ตัวอย่างที่	P1**	P2	P3
1	0.714	0.670	0.577	1	0.743	0.646	0.667
2	0.708	0.673	0.626	2	0.735	0.701	0.644
3	0.674	0.657	0.622	3	0.720	0.685	0.631
4	0.670	0.638	0.638	4	0.741	0.680	0.650
5	0.694	0.649	0.624	5	0.744	0.638	0.638
6	0.720	0.660	0.596	6	0.730	0.661	0.627
7	0.682	0.625	0.551	7	0.752	0.695	0.641
8	0.694	0.667	0.579	8	0.740	0.677	0.650
9	0.689	0.642	0.595	9	0.731	0.651	0.632
10	0.703	0.634	0.610	10	0.748	0.660	0.638
11	0.697	0.644	0.578	11	0.765	0.698	0.631
12	0.708	0.604	0.640	12	0.753	0.683	0.650
13	0.702	0.646	0.638	13	0.758	0.709	0.638
14	0.699	0.648	0.624	14	0.738	0.714	0.627
15	0.685	0.647	0.596	15	0.764	0.701	0.641
16	0.705	0.636	0.551	16	0.780	0.673	0.667
17	0.692	0.633	0.595	17	0.761	0.709	0.644
18	0.714	0.612	0.610	18	0.776	0.703	0.631
19	0.684	0.574	0.577	19	0.738	0.689	0.644
20	0.708	0.640	0.626	20	0.748	0.679	0.631
21	0.733	0.629	0.622	21	0.766	0.692	0.650
22	0.723	0.679	0.624	22	0.778	0.714	0.638
23	0.726	0.596	0.596	23	0.774	0.686	0.627
24	0.736	0.670	0.551	24	0.757	0.697	0.641
25	0.670	0.647	0.579	25	0.768	0.705	0.650
เฉลี่ย	0.701	0.641	0.601	เฉลี่ย	0.752	0.686	0.641

* R1 : พื้นที่ศักยภาพให้ผลผลิตน้ำยางสูง

R2 : พื้นที่ศักยภาพให้ผลผลิตน้ำยางปานกลาง

R3 : พื้นที่ให้ผลผลิตน้ำยางต่ำ

** P1 : พื้นที่ศักยภาพให้ผลผลิตทะลายสดปาล์มน้ำมันสูง

P2 : พื้นที่ศักยภาพให้ผลผลิตทะลายสดปาล์มน้ำมันปานกลาง

P3 : พื้นที่ให้ผลผลิตทะลายสดปาล์มน้ำมันต่ำ

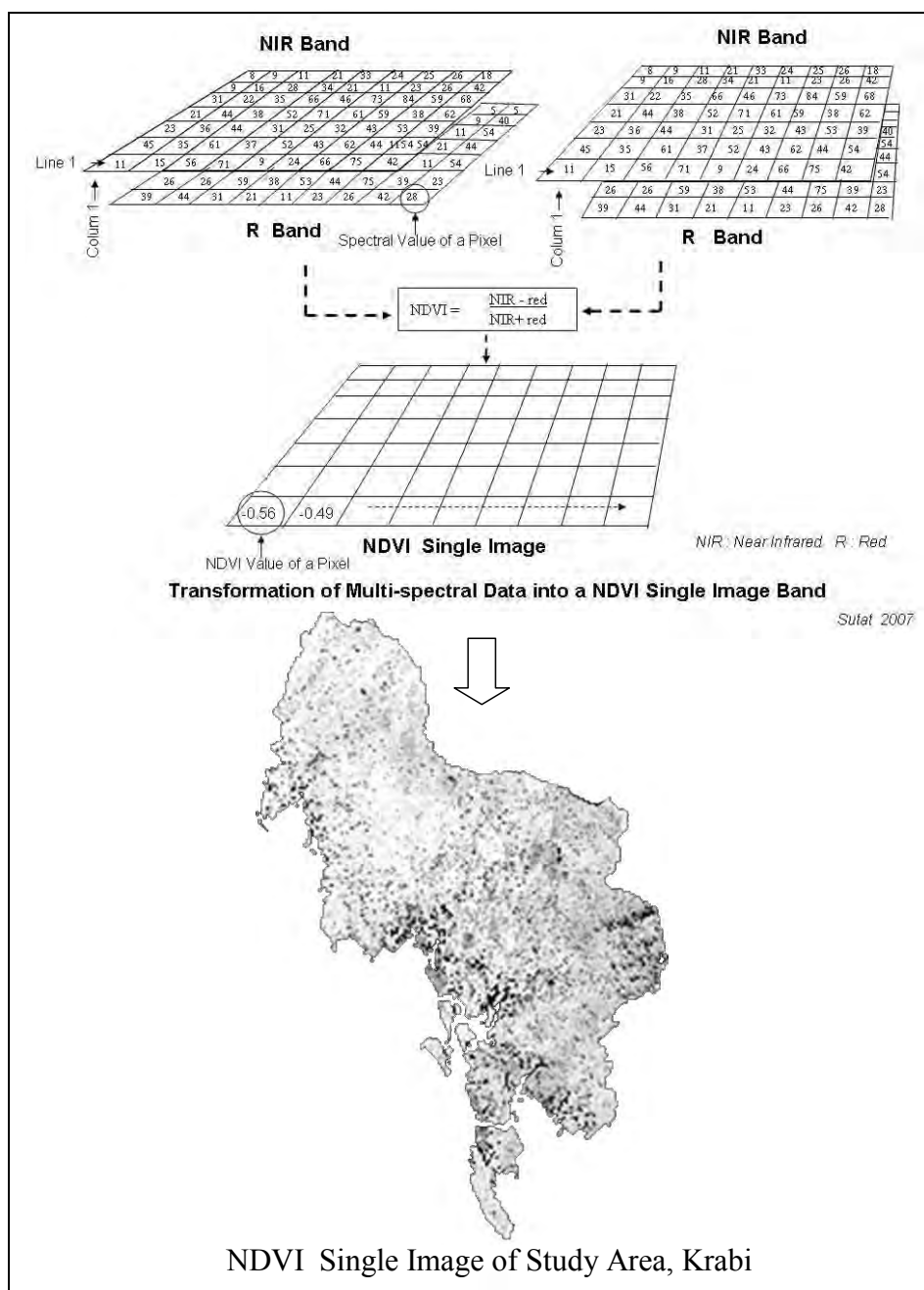
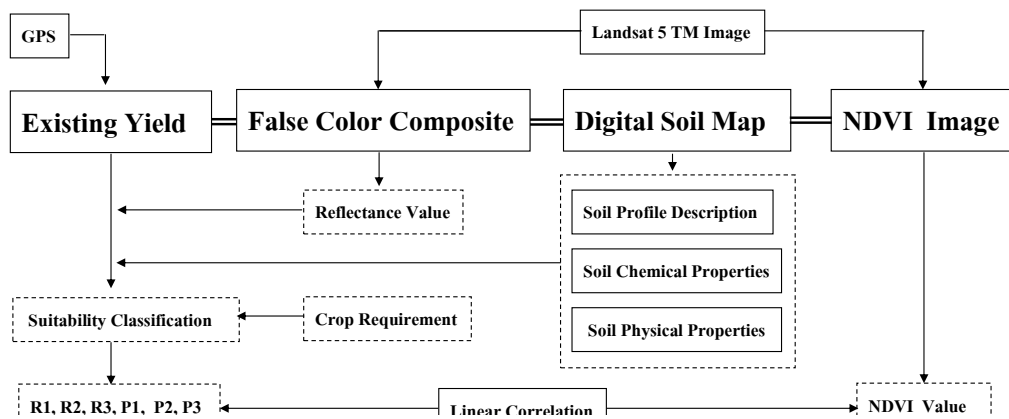


Figure 2 กระบวนการคำนวณเพื่อสร้างภาพ NDVI จากข้อมูลดาวเทียม 2 แบนด์ของ จ.กระบี่

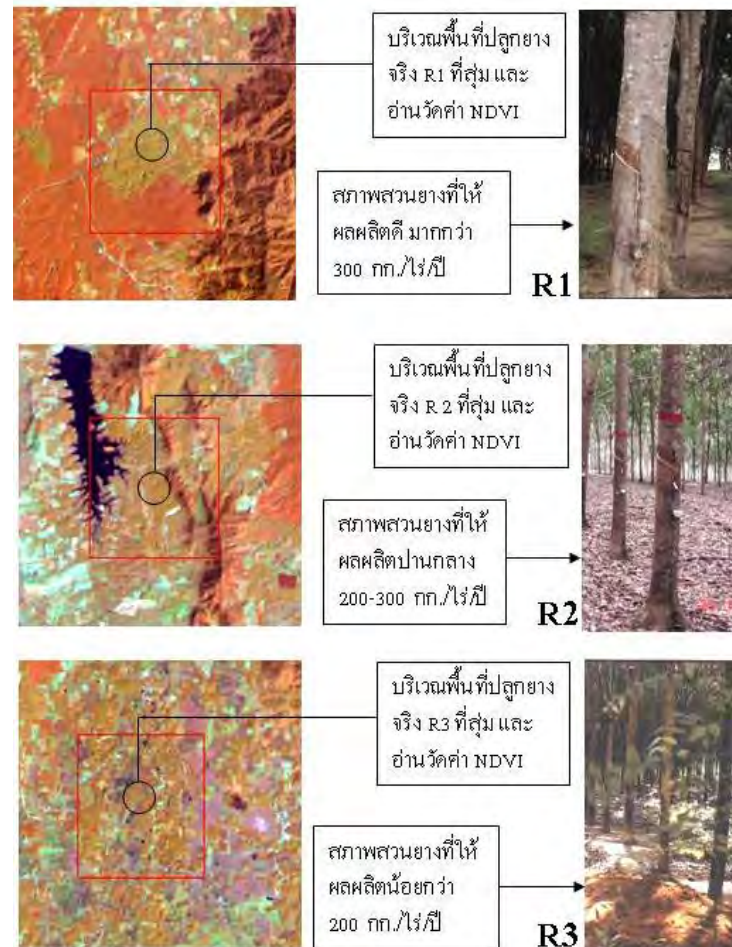


Figure 3 ตัวอย่างพื้นที่ R1, R2 และ R3 ที่สุ่มตัวอย่างเก็บข้อมูลผลผลิตยางพารา และวัดจุดพิกัดด้วย GPS

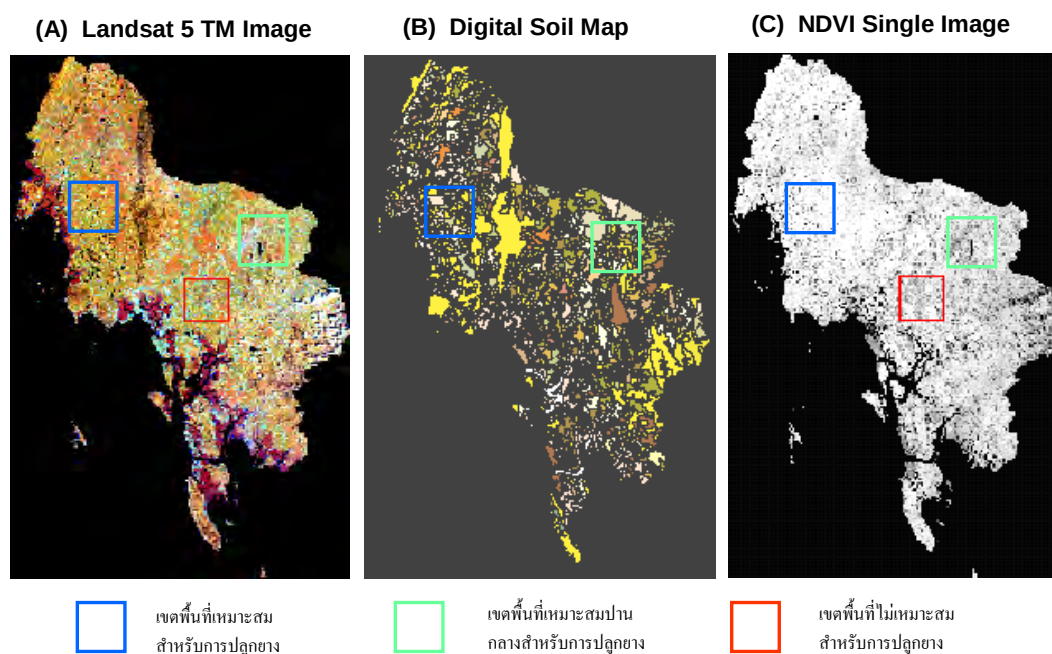


Figure 4 ภาพของการเชื่อมโยงข้อมูลทั้ง 3 เข้าด้วยกัน ภายใต้จุดพิกัดที่ตรงกัน จุดสีภาพต่อจุดสีภาพ โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อการวัดค่า NDVI ของพื้นที่ปลูกยาง

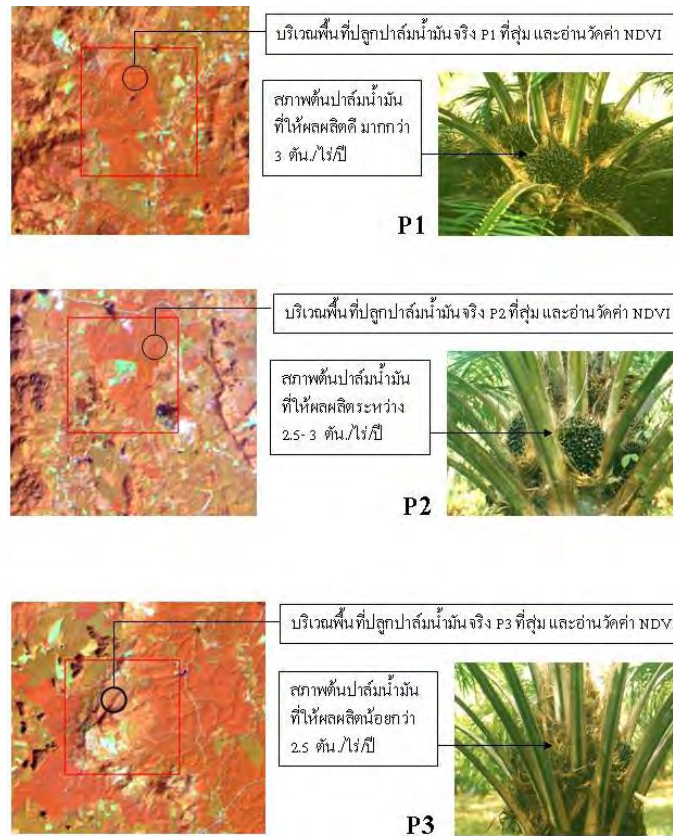


Figure 5 พื้นที่ P1, P2 และ P3 ที่สุ่มตัวอย่างเก็บข้อมูลผลผลิตปาล์มน้ำมัน และวัดจุดพิกัดด้วย GPS

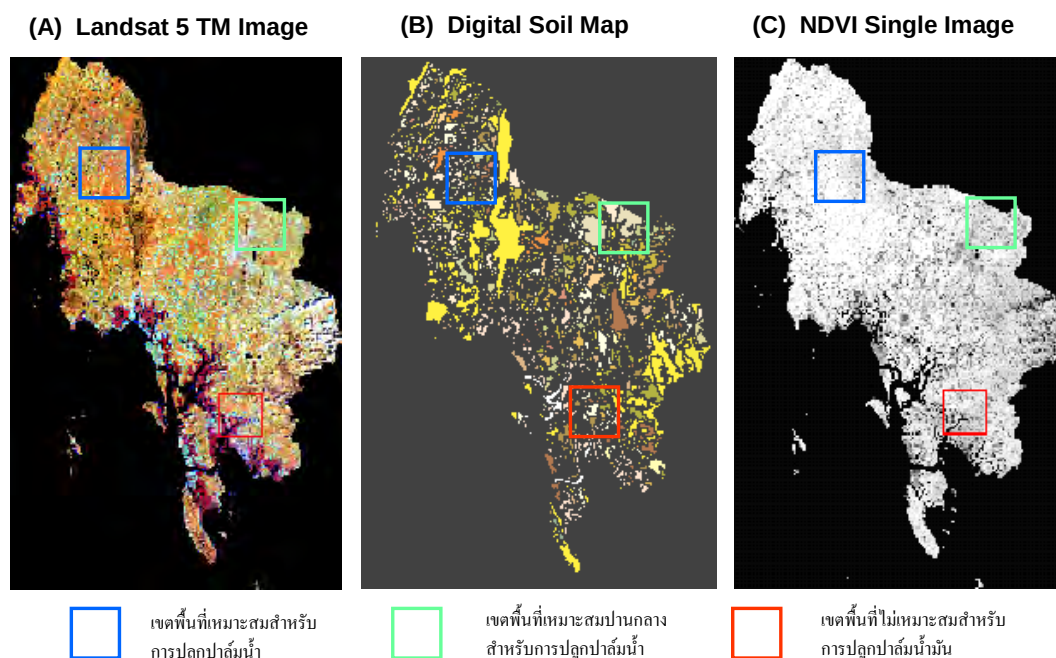


Figure 6 ภาพของการเชื่อมโยงข้อมูล ทั้ง 3 เข้าด้วยกันภายใต้จุดพิกัดที่ตรงกัน จุดสีภาพต่อจุดสีภาพ โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อการวัดค่า NDVI ของพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมัน

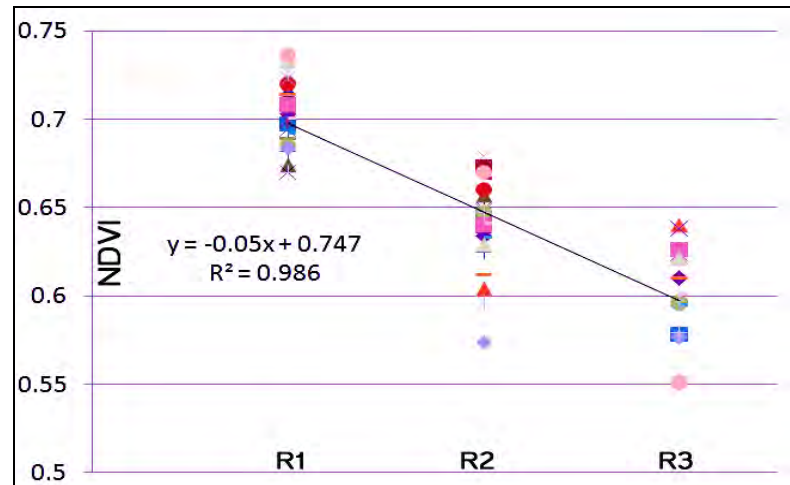


Figure 7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า NDVI กับ ขั้นตอนการให้ผลผลิต

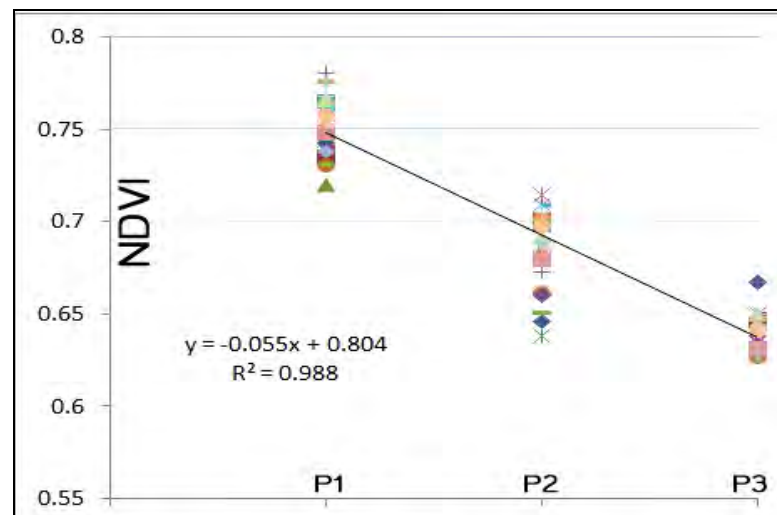


Figure 8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า NDVI กับ ขั้นตอนการให้ผลผลิตปาล์มน้ำมัน

สรุป

ผลจากการศึกษาครั้งนี้ ยืนยันถึงความเป็นไปได้ในยุคเทคโนโลยีการวิเคราะห์ข้อมูลระยะไกล NDVI ที่สามารถนำไปสำรวจความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ที่ปกคลุมไปด้วยพืช ด้วยการสำรวจทางอ้อมผ่านทรงพุ่มพืช ในกรณีที่ต้องมีการสำรวจพื้นที่บริเวณกว้างอย่างรวดเร็ว ประโยชน์ที่ได้จากผลจากการศึกษาครั้งนี้ ยังได้วิธีการที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสาขาอื่นได้อีกด้วย เช่น การสำรวจโรคและแมลงศัตรูพืช ระดับความรุนแรงของการเข้าทำลาย การพยากรณ์ทิศทางการระบาดของโรคและแมลงศัตรูพืช เพื่อการป้องกันเตือนภัยได้ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- กองสำรวจและจำแนกดิน, 2529. รายงานสำรวจดินจังหวัดกระบี่ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ นคร สารคุณ สมยศ สันธูรทัส สุทัศน์ ด้านสกุลผล, 2541. วิเคราะห์พื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันในภาคใต้ของประเทศไทย. เอกสารวิชาการ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 266 น.
- สุทัศน์ ด้านสกุลผล สมยศ สันธูรทัส, 2542. การกำหนดเขตปลูกยางในภาคใต้ของประเทศไทย โดยอาศัยวิธีการ การประเมินศักยภาพที่ดิน ควบคู่กับการสำรวจข้อมูลระยะไกล และจัดระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์. เอกสารวิชาการ สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ. 242 น.
- Buschmann, C., and E.Nagel., 1993. 'In vivo Spectroscopy and Internal Optics of Leaves as a Basis for Remote Sensing of Vegetation.' International Journal of Remote Sensing, 14 : 711-722.
- Daniel, K.W., N.K. Tripathi. and K. Honda., 2003. 'Artificial Neural Network Analysis of Laboratory and in situ Spectra for the Estimation of Macronutrients in Soils of Lop Buri (Thailand).' Australian Journal of Soil Research 2003, 41 : 47-59.
- Islam, K., B.Singh, and A.B. McBratney., 2003. 'Simultaneous estimation of several soil properties by ultra-violet, visible, and near-infrared reflectance spectroscopy.' Australian Journal of Soil Research 2003, 41(6) : 1101-1114.
- Rajapakse, R.M.S.S., N.K.Tripathi. and K. Honda., 2002. 'Spectral characterization and LAI modeling for the tea Camlliasinensis (L.) O.Kuntze canopy.' International Journal of Remote Sensing, 2002, 23(18) : 3569-3577.
- Sutat D. and N.K. Tripathi., 2004. 'Accuracy Assessment of Land Suitability Modeling Using Spectral Characterization.' Map Asia 2004 conference. 26-29 August 2004. Beijing , China. 6 p.

ระดับของธาตุอาหารของอะลูมิเนียมในกลุ่มชุดดินหลักที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บนที่ดอน ในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

Soil nutrients and aluminium level in main soil series groups on upland maize cultivation area, upper northern part of thailand

ปราณโณม สวมชัยภูมิ¹, ภาคภูมิ วงศ์แสนไชย¹, จักรพงษ์ ไชยวงศ์¹, จีราภรณ์ อินทรสาร¹, ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร¹
และสมชาย องค์กรประเสริฐ¹

Pranode Somchaiyaphum¹, Phakphoom Wongsanchai¹, Chackapong Chaiwong¹, Jiraporn Inthasarn¹,
Patiphan Sudthikulabud¹ and Somchai Ongprasert¹

บทคัดย่อ

ศึกษาระดับของธาตุอาหารและอะลูมิเนียมในดินปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ดอนในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยการตรวจสอบพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์บริเวณที่ดอนตามกลุ่มชุดดินที่สำคัญในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ได้แก่ จังหวัด น่าน พะเยา แพร่ ลำพูน ลำปาง แม่ฮ่องสอน เชียงราย และเชียงใหม่ ทำการเก็บตัวอย่างดิน จังหวัดละ 5 จุด และนำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีเพื่อประเมินระดับของธาตุอาหารพืชดังต่อไปนี้ ปฏิกิริยาดิน อินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณของฟอสฟอรัสที่สกัดได้ โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียมที่สกัดได้ และดัชนีร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมิเนียมในดินโดยวิธีการคำนวณ จากการศึกษาพื้นที่ตัวแทนที่ปลูกข้าวโพดพบมากในกลุ่มชุดดินที่ 29, 35, 38, 47, 48, 55 และ 56 โดยส่วนใหญ่พบว่าค่าพีเอชอยู่ในช่วงกรดจัดถึงจัดมาก ปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำมาก ฟอสฟอรัสที่สกัดได้ปานกลางถึงต่ำ โพแทสเซียมที่สกัดได้และแคลเซียมที่สกัดได้อยู่ระดับต่ำมาก และปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้อยู่ระดับปานกลางถึงต่ำ และดัชนีร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมิเนียมในดินอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อพืช สำหรับการจัดการดินควรใช้ ปูน ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และยิปซัมในการปรับปรุงดินแต่ละกลุ่มชุดดิน เพื่อรักษาสภาพแวดล้อมและการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน

คำสำคัญ: ธาตุอาหารในดิน, อะลูมิเนียม, ดินที่ดอน

Abstract

The study of soil nutrients and aluminum level under upland maize cultivation cover 8 provinces including Mae Hong Son, Chiang Rai, Chiang Mai, Lumphun, Lumpang, Phare, Nan, and Phayao, on the Upper North of Thailand. Level of soil nutritients and aluminum were evaluated in upland soil group which maize cultivated. Soil samples were collected for 5 point distribute on soil group per each province and soil chemical properties, i.e. soil reaction, available P, extractable K, Ca, Mg, Al and aluminum saturation index (ASI) were analyzed and calculated for evaluated level in this area. The study was found that, the corn cultivated area was distributed on soil group 29, 35, 38, 47, 48, 55 and 56. Soil reaction was very strong acid, soil organic matter was very low, extract. P was low to moderate, extract. K and extract. Ca were very low, extract. Mg was moderate to low and ASI was critical dangerous level for maize. For soil management, lime, chemical fertilizers, organic fertilizer and gypsum were recommended to improve all soil group for sustainable agriculture and best environmental impact in this area.

Keywords: Soil Nutrients, Aluminum, Upland Soil

¹ สาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

Soil Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

บทนำ

ข้าวโพดเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย มีประมาณ 2,377,340 ไร่ กระจายตัวอยู่ใน 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบนได้แก่จังหวัดน่าน มีพื้นที่ปลูกข้าวโพด 803,050 ไร่ จังหวัดพะเยา 322,694 ไร่ จังหวัดแพร่ 319,839 ไร่ จังหวัดลำพูน 99,287 ไร่ จังหวัดลำปาง 148,186 ไร่ จังหวัดแม่ฮ่องสอน 63,526 ไร่ จังหวัดเชียงราย 463,230 ไร่ และจังหวัดเชียงใหม่ 172,574 ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) ผลผลิตข้าวโพดในประเทศไทยส่วนใหญ่จะถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารเลี้ยงสัตว์ (กิตติ, 2554) ในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยเกษตรกรส่วนใหญ่ได้ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาอย่างต่อเนื่อง จึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ระบบธาตุอาหารในดินเปลี่ยนไป (Gudeta Sileshi *et al.*, 2009) และยังมีความเสี่ยงต่อการกร่อนของดินซึ่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ที่มีความลาดชัน (Shan Huang *et al.*, 2010) อีกทั้งอาจพบความเสี่ยงที่จะทำให้อะลูมิเนียมที่อยู่ในดินละลายออกมา ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช จากสภาพของดินที่เป็นกรด (दनัย, 2546) ซึ่งส่งผลต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน (พิสิษฐ์, 2557) ในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย ดินที่ค่อนข้างใหญ่อยู่ในอันดับ Ultisol ซึ่งมีการสลายตัวผุพังสูง ความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำและมีสภาพเป็นกรด (เอิบ, 2533) ในการเกษตรกรรมเพื่อผลิตพืชจึงควรข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญทางด้านดินและแนวทางในการจัดการที่เหมาะสม ซึ่งในการศึกษานี้ มุ่งเน้นที่จะศึกษาถึงระดับธาตุอาหารพืช และปริมาณของอะลูมิเนียม ซึ่งมีอิทธิพลต่อการผลิตข้าวโพดซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจหลักบนที่ดอนของภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย

อุปกรณ์และวิธีการ

ขอบเขตการศึกษา

เลือกพื้นที่สำรวจและเก็บตัวอย่างดินในรายกลุ่มชุดดินที่เป็นกรดที่มีพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ค่อนข้างพบมากที่สุด ในภาคเหนือในพื้นที่ 8 จังหวัด ได้แก่ จังหวัด แม่ฮ่องสอน เชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แพร่ น่าน และ พะเยา ได้แก่กลุ่มชุดดินที่ 29, 35, 38, 47, 48, 55 และ 56 เพื่อนำมาวิเคราะห์และประเมินความระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ปลูกข้าวโพด (Figure 1)

การเก็บตัวอย่างดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินแบบรบกวนดิน (Disturbed soil samples) โดยส่วนเก็บตัวอย่าง (Soil Auger) จังหวัดละ 5 จุด จุดละ 3 ซ้ำ ที่เป็นตัวแทนของดินตามรายกลุ่มชุดดินที่เป็นกรดและปลูกข้าวโพดมากที่สุด ที่ระดับความลึก 0-15, 15-30, 30-45 และ 45-60 เซนติเมตร โดยนำข้อมูลจากการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและรายงานผลที่ 2 ระดับความลึกคือ 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดิน

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินเพื่อประเมินระดับธาตุอาหารในดิน ได้แก่ ค่าปฏิกิริยาของดิน (pH) อัตราส่วนน้ำต่อดิน 1:1 , ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Soil organic matter) โดยวิธี Walkley and Black, ปริมาณฟอสฟอรัส (Extractable Phosphorous) โดยวิธี Bray II, ปริมาณโพแทสเซียม (Extractable Potassium) , ปริมาณแคลเซียม (Extractable Calcium) , ปริมาณแมกนีเซียม (Extractable Magnesium) และปริมาณอะลูมิเนียมที่สกัดได้ (Extractable Aluminum) (National Soil Survey Center, 1996) โดยที่ในการแสดงผลของระดับอะลูมิเนียม จะแสดงในรูปของดัชนีร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมิเนียมในดิน (Aluminum Saturation Index : ASI) คำนวณจากสมการ ต่อไปนี้ (Rengel, 2003)

$$ASI = \frac{Al}{Al + K + Ca + Mg} \times 100$$

เมื่อ

- ASI คือ Aluminum Saturation Index (%)

- K, Ca, Mg และ Al มีหน่วยเป็น meq/100 g
- ในการประเมินระดับของธาตุอาหารพืชในดินโดยใช้เกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ (กองสำรวจและจำแนกที่ดิน. 2543)



Figure 1 แผนที่แสดงพื้นที่ทำการศึกษาและจุดเก็บตัวอย่าง

ผลและวิจารณ์

พื้นที่ปลูกข้าวโพดในภาคเหนือของประเทศไทย ในพื้นที่จังหวัด แม่ฮ่องสอน เชียงราย เชียงใหม่ ลำพูน ลำปาง แพร่ น่าน และ พะเยา ซึ่งมีพื้นที่ศึกษาอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 29, 35, 38, 47, 48, 55 และ 56 มีผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน แสดงในตารางที่ 2 เห็นได้ว่าระดับธาตุอาหารพืชในดินที่ปลูกข้าวโพดทั้ง 8 จังหวัด โดยกลุ่มชุดดินต่างๆกระจายตัวอยู่แต่ละ จังหวัดดังต่อไปนี้ จังหวัดแม่ฮ่องสอนอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 29 และ 48 จังหวัดเชียงรายอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 29, 47, 35 และ 48 จังหวัดเชียงใหม่อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 29, 35 และ 56 จังหวัดลำพูนอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 35, 47, 48, และ 55 จังหวัดลำปาง 35 และ 47 จังหวัดน่านอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 29 และ 47 จังหวัดแพร่อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 47 และ 48 และ จังหวัดพะเยาอยู่ในกลุ่ม ชุดดินที่ 48 และ 55 ในดินทุกระดับชั้นดินมีค่าความเป็นกรดจัดถึงจัดมาก (pH 3.96 - 5.36) อินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับ ต่ำมาก (0.77 - 2.22%) ฟอสฟอรัสในดินอยู่ระดับปานกลางถึงต่ำ (0.44 -10.71 mg/ Kg⁻¹) โพแทสเซียมในดินอยู่ในระดับ ต่ำถึงต่ำมาก (0.13 - 0.32 cmol/kg) แคลเซียมในดินอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำมาก (1.22 - 5.03 cmol/kg) แมกนีเซียมที่ เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับปานกลางถึงต่ำ (0.35 - 1.63 cmol/kg) อะลูมิเนียมที่สกัดได้ (89 - 1023 cmol/ kg) และ ดัชนีร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมิเนียมอยู่ในระดับที่เป็นอันตรายต่อพืชจะอยู่ในช่วง 25 % และในพื้นที่ศึกษามีค่าดัชนีร้อยละ ความอิ่มตัวของอะลูมิเนียมอยู่ในระดับ (16.25 - 75.00 %) ซึ่งถือว่าอยู่ในช่วงที่เป็นอันตรายต่อพืชมากที่สุดที่ระดับความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร (Table 2)



Table 1 พื้นที่ปลูกข้าวโพดบนกลุ่มชุดดินทั้ง 8 จังหวัด

จังหวัด	พื้นที่ปลูกข้าวโพดบนกลุ่มชุดดิน (ไร่)								
	29	30	35	38	46	47	48	55	56
แม่ฮ่องสอน	1,381	-	-	876	247	1,257	4,581	1,254	475
เชียงราย	164,950	17,338	13,595	31,046	15,202	38,626	11,349	4,985	722
เชียงใหม่	55,031	2,162	4,866	628	1,573	4,000	5,065	2,805	9,380
ลำพูน	3,184	-	17,105	-	1,673	14,309	43,997	18,076	17,066
ลำปาง	1,833	-	10,001	-	9,555	72,395	19,516	13,118	34,010
น่าน	22,592	-	6,393	-	8,056	78,745	19,958	7,166	1,336
แพร่	2,311	-	512	13,717	782	170,004	15,532	22,149	-
พะเยา	7,368	-	1,984	-	6,416	26,054	42,781	43,082	14,217

ที่มา.(สำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่, 2555)

Table 2 คุณสมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษา

จังหวัด	ความลึก (cm.)	pH	OM (%)	P (mg/kg)	K (----- cmol/ kg -----)	Extractable		Al	ASI (%)
						Ca	Mg		
แม่ฮ่องสอน	0-30	4.79	2.22 (VL)	2.71 (L)	0.31 (L)	3.90 (L)	1.08(M)	89.00	16.25
	30-60	4.62	0.83 (VL)	0.79 (L)	0.30 (M)	4.65 (M)	1.63 (M)	1023.00	53.89
เชียงราย	0-30	4.54	2.13 (VL)	3.33 (L)	0.17 (L)	2.13 (L)	0.41 (L)	184.00	46.81
	30-60	4.56	1.51 (VL)	1.17 (VL)	0.14 (VL)	1.56 (VL)	0.35 (L)	135.00	40.34
เชียงใหม่	0-30	4.98	2.08 (VL)	10.71 (M)	0.18 (L)	1.30 (VL)	0.43 (L)	300.40	65.19
	30-60	5.36	0.96 (VL)	6.59 (L)	0.13 (VL)	1.22 (VL)	0.51 (L)	235.40	62.23
ลำพูน	0-30	4.77	1.02 (VL)	2.82 (L)	0.21 (L)	3.56 (L)	1.07 (M)	224.00	43.50
	30-60	4.78	0.46 (VL)	0.47 (VL)	0.18 (VL)	3.21 (L)	1.55 (M)	221.00	41.54
ลำปาง	0-30	4.54	2.00 (VL)	2.40 (L)	0.32 (L)	4.90 (L)	1.36 (M)	157.00	30.47
	30-60	3.96	0.89 (VL)	0.44 (VL)	0.21 (VL)	5.03 (M)	0.51 (M)	165.00	37.31
แพร่	0-30	4.93	1.54 (VL)	7.68 (L)	0.16 (VL)	2.48 (L)	0.54 (L)	580.20	67.23
	30-60	4.71	0.82 (VL)	5.36 (L)	0.14 (VL)	2.57 (L)	0.56 (L)	692.00	70.24
น่าน	0-30	4.60	1.65 (VL)	10.22 (M)	0.15 (VL)	2.00 (L)	0.88 (L)	360.20	45.00
	30-60	4.41	0.99 (VL)	5.85 (L)	0.13 (VL)	1.86 (VL)	0.83 (L)	730.00	75.00
พะเยา	0-30	5.20	1.50 (VL)	7.76 (L)	0.19 (VL)	2.78 (L)	1.37 (M)	512.12	58.71
	30-60	5.34	0.77 (VL)	7.21 (L)	0.20 (L)	2.41 (L)	1.15 (L)	775.28	68.27

*ค่าในวงเล็บคือระดับของอินทรีย์วัตถุ พีเอช และปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมที่สกัดได้

VL=ต่ำมาก L=ต่ำ M=ปานกลาง H=สูง VH=สูงมาก

พื้นที่ปลูกข้าวโพดทั้ง 8 จังหวัดภาคเหนือตอนบน จัดอยู่ในกลุ่มชุดดินที่เป็นกรดและมีอินทรีย์วัตถุในดินต่ำ มีการปลูกพืชเชิงเดี่ยวเป็นเวลานานเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ส่งผลให้ปริมาณฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ (ปัทมา และคณะ, 2556) รวมถึงการใช้ปลูกพืชเชิงเดี่ยวติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ในส่วนของความเข้มข้นของอะลูมิเนียมในรูปของ ดัชนีร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมิเนียมในดิน (ASI) มีค่าต่ำกว่า 25 (Rengel, 2003) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินล่าง โดยมีความสัมพันธ์กับพีเอชของดินซึ่งส่วนใหญ่ ถ้าค่า pH ต่ำ อะลูมิเนียมจะสามารถละลายออกมาได้มาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของนักวิชาการหลายท่าน มีผลให้อะลูมิเนียมที่อยู่ในดินละลายออกมาเป็นพืชต่อพืชบางชนิด มีผลต่อการเจริญเติบโตของรากซึ่งกระทบต่อผลผลิตโดยรวมของพืชได้ (ณัฐพล, 2553 ; Eimil-Fraga et al., 2016; และ Elisa et al., 2016) จากข้อมูลการศึกษาข้างต้นจึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพด บนพื้นที่ตอนในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย



สรุป

การศึกษาระดับธาตุอาหารในดินปลูกข้าวโพดที่ดอนในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย โดยตัวแทนกลุ่มชุดดินกรดที่ปลูกข้าวโพดในจังหวัดน่าน พะเยาแพร่ ลำพูน ลำปาง แม่ฮ่องสอน เชียงราย และเชียงใหม่ พบว่ามีทั้งหมด 7 กลุ่มชุดดินคือกลุ่มชุดดินที่ 29, 35, 46, 47, 48, 55 และ 56 ซึ่งพบว่าพีเอชของดินอยู่ในช่วงกรดจัดถึงจัดมากทำให้พบอะลูมิเนียมที่เป็นพิษในดินล่าง ทำให้อะลูมิเนียมละลายออกมาสู่สารละลายดิน ทำให้เกิดอันตรายต่อรากข้าวโพดทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับสารอาหารลดลงส่งผลให้ผลผลิตลดลง ควรมีการจัดการที่ดินตามค่าผลการวิเคราะห์ดินโดยการใส่ปูนเพื่อยกระดบีพีเอชดิน หรือยับยั้งเพื่อลดความเป็นพิษของอะลูมิเนียม และปรับปรุงดินโดยใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์เพื่อปรับระดับปริมาณธาตุอาหารในดินให้เหมาะสมแก่การเพาะปลูกจะส่งผลให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและสามารถใช้ประโยชน์ที่ดินได้อย่างยั่งยืน

เอกสารอ้างอิง

- กิตติ สัจจาวัฒนา. 2554. โครงการพัฒนาและขยายผลระบบการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดพันธุ์ผสมเปิดเพื่อการพึ่งพาตนเองอย่างยั่งยืนของเครือข่ายเกษตรกรภาคเหนือตอนบน. เครือข่ายวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่ภาคเหนือตอนบน สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.). ศูนย์วิจัยเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- กองสำรวจและจำแนกที่ดิน. 2543. คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของดินสำหรับพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย. กรมสำรวจและจำแนกที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ณัฐพล ศรีอำไพ. 2553. ระดับอะลูมิเนียมและสมบัติดินที่สูงในพื้นที่ขุนวางและอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- ดนัย วรรณวนิช. 2546. เรื่องเติมการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41: สาขาพืช สาขาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปัทมา วิทยากร, อรรถพร พุทธิโส, สมชาย บุตรนันท์, ภาณุเดช กมลมานิตย์, เบญจพร กุลนิตย์ และรติกร แสงห้าว. 2556. การปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินทรายโดยใช้สารอินทรีย์: การศึกษาเชิงกระบวนการ. วารสารแก่นเกษตร 41 ฉบับพิเศษ 2 : 1-12 . ขอนแก่น.
- พิสิษฐ์ สันธิษ. 2557. แนวทางการวางระบบพัฒนาที่ดินที่มีปัญหาทางการเกษตรของภาคตะวันออกของประเทศไทย. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 2. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. รายงานข้าวโพดเลี้ยงสัตว์รวมรุ่นพยากรณ์ไตรมาสที่ 2 เดือน มิถุนายน 2557. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา www.oae.go.th (23 มิถุนายน 2557).
- สำนักเทคโนโลยีการสำรวจและทำแผนที่. 2555. ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินกรมพัฒนาที่ดิน(CD-ROM). กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
- เอิบ เขียวรัตน์. 2542. คู่มือปฏิบัติการสำรวจดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เอิบ เขียวรัตน์. 2533. ดินของประเทศไทย. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Eimil-Fraga, C., M.J. Fernández-Sanjurjo, R. Rodríguez-Soalleiro and E. Álvarez-Rodríguez. 2016. Aluminium toxicity risk for Pinus pinaster in acid soils (Galicia, NW Spain). Land Degrad. Dev. (27), 1731–1739,
- Elisa, A.A., S. Ninomiya, J. Shamshuddin and I. Roslan. 2016. Alleviating aluminum toxicity in an acid sulfate soil from Peninsular Malaysia by calcium silicate application, Solid Earth. (7). 367– 374, doi:10.5194/se-7-367-2016
- Sileshi, G., F.K. Akinnifesi, L.K. Debusho, T. Beedy, O.C. Ajayi and S. Mong’omba. 2009. Variation in maize yield gaps with plant nutrient inputs, soil type and climate across sub-Saharan Africa. World Agroforestry Centre (ICRAF), ICRAF Southern Africa Programme, Chitedze Agricultural Research Station, P.O. Box 30798 .



- National Soil Survey Center. 1996. SoilSurvey Laboratory Method Manual. Soil Survey Investigation. Report No. 42, Version 3.0 National Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture. USA.
- Rengel, Z. 2003. Handbook of soil Acidity. Marce Dekker, New York.
- Huang, Z, W. Zhanga, X. Yu and Q. Huang. 2010. Effects of long-term fertilization on corn productivity and its sustainability in an Ultisol of southern China. Corresponding author at: Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China.



การตอบสนองของถั่วลิสงต่อ FGD ยิปซัมในดินที่ขาดแคลน S และ B

Respond of peanut on FGD gypsum in deficiency S and B soils

จิราภรณ์ อินทสาร¹, ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร^{1*}, สมชาย องค์กรประเสริฐ¹, จักรพงษ์ ไชยวงศ์¹
และวันวิสาข์ จันทิกา¹

Jiraporn Intasan¹, Pathipan Sutigoolabud^{1*}, Somchai Ongprasert¹, Chakapong chaiwong¹
and Wanwisa Jantika¹

บทคัดย่อ

FGD ยิปซัม (Fuel Gas Desulfurization Gypsum) ซึ่งเป็นผลพลอยได้ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะมี Ca และ S อยู่ประมาณ 23 และ 18 % และมีราคาเพียงตันละ 20 บาท จึงเหมาะที่จะใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินเพื่อแก้ปัญหาดินขาดแคลนธาตุทั้ง 2 นี้ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองผลผลิตของถั่วลิสงต่อการใช้ FGD ยิปซัม และผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทดลองในไร่นาของเกษตรกร 4 รายในพื้นที่จังหวัดลำปาง ที่ดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกรดจัด (pH 5.3 -5.8) มี Ca เพียงพอ แต่ขาดแคลน S และ B โดยดำเนินการเป็นเวลา 3 ปี ระหว่าง พ.ศ. 2556 - 2558 ในแปลงในที่ดินดอนอาศัยน้ำฝนในฤดูฝน 2 แปลง และแปลงในที่ดินอาศัยน้ำชลประทานในฤดูแล้ง 2 แปลง โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD 5 ดำรับ 4 ซ้ำ (ดำรับที่ 1 ไม่ใส่ FGD ยิปซัมและโดโลไมต์, ดำรับที่ 2 ใส่ FGD ยิปซัม 50 กก./ไร่, ดำรับที่ 3 ใส่ FGD ยิปซัม 100 กก./ไร่, ดำรับที่ 4 ใส่โดโลไมต์ 100 กก./ไร่, ดำรับที่ 5 ใส่ยิปซัมผสมกับโดโลไมต์ 50+50 กก./ไร่) โดยใส่ FGD ยิปซัมและโดโลไมต์ตามดำรับทดลองเมื่อถั่วลิสงเริ่มออกดอก ส่วนการใส่ปุ๋ยและการจัดการแปลงปลูกอย่างอื่นทุกดำรับทดลองทำเหมือนกัน ผลการทดลองพบว่า FGD ยิปซัมมีผลให้ S ในแปลงทดลองในที่ดินเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปีแรกของการทดลอง แต่แปลงทดลองในที่ดินเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปีที่ 2 สำหรับ B พบว่าการใส่ FGD ยิปซัมอัตรา 100 กก./ไร่ มีผลให้ B เพิ่มขึ้นเฉพาะในดินร่วนทรายของพื้นที่ดอนตั้งแต่ปีแรกของการทดลอง และในดินร่วนปนทรายแบ่งของดินที่นาในปีที่ 2 ผลการวิเคราะห์ S และ B ในเมล็ดถั่วลิสง แสดงให้เห็นว่าถั่วที่ปลูกในที่ดินมี S และ B ในเมล็ดถั่วลิสงเพิ่มขึ้น ในฤดูปลูกที่มีน้ำเพียงพอ ส่วนผลผลิตถั่วลิสงในที่ดินทั้ง 2 เนื้อดิน ใน 2 ปีแรกของการทดลองที่มีฝนเพียงพอ การได้รับ FGD ยิปซัมและโดโลไมต์ ได้ผลผลิตมากกว่าแปลงควบคุม ซึ่งการใส่ FGD ยิปซัมอัตรา 100 กก./ไร่/ปี ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากแปลงควบคุมมากที่สุด แต่ก็ไม่ต่างกันทางสถิติกับดำรับอื่นๆ ส่วนผลผลิตปีที่ 3 ซึ่งเป็นปีฝนแล้งจัด ถั่วลิสงไม่ตอบสนองต่อการได้รับ FGD ยิปซัมและโดโลไมต์ ส่วนผลผลิตถั่วลิสงฤดูแล้งในที่ดินในปี 2556/57 ซึ่งได้รับน้ำชลประทานเพียงพอ แสดงให้เห็นว่าการใส่ FGD ยิปซัมทั้งแบบใส่เดี่ยว และใส่ผสมกับโดโลไมต์ช่วยเพิ่มผลผลิตถั่วลิสงได้ดีกว่าการใส่โดโลไมต์อย่างเดียว ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นนี้เนื่องจากน้ำหนัก 100 เมล็ดที่เพิ่มขึ้น อันเป็นผลจากการได้รับ S และ B จาก FGD ยิปซัม ผลผลิตของฤดูปลูกปี 2557/58 ต่ำกว่าปีก่อนหน้า เนื่องจากขาดแคลนน้ำชลประทาน

คำสำคัญ: ถั่วลิสง, FGD ยิปซัม, โดโลไมต์

Abstract

FGD gypsum, by product of Mae Moh Power Plant, contains 23 and 18 % of Ca and S, respectively. The FGD gypsum costs \$20 per ton, therefore, it is probably the cheapest soil amendment for solving Ca and S deficiency. This trial was aimed at studying the respond to yields of peanut to FGD gypsum and effects to soils fertility. Four farmer's fields with the problems of acidity (pH 5.3 - 5.8), deficiency S and B, in Lampang were selected Plots experiment were in upland (2 plots) and paddy fields (2 plots). Experimental design in RCBD 5 treatment 4 replication; control FGD gypsum 50 kg rai⁻¹,

¹ สาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

Soil Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

*corresponding author: p12033@gmail.com



FGD gypsum 100 kg rai^{-1} , dolomite 100 kg rai^{-1} , FGD gypsum and dolomite 50+50 kg rai^{-1} . The application of FGD gypsum at flowering stage of peanut in comparison with the application of dolomite. Yield of the crop were monitored for three years during 2013-2015. Results revealed that FGD Gypsum was increasing S in paddy field plot since the first year of experiment but upland plot was increased in the second year. For B, FGD Gypsum application in 100 kg rai^{-1} was increasing only sandy loam soil (upland plot) in the first year and silty loam (paddy plot) was increasing in the second year. The result of S and B in seed showed that peanut were increased in upland plot, Yield of peanut were increased by applied FGD and dolomite. The application of gypsum, both sole and mixed application with dolomite, increased yield of peanut more than sole dolomite application. Analysis of nutrients in seeds shown that S and B in the crop grown in both soils and receiving gypsum was higher than the control and dolomite treatments

Keywords: Peanut, FGD gypsum, dolomite

คำนำ

ในกระบวนการกำจัดก๊าซ SO_2 ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะมี FGD ยิปซัม (Fuel Gas Desulfurization Gypsum) เป็นผลพลอยได้ประมาณ 2 ล้านตัน/ปี FGD ยิปซัมเป็นยิปซัมเกือบบริสุทธิ์มี Ca และ S อยู่ ประมาณ 23 และ 18 % (warren, 2011) นอกจากนี้ยังมี CaCO_3 ค้างอยู่ด้วย $0.23 \pm 0.09\%$ และมี B 12-13 มก./กก. การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) ขาย FGD ยิปซัมความชื้นประมาณ 15 % แบบเทกองที่แม่เมาะในราคาตันละ 20 บาท ดังนั้นต้นทุนการใช้ยิปซัมนี้จึงเกือบเป็นเพียงค่าขนส่งและค่าการจัดการในไร่นาเท่านั้น FGD ยิปซัมจึงน่าจะเหมาะสมที่จะใช้เป็นแหล่งให้ Ca S และ B แก่พืชที่ต้องการธาตุทั้ง 3 นี้สูง เช่น ถั่วลิสง

รัฐทางตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา มีภูมิอากาศแบบกึ่งร้อนชื้น (Humid Sub-tropical Zone) ดินในรัฐแถบนี้จึงเป็นดินกรดมี Basic Cation (Ca, Mg, K) ต่ำ ดินชั้นล่างเป็นกรดจัด ซึ่งมี Al^{3+} มากจนเป็นพิษ แต่มีเนื้อดินแบบทรายและร่วนปนทรายเหมาะกับการปลูกยาสูบและถั่วลิสง ภาคตะวันออกเฉียงใต้จึงเป็นแหล่งปลูกถั่วลิสงใหญ่ที่สุด Sumner and Larrimore (2006) สรุปผลการทดลองใส่ยิปซัมให้กับ ถั่วลิสง 51 พื้นที่ในภูมิภาคนี้ พบว่า 36 พื้นที่ตอบสนองทางบวกต่อยิปซัม ส่วนอีก 15 พื้นที่ที่เหลือนตอบสนองทางลบต่อยิปซัม. ในรายงานเดียวกันนี้ พวกเขายังได้ให้ข้อมูลปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ยิปซัมจากการทดลองใน 4 รัฐ ที่เพิ่มขึ้นระหว่าง 11.15 – 86.05% ซึ่งเมื่อเฉลี่ยการตอบสนองด้านปริมาณผลผลิต จะได้ 31.42 % รายได้ที่เกษตรกรขายได้จะมากกว่าปริมาณต้นทุนที่เพิ่มขึ้น เพราะการใส่ยิปซัมให้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น และคุณภาพผลผลิตที่ดีขึ้นด้วย เนื่องจากในดินที่มี Ca S และ B ต่ำ ถั่วลิสงจึงเจริญเติบโตและพัฒนาการการติดฝักไม่เต็มที่ซึ่งทำให้คุณภาพและผลผลิตไม่ค่อยดี

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองของถั่วลิสงทางด้านผลผลิตและคุณภาพต่อการใช้ FGD ยิปซัม และผลกระทบของการใช้ FGD ยิปซัมต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน ในดินที่ขาดแคลน Ca และ S โดยเปรียบเทียบกับการใช้ปูนโดโลไมต์

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้เลือกดำเนินการในไร่นาของเกษตรกร 4 รายในพื้นที่อำเภอเสริมงาม จังหวัดลำปาง แหล่งปลูกถั่วลิสงสำคัญ ที่ปลูกถั่วลิสงต่อเนื่องกันมานานโดยทดลองในที่ดอนแปลง ที่ในฤดูฝน อาศัยน้ำฝน 2 มีเนื้อดินเป็นดินร่วนทรายและร่วนเหนียว และทดลองในที่นาในฤดูแล้ง โดยอาศัยน้ำชลประทานตามหลังการทำนา อีก 2 แปลง ที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายแฉะและร่วนเหนียวปนทรายแฉะ ดินแปลงทดลองทั้ง 4 แปลงเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกรดจัด (pH 5.3-5.8) ได้ทดลองกับถั่วลิสงฤดูฝนต่อเนื่อง 3 ฤดูปลูก และทดลองกับถั่วลิสงฤดูแล้งต่อเนื่อง 2 ฤดูปลูก คือฤดูปลูกปี 2556/57 และ 2557/58. หากแต่ฤดูแล้งปี 2557/58 แปลงทดลองในดินร่วนเหนียวปนทรายแฉะซึ่งเคยทดลองในปี 2556/57 ไม่สามารถปลูกถั่วลิสงได้เนื่องจากน้ำชลประทานไม่ไปถึง จึงต้องย้ายแปลงทดลองไปในพื้นที่ใกล้เคียงน้ำที่มีเนื้อดินเดียวกัน แม้กระนั้นแปลงทดลองใหม่นี้ก็มีน้ำชลประทานไม่เพียงพอ



วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design ประกอบด้วย 5 ดำรับ 4 ซ้ำ ทั้ง 4 การทดลอง รายละเอียดการจัดดำรับการทดลองแสดงใน Table 1 โดยใส่ FGD ยิปซัม และโดโลไมต์ฤดูปลูกครั้งที่เมื่อถั่วลิสงเริ่มออกดอก

การจัดการต่างๆ ได้แก่ เตรียมดิน ปลูก ใส่ปุ๋ย(ใส่ปุ๋ยรองพื้น 15-15-15 20 กก./ไร่, ใส่ปุ๋ย 15-15-15 50 กก./ไร่ เมื่อออกดอก) และการป้องกันกำจัดศัตรูพืช ฯลฯ ดำเนินการโดยเกษตรกร นักวิจัยเพียงแต่กำกับการปลูกให้เป็นแถวตรง ได้ระยะปลูกตามที่กำหนด คือ 30 × 30 ซม. และการใส่ FGD ยิปซัมและโดโลไมต์ตามตำรับทดลอง สุดท้ายนักวิจัยเป็นผู้เก็บข้อมูลการเติบโตและผลผลิต

Table 1 Treatment of peanut experiment in 4 plots

Treatments	Details
Control	No gypsum and dolomite
FGD Low rate	FGD gypsum 50 kg rai^{-1}
FGD High rate	FGD gypsum 100 kg rai^{-1}
Dolomite (D)	Dolomite 100 kg rai^{-1}
FGD Low+Dol	FGD gypsum 50 kg rai^{-1} and dolomite 50 kg rai^{-1}

ผลและวิจารณ์

ผลการวิเคราะห์ดินเมื่อสิ้นสุดการทดลอง

ปริมาณแคลเซียม กำมะถัน และโบรอน ที่มีอยู่เดิม (ในแปลงควบคุม)

ปริมาณ แคลเซียม กำมะถัน และโบรอน ในดินที่ความลึก 0-15 ซม. เมื่อหลังการทดลองถั่วลิสงฤดูฝน 3 ฤดูปลูกในที่ดอน แสดงใน Table 2 และเมื่อทดลองฤดูแล้ง 2 ฤดูปลูกในที่นาแสดงใน Table 3 แคลเซียมจะมีบทบาทมากที่สุดเนื่องจากถั่วลิสงเป็นพืชตระกูลถั่วที่ต้องการธาตุอาหารแคลเซียมเป็นปริมาณสูง บทบาทสำคัญของธาตุแคลเซียมคือการสร้างเมลล์ ถั่วลิสงใช้แคลเซียมในการสร้างเมลล์โดยผ่านทางเปลือกของฝักที่ฝังอยู่ในดิน ดังนั้นในการทดลองพบว่ามีแคลเซียมที่สกัดได้ ในแปลงควบคุมในที่ดอนในแปลงดินร่วนทรายมีอยู่ระหว่าง 442 – 754 มก./กก. และแปลงดินร่วนเหนียวมีอยู่ระหว่าง 565 -708 มก./กก. ขณะที่ในดินที่นาทั้ง 2 เนื้อดินมีข้อมูลเดียวกันระหว่าง 1,021-1272 มก./กก. และ 912-937 มก./กก. แสดงให้เห็นว่าทั้งแปลงทดลองในที่ดอนและที่นาไม่ขาดแคลน แคลเซียม (Kekking and Scholte, 2004) สำหรับถั่วลิสงถ้าแคลเซียมต่ำกว่า 500 มก./กก. อาจแสดงอาการขาดแคลเซียม ถั่วลิสงจะตอบสนองดีในดินที่มี Ca 1,100 -2,000 มก./กก.

กำมะถันที่สกัดได้ของแปลงควบคุมในที่ดอนมีอยู่ระหว่าง 10 - 16 มก./กก. และในที่นา (ยกเว้นแปลงดินร่วนเหนียวปนทรายแบ่งในปีแรก) มีอยู่ระหว่าง 14 -18.5 มก./กก. แสดงให้เห็นว่าดินที่ดอนและที่นาทั้ง 4 แปลงนี้ขาดแคลนกำมะถัน ส่วนดินที่นาแปลงดินร่วนเหนียวปนทรายแบ่งปีแรก มี กำมะถัน อยู่ 43 มก./กก. จึงไม่ขาดแคลน ธาตุอาหารกำมะถันช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของระบบรากของพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชตระกูลถั่ว กำมะถันจำเป็นสำหรับการส่งเสริมให้เกิดปม (nodule) ที่รากและช่วยส่งเสริมให้พืชติดเมลล์ดี อาการขาดธาตุกำมะถันของถั่วลิสงทำให้ใบเหลืองซีดในส่วนยอดของลำต้น และทำให้คุณภาพและความสมบูรณ์ของเมลล์ลดลงมาก (อรพินท์ และสำเนา, 2550)

ในที่ดอนทั้ง 2 แปลงมี โบรอนอยู่ 0.06 – 0.12 มก./กก. และในที่นาทั้ง 3 แปลงมีโบรอนอยู่ระหว่าง 0.14 – 0.25 มก./กก. แสดงให้เห็นว่าดินในแปลงทดลองทั้ง 5 แปลงขาดแคลนโบรอน ในดินปกติโบรอนจะมีปริมาณ 12 มก./กก. ถ้าโบรอนลดลงต่ำกว่า 0.14 มก./กก. พืชก็จะแสดงอาการขาดโบรอนออกมา ธาตุโบรอนบทบาทสำคัญที่ถั่วลิสงมีความต้องการค่อนข้างสูงกว่าธาตุอาหารเสริมตัวอื่น ๆ อาการขาดธาตุโบรอนของถั่วลิสงจะทำให้ลำต้นแคระแกรน ข้อสั้น ใบสีเขียวเข้ม เมลล์มีลักษณะผิดปกติเมื่อผ่าดูภายในจะพบรอยบุ๋ม สีเปลี่ยนไปจากสีขาว ลักษณะภายในที่ถูกทำลายหรือผิดปกตินี้เรียกว่าเกิดอาการเนื้อในกลวง (hollow heart) ถั่วลิสงที่ปลูกในดินที่เป็นทราย และในดินที่มี อินทรีย์วัตถุต่ำกว่า 1.5 % ก็มีโอกาขาด โบรอน (อรพินท์ และสำเนา, 2550)



การเปลี่ยนแปลงของ ปริมาณแคลเซียม, กำมะถัน และ โบรอน

แม้ดินในแปลงทดลองทั้ง 4 แปลงไม่ขาดแคลเซียม แต่การใส่โดโลไมต์อย่างเดียว 50 กก./ไร่ และการใส่ผสมกับ ยิปซัม และการใส่ยิปซัมอัตรา 100 กก./ไร่ ก็ทำให้แคลเซียมที่สกัดได้ในดินที่ดอน (Table 2) และดินในที่นา (Table 3) เพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนตั้งแต่ปีแรกของการทดลอง

สำหรับกำมะถัน พบว่าการใส่ FGD ยิปซัมทั้ง 2 อัตราและการใส่ผสมกับโดโลไมต์ มีผลให้กำมะถันในดินที่นา เพิ่มขึ้นทั้ง 2 เนื้อดินตั้งแต่ปีแรกของการใส่ยิปซัม ส่วนในดินที่ดอนทั้ง 2 เนื้อดินเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปีที่ 2 ของการทดลอง สำหรับการใส่โดโลไมต์ไม่มีผลต่อกำมะถันในดิน

สำหรับโบรอนพบว่าการใส่ FGD ยิปซัมอัตรา 100 กก./ไร่ มีผลให้โบรอน เพิ่มขึ้นเฉพาะในดินร่วนทรายของพื้นที่ ดอนตั้งแต่ปีแรกของการทดลอง และในดินร่วนปนทรายแฉะของดินที่นาในปีที่ 2 ของการทดลอง นอกจากนี้ยังพบว่า การได้รับยิปซัมไม่มีผลต่อ pH ของดิน แต่การได้รับโดโลไมต์ทำให้ pH ของดินเพิ่มขึ้น

Table 2 Chemical analysis of Ca, S and B in soil at 0-15 cm depth after harvesting of upland peanut in 3 year

Treatments	Sandy loam			Clay loam		
	Ca (mg kg ⁻¹)	S (mg kg ⁻¹)	B (mg kg ⁻¹)	Ca (mg kg ⁻¹)	S (mg kg ⁻¹)	B (mg kg ⁻¹)
1 st years (2556)						
Control	1,314c	10.0	0.06bc	565b	21.8	0.12
FGD Low rate	1,647bc	13.8	0.06bc	735ab	26.8	0.13
FGD High rate	2,022b	12.0	0.11a	899a	34.0	0.17
Dolomite	3,358a	10.0	0.04c	1,017a	23.2	0.15
FGD +Dolomite	2,892a	11.3	0.08ab	919a	29.6	0.15
%CV	9.61	25.0	32.29	15.02	23.44	18.23
2 nd years (2557)						
Control	797b	8b	0.16	904c	12b	0.14
FGD Low rate	831ab	12ab	0.17	1,261bc	24a	0.14
FGD High rate	1,074ab	18a	0.21	1,458ab	30a	0.15
Dolomite	1,544a	10b	0.18	1,800a	24a	0.12
FGD +Dolomite	1,217ab	9b	0.17	1,377ab	22ab	0.21
%CV	23.06	30.63	22.97	21.10	33.11	29.15
3 th years (2558)						
Control	754b	13b	0.09c	708b	16b	0.09
FGD Low rate	840b	19ab	0.11bc	898b	36b	0.17
FGD High rate	970ab	26a	0.16a	984ab	64a	0.16
Dolomite	1,354a	10b	0.12bc	1,313a	20b	0.12
FGD +Dolomite	1,032ab	14b	0.13ab	1,000ab	35b	0.14
%CV	25.92	24.31	15.88	24.09	37.96	27.67

**Table 3** Chemical analysis of Ca, S and B in soil at 0-15 cm depth after harvesting of paddy field peanut in 2 year

Treatment	year 2556/57					
	Ca (mg kg ⁻¹)	S (mg kg ⁻¹)	B (mg kg ⁻¹)	Ca (mg kg ⁻¹)	S (mg kg ⁻¹)	B (mg kg ⁻¹)
	Silt loam (1 st year)			Silty clay loam (1 st year)		
Control	1,272c	14d	0.51b	912b	43c	0.15
FGD Low rate	1,465b	41c	0.53b	1,023a	58b	0.16
FGD High rate	1,618a	54a	0.58a	1,055a	115a	0.20
Dolomite (D)	1,404b	11d	0.53b	1,048a	47c	0.16
FGD +Dolomite	1,446b	49b	0.54b	981ab	61b	0.17
%CV	3.82	4.51	4.68	4.06	6.74	28.81
	year 2557/58					
	Silt loam (2 st year)			Silty clay loam (1 st year)		
				(new plot)		
Control	1,021	18b	0.25b	937b	18.5b	0.14b
FGD Low rate	1,070	64a	0.26b	989b	27.0b	0.15b
FGD High rate	1,079	91a	0.34a	989b	123.8a	0.18b
Dolomite (D)	1,161	22b	0.32a	1,273a	24.0b	0.16b
FGD +Dolomite	1,158	72a	0.33a	1,127ab	36.3b	0.23a
%CV	10.86	27.21	9.71	14.15	29.8	19.80

Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD =0.05

ผลวิเคราะห์พืช

ปริมาณ กำมะถัน และ โบรอนในเมล็ดถั่วลิสงฤดูฝน ปลุกในที่ดินทั้ง 3 ฤดูปลูกแสดงใน Table 4 และที่ปลูกในดินนาในฤดูแล้ง ทั้ง 2 ฤดูปลูก แสดงใน Table 5 โดยภาพรวมของผลการวิเคราะห์ กำมะถัน และ โบรอน ในTable 4 แสดงให้เห็นว่าการได้รับ FGD ยิปซัม ทั้ง 3 ตำรับทำให้ทั้ง กำมะถัน และโบรอน ในเมล็ดถั่วลิสงที่ปลูกในที่ดินทั้ง 2 เนื้อดินเพิ่มขึ้น โดยอัตรา 100 กก./ไร่ ทำให้เพิ่มขึ้นชัดเจนกว่าอีก 2 ตำรับ ทั้งนี้ยกเว้นฤดูปลูกที่ 3 ฝนแล้งซึ่งมีผลให้การเติบโตและผลผลิตลดลงมาก (Table 6) สำหรับถั่วลิสงฤดูแล้งที่ปลูกในนาในทั้ง 2 เนื้อดิน กำมะถัน และ โบรอนในเมล็ดตอบสนองต่อการใส่ ยิปซัมเฉพาะฤดูปลูกปี 2556/57 เท่านั้น โดยตอบสนองต่ออัตรา 100 กก./ไร่ ชัดเจนกว่าอัตรา 50 กก./ไร่

Table 4 Sulfur and boron in seed on upland experiment

treatment	1 st year (2556)				2 nd year (2557)				3 th year (2558)			
	Sandy loam		Clay loam		Sandy loam		Clay loam		Sandy loam		Clay loam	
	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B
	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹
Control	0.14b	8.88b	0.16bc	10.50b	0.13c	na	0.14c	na	0.15b	11.28	0.17	10.92
FGD Low	0.18a	10.40ab	0.18ab	12.43ab	0.14b	na	0.16b	na	0.20ab	10.65	0.20	10.50
FGD High	0.18a	11.80a	0.21a	14.45a	0.16a	na	0.18a	na	0.22a	11.71	0.22	11.22
Dolomite	0.14b	10.75a	0.15c	10.05b	0.13c	na	0.16b	na	0.20ab	10.22	0.18	10.13
FGD+Dol	0.16ab	11.93a	0.19a	11.30b	0.14b	na	0.17a	na	0.19ab	10.61	0.21	10.18
%CV	13.76	10.46	11.16	16.04	4.16		3.11		22.96	18.81	24.33	21.58

na = not analysis

Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD =0.05



Table 5 Sulfur and boron in seed on paddy experiment

treatment	years 1 (2556/57)				years 2 (2557/58)			
	Silt loam		Silty clay loam		Silt loam		Silty clay loam	
	S	B	S	B	S	B	S	B
	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹	%	mg kg ⁻¹
Control	0.179c	12.64	0.159b	9.23	0.28	15.5	0.23	16.2
FGD Low	0.197ab	16.63	0.190a	9.92	0.28	16.1	0.30	16.3
FGD High	0.201a	16.11	0.195a	11.16	0.29	16.2	0.30	16.2
Dolomite	0.177c	13.98	0.185a	9.91	0.28	15.6	0.28	16.7
FGD+Dol	0.183bc	14.02	0.188a	10.03	0.29	16.8	0.28	16.3
%CV	3.77	16.23	3.72	9.59	13.58	7.85	13.33	8.81

ผลผลิต

ผลผลิตของถั่วลิสงที่ปลูกในฤดูฝนในที่ดอน แสดงใน Table 6 ผลผลิตของฤดูปลูกปี 2558 ทั้ง 2 แปลงต่ำกว่า 2 ปี ก่อนหน้านั้น เนื่องจากเป็นปีฝนแล้ง. ผลวิเคราะห์ทางสถิติแสดงให้เห็นว่าผลผลิตของถั่วที่ได้รับ FGD ยิปซัมและโดโลไมต์ จากทั้ง 3 ปีของของ 2 แปลงทดลองไม่ต่างจากแปลงควบคุม. แต่ก็มีแนวโน้มให้เห็นว่าในปี 2556 และ 2557 ถั่วจากทั้ง 2 แปลงทดลองที่ได้รับยิปซัมอัตรา 100 กก./ไร่ โดโลไมต์ 100 กก./ไร่ และได้รับผสมโดโลไมต์กับยิปซัม 50+50 กก./ไร่ มีผลผลิตดีกว่าแปลงควบคุม เพราะ แคลเซียมมีบทบาทสำคัญคือการสร้างเมล็ด ถั่วลิสงใช้แคลเซียมในการสร้างเมล็ดโดยผ่านทางเปลือกของฝักที่ฝังอยู่ในดิน โดยซึมผ่านไปกับน้ำ ถ้าในดินขาดแคลเซียมจะทำให้เมล็ดถั่วลิสงไม่สมบูรณ์ หรือเกิดการฝ่อ (อรพินท์ และสำเนา, 2550)

ผลผลิตของถั่วลิสงที่ปลูกในฤดูแล้งในที่นา แสดงใน Table 7 ผลผลิตของฤดูปลูกปี 2557/58 ทั้ง 2 แปลงต่ำกว่าปี ก่อนหน้า โดยแปลงดินร่วนเหนียวปนทรายแบ่งต่ำลงมาก เนื่องจากพื้นที่แปลงนี้ขาดแคลนน้ำชลประทานรุนแรงกว่าอีก แปลงหนึ่ง อันผลต่อเนื่องจากฝนแล้งในช่วงปลายฤดูฝนปี 2557. ผลผลิตในปี 2556/57 ซึ่งได้รับน้ำเพียงพอ แสดงให้เห็นว่า FGD ยิปซัมทั้งแบบใส่เดี่ยวและใส่ผสมกับโดโลไมต์ช่วยเพิ่มผลผลิตถั่วลิสงได้ดีกว่าการใส่โดโลไมต์อย่างเดียวอย่างชัดเจน เนื่องจากกำมะถันช่วยส่งเสริมการเกิดปมที่รากและช่วยส่งเสริมให้พืชติดเมล็ดดี ถ้าหากขาดกำมะถันจะทำให้ความสมบูรณ์ และคุณภาพของเมล็ดลดลง (อรพินท์ และสำเนา, 2550) ผลผลิตสูงสุดของแปลงดินร่วนปนทรายแบ่งได้จากการใส่ยิปซัม อัตรา 50 กก./ไร่ และการใส่ FGD ยิปซัมผสมโดโลไมต์ ส่วนผลผลิตสูงสุดของแปลงดินร่วนเหนียวปนทรายแบ่งได้จากการใส่ ยิปซัมอัตรา 50 และ 100 กก./ไร่. ทั้งนี้จะเนื่องจาก FGD ยิปซัมช่วยให้ถั่วลิสงได้รับ กำมะถัน และ โบรอน สำหรับถั่วลิสง จะมีความต้องการโบรอนมากกว่าธาตุอาหารเสริมตัวอื่น หากขาดโบรอนจะทำให้ต้นแคระแกรน ข้อสั้น เมล็ดมีลักษณะ ผิดปกติเมื่อผ่าดูภายในจะพบรอยบุ๋ม สีเปลี่ยนไปจากสีขาว เกิดอาการเนื่อในกลวง (hollow heart) ทำให้ผลผลิตของถั่วลิสง ลดลง

Table 6 Yields of peanut (kg rai⁻¹) on upland experiment

Treatments	sandy loam			clay loam		
	Tainan 9			Khon kaen 60-2		
	2556	2557	2558	2556	2557	2558
Control	290	267	72	310	299	77
FGD Low rate	296	270	77	353	307	109
FGD high rate	335	308	82	358	337	106
Dolomite	338	310	92	350	334	89
FGD Low + Dol.	330	319	72	351	336	103
%CV	24.57	15.14	27.20	13.44	12.77	23.81

**Table 7** Yields of peanut (kg rai⁻¹) in paddy field.

Treatment	silt loam Khon kaen 60-2		silty clay loam Khon kaen 60-2	
	2556/57	2557/58	2556/57	2557/58 (new plot)
Control	472b	403	447b	192
FGD Low rate	539a	445	555a	223
FGD high rate	514ab	441	532a	209
Dolomite	511ab	441	467b	226
FGD Low + Dol.	548a	422	490ab	178
%CV	9.10	9.38	11.81	21.31

Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD =0.05

น้ำหนัก 100 เมล็ดของถั่วลิสงของการทดลองปีแรกในที่ดอนและที่นา แสดงใน Table 8 พบว่าเฉพาะการทดลองในที่นา ดินร่วนปนทรายแบ่งเท่านั้นที่การได้รับยิปซัมเดี่ยวทั้ง 2 อัตราทำให้น้ำหนักเมล็ดถั่วเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ขณะที่โดโลไมต์ทำให้น้ำหนักเมล็ดถั่วเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ส่วนการทดลองในที่ดอนทั้ง 2 เนื้อดิน และการทดลองในที่นา ดินร่วนเหนียวปนทราย แบ่ง น้ำหนัก 100 เมล็ดของถั่วไม่ตอบสนองต่อยิปซัมและโดโลไมต์ ผลการวัดน้ำหนัก 100 เมล็ดนี้ แสดงให้เห็นว่าผลผลิตถั่วลิสงที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ FGD ยิปซัมนั้นเนื่องจากเมล็ดถั่วใหญ่ขึ้นเพราะยิปซัม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) มีแคลเซียม และกำมะถัน ซึ่งถั่วลิสงต้องการเป็นจำนวนมากและมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของการให้ผลผลิตและคุณภาพของเมล็ด ถ้าขาดแคลเซียมเมล็ดจะลีบและเหี่ยวย่น ส่วนกำมะถันมีความจำเป็นต่อการสร้างโปรตีนในเมล็ดถั่วลิสง ดังนั้นจึงทำให้น้ำหนักเมล็ดถั่วลิสงเพิ่มขึ้น (วลีรัตน์ และคณะ, 2557)

Table 8 Seed weight of peanut (g per 100 seeds).

Treatments	upland 2556		paddy 2556/57	
	Sandy loam	Clay loam	Silt loam	Silty clay loam
Control	51.41	62.19	56.86b	65.71
FGD Low rate	53.31	65.78	63.94a	66.92
FGD High rate	50.96	61.78	62.65a	67.89
Dolomite (D)	53.02	60.39	61.18ab	62.90
FGD Low + Dol.	53.16	60.75	60.21b	66.70
%CV	7.45	2.87	4.56	4.92

Mean in the same column followed by different letters were different significantly by LSD =0.05

สรุป

ดินในแปลงทดลองเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกรดจัด (pH 5.3 -5.8) ที่มี Ca เพียงพอ แต่ขาดแคลน S และ B. แม้ดินในแปลงทดลองจะมี Ca เพียงพอ การได้รับยิปซัมและโดโลไมต์ก็ทำให้ Ca ในดินเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปีแรกของการทดลอง ยิปซัมนำผลให้ S ในแปลงทดลองในที่นาเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปีแรกของการทดลอง แต่แปลงทดลองในที่ดอนเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปีที่ 2 สำหรับ B พบว่าการใส่ FGD ยิปซัมนำผลให้ B เพิ่มขึ้นเฉพาะในดินร่วนปนทรายของพื้นที่ดอนตั้งแต่ปีแรกของการทดลอง และในดินร่วนปนทรายแบ่งของดินที่นาในปีที่ 2 ของการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ S และ B ในเมล็ดถั่วลิสง แสดงให้เห็นว่าถั่วที่ปลูกในที่ดอนทั้ง 2 เนื้อดิน ที่ได้รับ FGD ยิปซัม ทั้ง 3 ตำรับ มี S และ B ในเมล็ดถั่วลิสงเพิ่มขึ้น โดยอัตรา 100 กก./ไร่ ทำให้เพิ่มขึ้นชัดเจนกว่าอีก 2 ตำรับ สำหรับถั่วลิสงฤดูแล้งที่ปลูกในนาในทั้ง 2 เนื้อดิน S และ B ในเมล็ดตอบสนองต่อการใส่ยิปซัมเฉพาะฤดูปลูกปี 2556/57 ที่มีน้ำเพียงพอเท่านั้น โดยตอบสนองต่ออัตรา 100 กก./ไร่ ชัดเจนกว่าอัตรา 50 กก./ไร่



โดยภาพรวมผลผลิตถั่วลิสงในที่ดินทั้ง 2 เนื้อดิน ใน 2 ปีแรกของการทดลองที่มีฝนเพียงพอ การได้รับ FGD ยิปซัม และโดโลไมต์ มีแนวโน้มที่จะมีผลผลิตมากกว่าแปลงควบคุม โดยการใส่ FGD ยิปซัมอัตราสูง (100 กก./ไร่/ปี) ให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากแปลงควบคุมมากที่สุด แต่ก็ไม่ต่างทางสถิติกับตำรับอื่นๆ ส่วนผลผลิตปีที่ 3 ซึ่งเป็นปีฝนแล้งจัด ไม่ตอบสนองต่อการได้รับ FGD ยิปซัมและโดโลไมต์

ผลผลิตของฤดูปลูกปี 2557/58 ทั้ง 2 แปลงต่ำกว่าปีก่อนหน้า โดยแปลงดินร่วนเหนียวปนทรายแบ่งต่ำลงมาก เนื่องจากพื้นที่แปลงนี้ขาดแคลนน้ำชลประทานรุนแรงกว่าอีกแปลงหนึ่ง ผลผลิตในปี 2556/57 ซึ่งได้รับน้ำเพียงพอ แสดงให้เห็นว่า FGD ยิปซัมทั้งแบบใส่เดี่ยวและใส่ผสมกับโดโลไมต์ช่วยเพิ่มผลผลิตถั่วลิสงได้ดีกว่าการใส่โดโลไมต์อย่างเดียว ผลผลิตสูงสุดของแปลงดินร่วนปนทรายแบ่งได้จากการใส่ยิปซัมอัตรา 50 กก./ไร่ และการใส่ผสม ส่วนผลผลิตสูงสุดของแปลงดินร่วนเหนียวปนทรายแบ่งได้จากการใส่ยิปซัมอัตรา 50 และ 100 กก./ไร่ ผลผลิตที่เพิ่มขึ้นนี้เนื่องจากน้ำหนัก 100 เมล็ดเพิ่มขึ้นอันเป็นผลจากการได้รับ S และ B จาก FGD ยิปซัม

คำขอบคุณ

การศึกษาวิจัย การใช้ FGD ยิปซัมในการเกษตร ได้รับการสนับสนุนจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ที่ได้ดำเนินงานวิจัยโดยได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากหลายฝ่ายของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง พร้อมด้วยหน่วยงานราชการทุกส่วน หน่วยงานเกษตรอำเภอเสริมงาม จังหวัดลำปาง และเกษตรกรทุกคนที่อนุเคราะห์พื้นที่ทดลองตลอดเวลา 3 ปี คณะผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณ เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- วลีรัตน์ วรกาญจนบุญ, บุญชู สายธนู, พเยาว์ พรหมพันธุ์ใจ, ประดับศรี เงินมัน และ กิตติทัต แสนปลื้ม. 2557. การเพิ่มผลผลิตหลังเก็บเกี่ยวข้าวโดยการจัดการดินในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี. แก่นเกษตร 42 ฉบับพิเศษ 2.
- อรพินท์ สุริยพันธุ์ และสำเนา เพชรฉวี. 2550. แนวทางแก้ปัญหาเมล็ดลีบของถั่วลิสงในดินทรายทุ่งกุลาร้องไห้. กลุ่มงานวิจัยเคมีดิน กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร
- Boron deficiency. Available from: [https://en.wikipedia.org/wiki/Boron_deficiency_\(plant_disorder\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Boron_deficiency_(plant_disorder)) [access 1 July 2017].
- Kekking, K.A. and E.E. Scholte. 2004. Soil and applied calcium. Cooperative Extensions Publications, University of Wisconsin.
- Sumner, M.E. and L. Larrimore. 2006. Use of Gypsum for Crop Production on Southeastern Soils. Paper presented in Workshop Research and Demonstration of Agricultural Uses of Gypsum and Other FGD Materials September 12-14, 2006, Radisson Downtown 200 N. Fourth St. St. Louis, Missouri, USA.
- Warren, A. 2011. Gypsum as an agricultural amendment. Associate Vice President for Agricultural Administration and Director, Ohio State University Extension. No. 800-589-8292.



ผลของการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในดินที่มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลาง

ต่อข้าวโพดหวาน พันธุ์หวาน 54

Effect of potassium fertilizer application In soil with medium level of exchangeable potassium on sweet corn (var. WAN 54)

ประภัสสร เจริญไทย^{1*} และชูชาติ สันทรทรัพย์¹

Prapassorn Chalernthai^{1*} and Choochad Santasup¹

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในดินที่มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลางต่อข้าวโพดหวาน พันธุ์หวาน 54 ที่ปลูกในชุดดินสตึก ซึ่งเป็นพื้นที่ศึกษาในจังหวัดเชียงใหม่ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อคุณภาพและผลผลิตของข้าวโพดหวาน พันธุ์หวาน 54 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (RCBD) จำนวน 4 กรรมวิธีๆ ละ 4 ซ้ำ ซึ่งประกอบไปด้วยการใส่ปุ๋ยที่อัตราแตกต่างกัน 4 กรรมวิธี 1) ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (NP-K0) 2) ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 10 กก.K₂O/ไร่ (NP-K10) 3) ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 20 กก.K₂O/ไร่ (NP-K20) และ 4) Control (No NPK) ผลการศึกษาพบว่า ดินที่มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในปริมาณปานกลาง 97 มก./กก. การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่แตกต่างกัน ไม่ทำให้ผลผลิตและคุณภาพผลผลิตข้าวโพดหวาน พันธุ์หวาน 54 แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) โดยอัตราการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ 10 กก.K₂O/ไร่ (NP-K10) มีน้ำหนักฝักสดเปลือกเฉลี่ย 300 กรัม/ฝัก เส้นผ่าศูนย์กลางฝัก และความยาวฝักเปลือกเฉลี่ย 5.3 และ 19 ซม. ตามลำดับ จำนวนแถวเมล็ดต่อฝักเฉลี่ย 18 แถว/ฝัก ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเฉลี่ย 43% ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 6.9 % ปริมาณของแข็งที่ละลายได้เฉลี่ย 14 องศาบริกซ์ และมีผลผลิตเฉลี่ย 3.8 ตัน/ไร่ อย่างไรก็ตาม ดินที่มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการของข้าวโพดหวาน การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 10 กิโลกรัม K₂O/ ไร่ นั้นเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อรักษาสสมดุลโพแทสเซียมในดิน ส่งเสริมการเจริญเติบโต คุณภาพและผลผลิตของข้าวโพดหวาน

คำสำคัญ : ปุ๋ยโพแทสเซียม, การเจริญเติบโต, ผลผลิต, ข้าวโพดหวาน

Abstract

The study on effect of potassium fertilizer application in soil had a medium level of exchangeable potassium on sweet corn (var. WAN 54). That grown with Satuk soil series, which the study site was located in Chiang Mai province. The purpose of research was studying the effect of potassium (K) fertilizer on quality and yield of sweet corn (var. WAN 54). The experimental designed was randomized complete block design (RCBD) with 4 replications and 4 treatments was used as follows; 1) Do not use potassium fertilizer (NP-K0) 2) 10 kg K₂O / rai (NP-K10) 3) 20 kg K₂O / rai (NP-K20) 4) Control (No NPK). The results showed that the soil had a medium level of exchangeable K (97 mg/kg). The different rates of K fertilizer application were not significantly different on yield and quality of sweet corn (var. WAN 54). In addition, the ratio of K fertilization at the rate of 10 kg K₂O/rai had the plant parameters included weight (mean= 300 g/ear), diameter (mean=5.3 cm) and length(mean=19 cm) of ear without husk, number of row/to ear (mean=18 row/ear), total sugars (mean=43 %), reducing sugars contents (mean=6.9 %) and total soluble solids (mean= 14 °Brix) and yield 3.8 ton/rai. However, The soil had sufficient level of exchangeable K for the requirement of sweet corn. Application of K fertilizer at the rate of 10 kg K₂O/rai was necessary because it can maintain K balance in the soil for satisfy growth quality and yield of sweet corn.

Keywords: Potassium fertilizer, growth, yield, sweet corn

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

¹ Department of Plant and Soil Science Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai Thailand 50200

*corresponding author fcharlenthai_dan@hotmail.com



บทนำ

ข้าวโพดหวานเป็นพืชเศรษฐกิจที่สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี โดยมีแหล่งผลิตที่สำคัญของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัด กาญจนบุรี ราชบุรี นครปฐม สุพรรณบุรี ลำพูน ลำปาง เชียงใหม่ เชียงราย พื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานในปี 2558 ประมาณ 221,465 ไร่ มีผลผลิต 434,453 ตัน ผลผลิตข้าวโพดหวาน ร้อยละ 75 ของผลผลิตทั้งหมด นำมาแปรรูปเป็นข้าวโพดหวาน กระป๋องส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศ มีมูลค่าการส่งออกปี 2556 จำนวน 5,400 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร , 2558 ; วรวิธน์ และศศิธร, 2557) ในพื้นที่ภาคเหนือพบว่าพันธุ์หวาน 54 เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูก เนื่องจากเป็นข้าวโพดหวาน พันธุ์ลูกผสมที่มีฝักสีเหลือง ติดเม็ดเต็มปลายฝัก ทนร้อน ทนโรค และสามารถปลูกได้ตลอดปี นิยมรับประทานสดและเข้า โรงงานแปรรูป อายุการเก็บเกี่ยว 60-65 วัน ปลูกง่าย ต้นและระบบรากแข็งแรง ขนาดฝักใหญ่เปลือกหุ้มปลายฝักดีมาก คุณภาพการรับประทานฝักสดดีมาก รสชาติ หวาน นุ่ม ผลผลิตสูง 3,000 – 3,800 กก./ไร่ (บริษัท วิจัย พัฒนาพันธุ์พืชไทย จำกัด) ข้าวโพดหวานเป็นพืชที่มีความต้องการธาตุอาหารที่จำเป็นเหมือนกับพืชอื่น เมื่อมีการปลูกข้าวโพดติดต่อกันเป็น เวลานาน จะทำให้ธาตุอาหารและความอุดมสมบูรณ์ของดิน ในข้าวโพดลดลง อันเนื่องจากการติดไปกับส่วนของผลผลิต และมีการตัดต้นข้าวโพดหวานไปเลี้ยงสัตว์โดยไม่มีการไถกลบลงดิน ทำให้สูญเสียธาตุอาหารไปอีกส่วนหนึ่ง (ราเชนทร์, 2539) และ เกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดหวานในปัจจุบัน กำลังประสบปัญหาแรงงาน และต้นทุนการผลิต โดยเฉพาะราคาปุ๋ยเคมีที่มีราคา เพิ่มขึ้นมากและแรงงานในพื้นที่ทำได้ยากขึ้น ดังนั้นการจัดการดินและปุ๋ยจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถลดต้นทุนการผลิต ข้าวโพดหวานได้ โดยเฉพาะการปลูกข้าวโพดหวานในดินที่มีโพแทสเซียมต่ำ (< 60 มก./กก.) (กรมวิชาการเกษตร, 2548) มี รายงานการขาดโพแทสเซียมของข้าวโพดที่ปลูกในดินหลายพื้นที่ของประเทศไทย (ประสาร และคณะ, 2541; สุรเชษฐ์, 2550) ในการเพิ่มผลผลิตจำเป็นต้องมีการเพิ่มธาตุอาหารหรือใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมให้แก่ข้าวโพดที่ปลูกในดินดังกล่าว อย่างเช่น ในชุดดินสตึกซึ่งเป็นดินที่พบในพื้นที่ จากลักษณะและสมบัติของดินพบว่าความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ เนื่องจากดินมี อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่ เป็นประโยชน์และความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในเกณฑ์ต่ำ (สุนทร, 2557) แต่จากการศึกษาของ สหัชชัยและสฤษฎี (2542) เพื่อเปรียบเทียบลักษณะการเจริญเติบโตของ องค์ประกอบผลผลิต และผลผลิตของข้าวโพดหวานในชุดดินสตึกในสภาพภูมิอากาศจังหวัดราชบุรี โดยกำหนดให้ไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมี แต่ใช้ความ อุดมสมบูรณ์เดิมของดิน (Initial soil) พบว่า ชุดดินสตึกถูกจัดชั้นเป็นดินที่มีความเหมาะสมปานกลางสำหรับปลูกข้าวโพดเมื่อ ประเมินโดยแบบจำลองการปลูกพืช ได้ผลผลิต 189.12 กก./ไร่ น้ำหนักเมล็ด 0.25 กรัม จำนวนเมล็ดต่อฝัก 90 จำนวนเมล็ด ต่อตารางเมตร 476 น้ำหนักแห้งเหนือดิน 432.64 กก./ไร่ หากมีการปรับปรุงบำรุงดินดีก็อาจถูกจัดชั้นเป็นดินที่มีความ เหมาะสมดี และจากการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินที่ศึกษาพบว่าปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีปริมาณ 97 มก./กก. ซึ่งถือว่าปริมาณปานกลางอาจเนื่องจากการปลูกพืชตลอดทั้งปี และเกษตรกรยังคงใช้ปุ๋ยที่มีองค์ประกอบของ ธาตุอาหารโพแทสเซียมอย่างสม่ำเสมอจึงทำให้โพแทสเซียมเกิดการสะสมในดินหากในดินมีระดับโพแทสเซียมสูง พืชจะดูดขึ้นไป สะสมในปริมาณที่เกินความต้องการโดยที่ไม่ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น เมื่อเก็บเกี่ยวผลผลิตไป ปริมาณโพแทสเซียมที่สะสมมาก เกินพืชนี้ก็จะสูญหายไปด้วย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ปัญหาการขาดแคลนโพแทสเซียมในดิน แม้ว่าจะไม่ ปรากฏกว้างขวางเหมือนปัญหาการขาดไนโตรเจนและฟอสฟอรัส แต่ผลการวิเคราะห์ดินจากพื้นที่ปลูกข้าวโพดหวานอย่าง ต่อเนื่อง ก็พบว่ามี โพแทสเซียมที่สกัดได้อยู่ในเกณฑ์ต่ำ และพืชมีการตอบสนองโดยเพิ่มผลผลิตอย่างมาก เมื่อใช้ปุ๋ย โพแทสเซียมเพื่อเพิ่มระดับความเป็นประโยชน์ของธาตุนี้ในดินให้สูงขึ้น (ยงยุทธและคณะ, 2551) ซึ่งการจัดการปุ๋ยให้ เหมาะสมต่อความต้องการของพืชโดยเฉพาะธาตุโพแทสเซียมซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของเอนไซม์ที่ช่วยในการสังเคราะห์ แสง การสร้างโปรตีน แป้ง ช่วยในการลำเลียงแป้งและน้ำตาล ควบคุมและรักษาความเป็นกรด-ด่าง ควบคุมการเปิด - ปิด ของปากใบ ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์บางชนิด กระบวนการเมตาโบลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ช่วยให้ทุก ส่วนของต้นพืชและระบบรากแข็งแรง ทนทานต่อโรคและแมลง ช่วยเพิ่มขนาดของผลผลิต เมล็ด และปรับปรุงคุณภาพของ ผลผลิต (กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร, 2543) สำหรับคำแนะนำการใช้ปุ๋ยสำหรับข้าวโพดหวานที่สอดคล้องกับผล วิเคราะห์ดินนั้นโดย กรมวิชาการเกษตร (2548) ได้แนะนำการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมถ้า K ที่แลกเปลี่ยนได้ น้อยกว่า 60 มก./กก. อัตราปุ๋ย 10 กก.K₂O/ไร่ ถ้า K ที่แลกเปลี่ยนได้ 60-100 มก./กก. อัตราปุ๋ย 5-10 กก.K₂O/ไร่ และถ้า K ที่แลกเปลี่ยนได้ มากกว่า 100มก./กก. อัตราปุ๋ย 0-5 กก.K₂O/ไร่ แต่ในปัจจุบันเกษตรกรมีการนำปุ๋ยเคมีมาใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตพืชกันเพิ่มขึ้น เนื่องจากปุ๋ยเคมีเป็นสารประกอบทางเคมีที่ทราบปริมาณธาตุอาหารที่แน่นอน และพืชสามารถดูดใช้ธาตุอาหารที่มีในปุ๋ยแล้ว เจริญเติบโตและตอบสนองอย่างรวดเร็ว (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) การใส่ปุ๋ยเคมีมากเกินไปจนความจำเป็นจะทำให้ เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เกิดการปนเปื้อน (ทัศนีย์, 2549) โดยงานวิจัยนี้ได้ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในดินที่มี



โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลางต่อข้าวโพดหวาน พันธุ์หวาน 54 ซึ่งข้อมูลพื้นฐานที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกรในการนำไปใช้เป็นแนวทางการเลือกใช้ปัจจัยและวิธีการที่เหมาะสมและคุ้มค่ากับการลงทุนผลิต สำหรับใช้ตัดสินใจปรับระบบการผลิตข้าวโพดหวานให้ยั่งยืนต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การวางแผนการทดลอง: การศึกษาทดลองในครั้งนี้ได้ดำเนินการทดลองในแปลงปลูกข้าวโพดหวานของภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ ณ ศูนย์วิจัยสาธิตและฝึกอบรมการเกษตรแม่เหียะ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2559 บนชุดดินสตึก(Satuk soil series: Suk) ซึ่งเป็นดินที่พบในพื้นที่ ปัญหาและข้อจำกัดในการปลูกพืชพบว่าความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ เนื่องจากดินมีอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในเกณฑ์ต่ำ ได้ทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินตามวิธีมาตรฐาน (เนาวรัตน์, 2527) ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ดินพบว่ามีความค่าพีเอชเท่ากับ 6.0 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 1.7% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 27 มก./กก. และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 97 มก./กก.วางแผนการทดลองแบบ randomized complete block design (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ มีกรรมวิธีทดลอง 4 กรรมวิธี ได้แก่ 1) ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (NP-K0) 2) ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 10 กก.K₂O/ไร่ (NP-K10) 3) ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 20 กก.K₂O/ไร่ (NP-K20) 4) Control (No NPK) ระยะเวลาในการใส่ปุ๋ยของทุกกรรมวิธี แบ่งใส่เป็น 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยที่ระยะ 15-20 วันหลังปลูก ในอัตราร้อยละ 25 ของปุ๋ยโพแทสเซียมทั้งหมด ครั้งที่ 2 ที่ระยะ 30-35 วันหลังปลูก อัตราร้อยละ 25 ของปุ๋ยโพแทสเซียมทั้งหมด และครั้งที่ 3 ที่ระยะ 45-50 วันหลังปลูก อัตราร้อยละ 50 ของปุ๋ยโพแทสเซียมทั้งหมด โดยทำร่องข้างต้นข้าวโพดหวาน (side dress) แล้ว โรยปุ๋ยตามร่อง สำหรับปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนและปุ๋ยฟอสฟอรัส ในกรรมวิธีที่ 1 2 และ 3 จะใส่พร้อมกันกับปุ๋ยโพแทสเซียม ในอัตราที่เท่ากัน คือ 20 กก. N/ไร่ โดยแบ่งใส่ 3 ครั้ง ในอัตราร้อยละ 50, 25 และ 25 ของปุ๋ยไนโตรเจนทั้งหมด และปุ๋ยฟอสฟอรัส 10 กก. P₂O₅ /ไร่ โดยแบ่งใส่ 3 ครั้ง ในอัตราร้อยละ 40, 30 และ 30 ของปุ๋ยฟอสฟอรัสทั้งหมด โดยพันธุ์ที่ใช้ปลูกเป็น สายพันธุ์ลูกผสม หวาน 54 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูก เนื่องจากเป็นข้าวโพดหวานพันธุ์ลูกผสมที่มีฝักสีเหลือง ติดเมล็ดเต็มปลายฝัก ทนร้อน ทนโรค และสามารถปลูกได้ตลอดปี นิยมรับประทานสดและเข้าโรงงานแปรรูป อายุการเก็บเกี่ยว 60-65 วันปลูกในแปลงทดลองขนาด 5.5 ม. x 8.0 ม. ระยะปลูก 75 ซม. x 25 ซม. ปลูกแถวเดียว โดยหยอดเมล็ดพันธุ์หุลุมละ 2-3 เมล็ด พร้อมกลบดิน

การเก็บบันทึกข้อมูล: วัดความสูงของลำต้น (วัดจากระดับผิวดินถึงโคนใบธงของข้าวโพด) เมื่อข้าวโพดมีอายุ 20 30 40 50 และ 60 วันหลังปลูกตามลำดับ และที่ระยะ 70 วันหลังปลูก (ระยะข้าวโพดออกไหม) ทำการเก็บตัวอย่างใบได้ฝัก (ear leaf) วิเคราะห์หาปริมาณธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน (Novozamsky *et al.*, 1974) ฟอสฟอรัส (ศรีสม, 2544) และโพแทสเซียม (Kara, 1998) และเมื่อข้าวโพดหวานอายุประมาณ 97 วันหลังปลูก ทำการเก็บเกี่ยวฝักข้าวโพดหวานในแต่ละกรรมวิธี โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างผลผลิตข้าวโพดหวานในพื้นที่ 8 ตร.ม./ซ้ำ นำไปชั่งน้ำหนักฝักสดทั้งเปลือก เพื่อกำหนดผลผลิตต่อไร่ ทำการเก็บข้อมูลองค์ประกอบของผลผลิต โดยนำไปชั่งน้ำหนักสดก่อนปอกเปลือกและหลังปอกเปลือก วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางฝักก่อนและหลังปอกเปลือก ความยาวฝักทั้งก่อนและหลังปอกเปลือก จำนวนแถวเมล็ดต่อฝัก และทำการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar) ปริมาณ reducing sugar (James, 1995) วัดความหวานของเมล็ดสดด้วยเครื่องมือ hand refract meter มีหน่วยเป็นองศาบริกซ์ และวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในเมล็ด เปลือก ชัง และต้น โดยใช้วิธีการวิเคราะห์เหมือนในใบ

การวิเคราะห์ข้อมูล: วิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของข้อมูล โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของกรรมวิธีการทดลองโดยวิธี least significant difference (LSD)

ผล

การเจริญเติบโตทางลำต้น

หลังจากปลูกข้าวโพดหวานในช่วงแรกโดยอายุได้ 20-40 วัน พบว่าการจัดการปุ๋ยทั้ง 4 กรรมวิธี ไม่ทำให้การเจริญเติบโตในด้านความสูงของต้นข้าวโพดหวานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีความสูงเฉลี่ย 5.4 ซม.เมื่ออายุได้ 20 วัน ความสูงเฉลี่ย 16 ซม. เมื่ออายุได้ 30 วันและ 28 ซม. เมื่ออายุได้ 40 วัน แต่เมื่อข้าวโพดหวานอายุได้ 50 วันพบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 20 กก./ไร่ มีการเจริญเติบโตด้านความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม แต่พบว่าไม่ทำให้การเจริญเติบโตด้านความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมและใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 10 กก./ไร่ โดยมีความสูงเฉลี่ย 64 ซม. ส่วนข้าวโพดหวานอายุ 60 วันหลังปลูก พบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตราแตกต่างกัน ส่งผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม โดยมีความสูงเฉลี่ย 148 ซม.ในขณะที่กรรมวิธีควบคุม มีความสูงเฉลี่ยเพียง 132 ซม. (Figure 1)

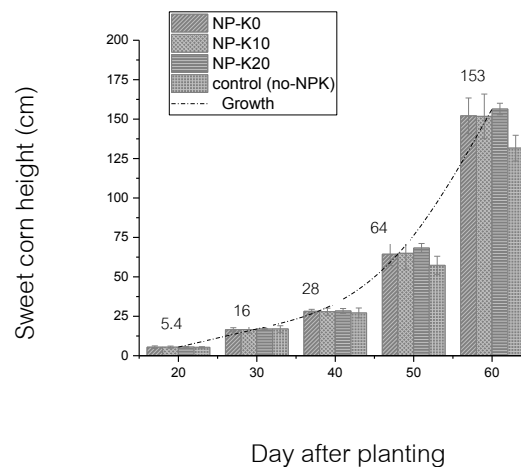


Figure 1 Effect of potassium fertilizer rate on corn height at various growth periods

ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบติดฝักที่ระยะออกไหมและในเมล็ด

ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบ พบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตราแตกต่างกันไม่ทำให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนและความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสในใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม (control) ซึ่งความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนมีค่าอยู่ในช่วง 3.4-3.6 % และความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสมีค่า 0.3 % ส่วนความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบ พบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 0 10 และ 20 กก./ไร่ ไม่ทำให้ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในใบแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกกรรมวิธี ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 2.5-2.7 % (Fig.2(a)) และความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในเมล็ดข้าวโพดหวาน พบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราที่แตกต่างกันไม่ทำให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนในเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุมโดยมีค่าอยู่ในช่วง 2.6-2.8% และความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับทุกกรรมวิธี ส่วนความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในเมล็ดพบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราที่แตกต่างกันทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารโพแทสเซียมในเมล็ดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุมโดยมีค่าเฉลี่ย 1.40% (Figure 2(b))

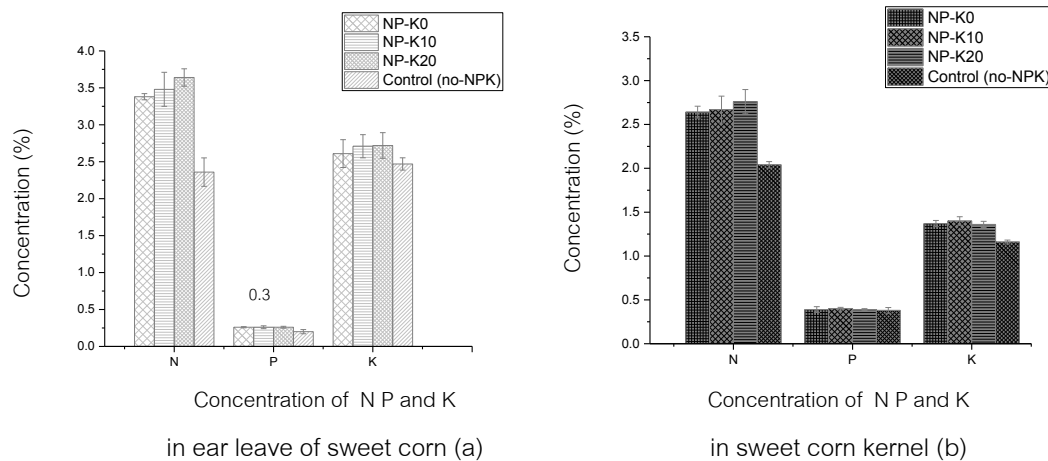


Figure 2 Effect of potassium fertilizer on concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in sweet corn kernel and ear leave of sweet corn

ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตและคุณภาพผลผลิต

ผลการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตราต่างๆ ไม่มีผลทำให้องค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดหวาน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทำให้องค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดหวาน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม โดยมี น้ำหนักฝักก่อนเปลือก 397-417 กรัม/ฝัก น้ำหนักฝักหลังเปลือก 291- 301 กรัม/ฝัก เส้นผ่าศูนย์กลางฝักก่อนเปลือก 6.1 - 6.2 ซม./ฝัก เส้นผ่าศูนย์กลางฝักหลังเปลือก 5.3 ซม./ฝัก ความยาวฝักก่อนเปลือก 28 - 29 ซม./ฝัก ความยาวฝักหลังเปลือก 18 - 19 ซม./ฝัก และจำนวนแถว/ฝักเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 17-18 แถว (Table 1)

Table 1 Yield component of sweet corn as affect by different rates of potassium fertilizer at 97 day after planting

Potassium fertilizer rates (K ₂ O/rai)	Ear Weight		Ear diameter		Ear length		Number of row /ear
	With husk (g/ear)	Without husk (g/ear)	With husk (cm/ear)	Without husk (cm/ear)	With husk (cm/ear)	Without husk (cm/ear)	
0	397a	291a	6.1a	5.3a	28a	19a	17ab
10	417a	300a	6.2a	5.3a	29a	19a	18ab
20	413a	301a	6.2a	5.3a	28a	19a	18a
Control (no-NPK)	276b	193b	5.4b	4.7b	27b	17b	17b
F-test	*	*	*	*	*	*	*
CV (%)	4.3	5.1	2.1	1.9	1.6	2.7	3.9

Means in each column followed by different letter indicate significant difference using least significant difference (LSD) at 5% probability level (*), ns = non significant

ผลการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตราต่างๆ ไม่มีผลทำให้ผลผลิต คุณภาพผลผลิตได้แก่ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวโพดหวาน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.8 - 3.9 ตัน/ไร่, 43 - 48 % และ 6.6-6.9 % ตามลำดับ แต่ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ พบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตราแตกต่างกันไม่ส่งผลต่อ TSS แต่พบว่า กรรมวิธีควบคุมที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีค่า TSS สูงที่สุด 15 องศาบริกซ์ ในขณะที่กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 0 10 และ 20 กก./ไร่ มีค่า TSS 14 องศาบริกซ์ (Table 2)

**Table 2** Effect of potassium fertilizer on Yield, concentration of potassium, sugar content and total soluble solids (TSS) in sweet corn kernel

Potassium fertilizer rates (K ₂ O/rai)	Yield (ton/rai)	Total Sugar (%)	Reducing Sugar (%)	TSS (°Brix)
0	3.8a	46	6.7	14b
10	3.8a	43	6.9	14b
20	3.9a	44	6.8	14b
control (no-NPK)	2.9b	48	6.6	15a
F-test	*	ns	ns	*
CV (%)	3.8	7.8	9.1	3.4

Means in each column followed by different letter indicate significant difference using least significant difference (LSD) at 5% probability level (*), ns = non significant

วิจารณ์

การเจริญเติบโต จากการทดลองจะเห็นได้ว่า เมื่อข้าวโพดหวานอายุ 50 วัน ข้าวโพดที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 20 กก./ไร่ มีการเจริญเติบโตด้านความสูงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่งอาจจะเป็นผลของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนร่วมกับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้น การใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมร่วมกับปุ๋ยไนโตรเจนจะทำให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตที่แข็งแรงและมีการสะสมน้ำหนักรังส่วนลำต้นสูงขึ้น (Stromberger *et al.*, 1994) และเมื่อข้าวโพดหวานอายุ 60 วัน ข้าวโพดหวานที่ได้รับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 0, 10 และ 20 กก./ไร่ มีความสูงเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่ง Munson (1968) รายงานว่าข้าวโพดตอบสนองต่อโพแทสเซียมอย่างเด่นชัดในช่วงออกไหมจนถึงระยะที่แก่เต็มที่แล้วคือโพแทสเซียมทำให้ข้าวโพดมีลำต้นแข็งแรง น้ำหนักเมล็ดเพิ่มขึ้น ถ้าขาดธาตุโพแทสเซียมจะทำให้ต้นข้าวโพดอ่อนแอและผลผลิตต่อไร่ต่ำ Sainju *et al.* (2005) รายงานการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มทำให้ผลผลิตและชีวมวลของข้าวโพดเพิ่มขึ้น ซึ่งไนโตรเจนอาจมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชผ่านการแบ่งเซลล์และการขยายตัวของเซลล์จึงทำให้ความสูงของต้นและเส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น เพิ่มขึ้น (Stales and Inze, 2001) น้ำหนักสดของต้น และน้ำหนักสดทั้งหมด มีความสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณของปุ๋ยโพแทสเซียม ซึ่งโพแทสเซียมเป็นสารอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตของพืชและหากมีปริมาณไม่เพียงพอหรือให้ในปริมาณไม่เพียงพอ การเจริญเติบโตจะลดน้อยลงและผลผลิตจะลดลง (Leigh and Jones, 1984) การตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมของพืช มีปัจจัยที่มีผลต่อการตอบสนองได้แก่โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ได้ ความชื้นของดิน ชนิดของพืชและอื่นๆ ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในสารละลายดินและ K buffer capacity เป็นปัจจัยที่ใช้ประเมินอัตราของโพแทสเซียมที่ดินจะปลดปล่อยให้พืชดูดใช้ได้ ความรู้เกี่ยวกับความต้องการโพแทสเซียมของพืชชนิดต่างๆ นั้นมีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าสถานะของโพแทสเซียมในดิน การที่พืชจะตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมหรือไม่นั้น นอกจากจะขึ้นอยู่กับชนิดของพืชแล้ว บางครั้งยังขึ้นอยู่กับพันธุ์พืชอีกด้วย และเป็นที่น่าสังเกตว่า เมื่ออัตราการเจริญเติบโตของพืชสูงขึ้น ความต้องการโพแทสเซียมก็จะสูงตามไปด้วย ดังนั้นในสภาพแวดล้อมที่คล้ายกันพืชที่มีอัตราการเจริญเติบโตที่สูงกว่าจะตอบสนองต่อโพแทสเซียมมากกว่าพืชที่มีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่ำกว่า ปรากฏการณ์เช่นนี้อาจเป็นเหตุที่ข้าวโพดตอบสนองต่อโพแทสเซียมได้ดีกว่าธัญพืชอื่นๆ (พิชิตและปรีดา, 2532) เช่นเดียวกับราเชนทร์ (2539) ได้อธิบายว่า ข้าวโพดจะเริ่มมีความต้องการและหยุดความต้องการธาตุอาหารแต่ละชนิด ในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปข้าวโพดต้องการธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) เริ่มตั้งแต่งอกและมีความต้องการสูงสุดช่วงสัปดาห์ที่ 6-8 (อายุประมาณ 45-60 วัน) ข้าวโพดจะหยุดความต้องการธาตุ K เมื่อข้าวโพดอายุประมาณ 70-75 วัน ในขณะที่ความต้องการ N และ P ยังคงสูงจนถึงระยะข้าวโพดแก่ ซึ่งอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตด้านความสูงในช่วงที่ 50-60 วัน

องค์ประกอบผลผลิต ปริมาณผลผลิต และคุณภาพผลผลิต พบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราต่างๆ ไม่มีผลทำให้องค์ประกอบผลผลิต ปริมาณผลผลิตของข้าวโพดหวานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม โดยมีน้ำหนักฝักก่อนเปลือก 397-417 กรัม/ฝัก น้ำหนักฝักหลังเปลือก 291-301 กรัม/ฝัก เส้นผ่าศูนย์กลางฝักก่อนเปลือก 6.1-6.2 ซม./ฝัก เส้นผ่าศูนย์กลางฝักหลังเปลือก 5.3-5.3 ซม./ฝัก ความยาวฝักก่อนเปลือก 28 -29 ซม./



ฝัก ความยาวฝักหลังปอกเปลือก 19 ซม./ฝัก และ จำนวนแถว/ฝักเฉลี่ยอยู่ในช่วงระหว่าง 17 -18 แถว ซึ่งลักษณะมาตรฐานของฝักข้าวโพดหวานที่โรงงานต้องการ โดยกรมวิชาการเกษตร (2544) ขนาดฝักสดปอกเปลือก ควรมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4-5 ซม. ความยาว 12-18 ซม. น้ำหนัก 200-250 กรัม/ฝัก เมล็ดเรียงตัวเป็นระเบียบ 14 ถึง 16 แถว ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าขนาดฝักสดปอกเปลือกที่ได้นั้นมีค่าอยู่ในช่วงค่าเฉลี่ยนี้ด้วย สำหรับผลของการจัดการปุ๋ยโพแทสเซียมต่อคุณภาพผลผลิต พบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตราต่างๆ ไม่มีผลทำให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (total sugar) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของข้าวโพดหวานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 43 - 48 %, 6.6-6.9 % ตามลำดับ ฤทธา (2531) พบว่าในข้าวโพดหวานพันธุ์ Golden Cross Bantan ที่อายุเมล็ด 20 วันหลังการผสมเกสร มีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 3.2 % และ มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 8.7 % ซึ่งแตกต่างจากผลการทดลองที่พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากกว่าถึง 2 เท่า และมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด มากกว่าถึง 5 เท่า แต่ข้าวโพดหวานพันธุ์ Tondortroat ที่อายุเมล็ด 20 วันหลังการผสมเกสรมีปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 45 % ใกล้เคียงกับผลการทดลอง อธิบายได้ว่าในข้าวโพดหวานสายพันธุ์หนึ่งๆ อาจมีระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน สำหรับการทดลองนี้เก็บเกี่ยวที่ 20 วันหลังออกไหม เนื่องจากในข้าวโพดหวานจะมีการสะสมน้ำตาลในเมล็ดตั้งแต่ได้รับการผสมเกสร และเมื่อถึงระยะเวลาน้ำตาลที่สะสมจะถูกเปลี่ยนเป็นแป้ง (Kumar, 1981) ดังนั้นในข้าวโพดหวานยืนเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์อาจมีระยะความบริบูรณ์ (mature) ที่ไม่เท่ากัน โดยมีความสามารถในการสะสมน้ำตาลได้ไม่เท่ากัน เช่นเดียวกับข้อคิดเห็นของ Garwood และ Vanderslice (1982) ว่ายีน *su* อาจจะเป็นพวก Multiple alleles และทำหน้าที่เป็น regulatory gene ที่ควบคุมการสร้างเมล็ดแป้ง หรือน้ำตาลในระดับต่างๆ กัน ข้าวโพดหวานที่มียีน *su* แต่ละพันธุ์จะมีปริมาณน้ำตาล แป้ง และพายุโตกลายโคเจนที่แตกต่างกัน แต่ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solid, TSS) พบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตราแตกต่างกันไม่ส่งผลต่อ TSS แต่กลับพบว่า กรรมวิธีควบคุมที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีค่า TSS สูงที่สุด 15 องศาบริกซ์ ในขณะที่กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 0 10 และ 20 กก./ไร่ มีค่า TSS 14 องศาบริกซ์ ซึ่งมาตรฐานสินค้าเกษตรข้าวโพดหวาน โดยสำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (2555) กำหนดค่า TSS ของข้าวโพดหวานไม่น้อยกว่า 9 องศาบริกซ์ นั้น จากผลการศึกษาพบว่ามีความสูงกว่าค่ามาตรฐาน

ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลัก (N,P,K) ในใบและในเมล็ดข้าวโพดหวาน ความเข้มข้นของธาตุอาหาร N,P,K โดยการวิเคราะห์ธาตุอาหารจากใบที่อยู่ใต้และตรงข้ามฝักข้าวโพดระยะออกไหมของกรรมวิธีใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 10 และ 20 กก./ไร่ พบว่ามีค่าความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนตั้งแต่ 3.5 - 3.6 % ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัส 0.3 % และความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียม 2.7% ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ วันชัย (2542) ที่พบว่าความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักในใบที่เพียงพอต่อความต้องการของต้นข้าวโพด โดยศึกษาจากใบที่อยู่ใต้และตรงข้ามฝักข้าวโพดระยะออกไหมควรมีธาตุอาหารไนโตรเจน 2.4-2.5% ฟอสฟอรัส 0.3 % และโพแทสเซียม 1.8 % ซึ่งถึงแม้จะไม่มีใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมให้กับข้าวโพดหวานปริมาณธาตุอาหารโพแทสเซียมก็เพียงพอต่อความต้องการของข้าวโพด ส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหาร N,P,K โดยการวิเคราะห์ธาตุอาหารจากเมล็ดพบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตราต่างๆ มีความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ที่อัตราปุ๋ยโพแทสเซียม 10 กก./ไร่ มีค่าความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมสูงสุดโดยมีค่าความเข้มข้น 1.4% ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Richie และ Hanway (1982) อ้างโดย ราเชนทร์ (2539) พบว่าธาตุโพแทสเซียม จะมีการสะสมที่ส่วนของใบมากกว่าส่วนของเมล็ด ส่วนปริมาณความต้องการธาตุโพแทสเซียมในข้าวโพด สำหรับการปลูกข้าวโพดที่ให้ผลผลิต 1 ตัน/ไร่ คิดเป็น 23 กก./ไร่ (ชูชาติ, 2553) จากปริมาณการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงในดินน้อยกว่าความต้องการของข้าวโพดประมาณถึง 2 เท่า ในกรรมวิธี 1 และหนึ่งเท่าในกรรมวิธีที่ 2 แต่ข้าวโพดก็ยังมีการเจริญเติบโตและได้ผลผลิตในระดับปกติ และไม่แสดงอาการขาดธาตุโพแทสเซียม เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์โพแทสเซียมในใบก็พบว่า สภาวะของธาตุโพแทสเซียมในใบข้าวโพดก็อยู่ในระดับที่มากกว่าความเข้มข้นวิกฤติ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าโพแทสเซียมในดินอยู่ในระดับที่เพียงพอต่อความต้องการของข้าวโพด โดยทั่วไปแล้วในดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ช่วง 100 -120 มก./กก. ถือว่าอยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อความต้องการของพืชโดยทั่วไป และไม่ส่งผลกระทบต่อผลผลิต (ชูชาติ, 2558) ซึ่งดินในแปลงทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในดิน 97 มก./กก. อยู่ในระดับใกล้เคียงความเหมาะสมหรือคิดเป็นโพแทสเซียม 36 กก./ไร่ และจากการศึกษาของผู้วิจัยพบว่าธาตุอาหาร NPK ที่อยู่ในผลผลิตหรือปริมาณธาตุอาหาร NPK ที่ติดไปกับผลผลิต (crop removal) ในส่วนเหนือดิน (ต้นและใบ) มีธาตุอาหาร 14 กก./ไร่ 4 กก./ไร่ และ 14 กก./ไร่ และติดไปในส่วนของผลผลิต (ฝัก) มีธาตุอาหาร 13 กก./ไร่ 6 กก./ไร่ และ 10 กก./ไร่ ซึ่งจะเห็นได้ว่าในดินที่มีปริมาณธาตุอาหารโพแทสเซียมที่เพียงพอต่อความต้องการของพืชการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 10 กก./ไร่ หรือใส่เท่ากับปริมาณที่ติดออกไปกับผลผลิตเท่ากับ 10 กก./ไร่ ซึ่งมีปริมาณที่เท่ากัน ถือว่าเพียงพอ



เพื่อรักษาสมดุลของธาตุอาหารในดิน กรณีที่มีการเก็บผลผลิตอย่างเดียวแล้วมีการไถกลบ แต่กรณีที่เกิดการไถกลบแต่กรณีที่ไม่มีการไถกลบต่อซึ่งโดยนำตอซังข้าวโพดไปเลี้ยงสัตว์จำเป็ที่จะต้องมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 24 กก. K_2O /ไร่ เท่ากับปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิต (ต้นและใบ+ฝัก) เพื่อรักษาสมดุลของธาตุอาหารโพแทสเซียมในดิน และไม่ควรรีใส่ปุ๋ยเกินปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับผลผลิต เนื่องจากถ้าเกษตรกรใส่มากกว่าอาจจะเกินความต้องการของพืชและทำให้เกษตรกรมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

สรุปผล

ในการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมในดินที่มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลางต่อข้าวโพดหวาน พันธุ์หวาน 54 โดยการใช้อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมที่แตกต่างกัน สรุปได้ว่า ในดินที่มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในระดับปานกลางโพแทสเซียมในดินเพียงพอต่อความต้องการของข้าวโพดหวาน ทำให้ข้าวโพดหวานไม่ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่สูงขึ้น การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 10 กก. K_2O /ไร่ หรือเท่ากับปริมาณธาตุอาหารโพแทสเซียมที่ติดไปกับผลผลิตนั้นเป็นอัตราที่เหมาะสมและเพียงพอที่ทำให้ข้าวโพดหวานมีการเจริญเติบโตที่ดีและมีคุณภาพตรงตามมาตรฐานสินค้า ซึ่งจากการศึกษาในครั้งนี้ข้าวโพดหวาน ให้ผลผลิตถึง 38 ตัน/ไร่ และนอกจากนั้นการใส่ปุ๋ยในอัตราดังกล่าวยังเป็นอัตราที่เหมาะสมที่จะรักษาสมดุลของธาตุอาหารโพแทสเซียมในดินที่สูญเสียไปกับผลผลิต การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่สูงกว่า 10 กก. K_2O /ไร่ นอกจากจะเป็นการใส่ปุ๋ยเกินความจำเป็นยังทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบพระคุณ สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาในครั้งนี้ ขอขอบคุณ ห้องปฏิบัติการกลาง ห้องปฏิบัติการเคมีดิน คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการวิเคราะห์ดินและพืช

เอกสารอ้างอิง

- กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. 2543. ลักษณะอาการขาดธาตุอาหารของพืช. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมวิชาการเกษตร. 2544. เกษตรวิธีที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพดหวาน. พิมพ์ครั้งที่ 1. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการ กรมวิชาการเกษตรลำดับที่ 8/2548. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 121 หน้า
- กฤษฎา สัมพันธ์รักษ์. 2531. การปรับปรุงพันธุ์ข้าวโพดหวานและฝักอ่อน. ภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชูชาติ สันทรทรัพย์. 2553. การจัดการปุ๋ยที่เหมาะสมสำหรับการผลิตพันธุ์ข้าวโพดอาหารเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ภาคเหนือ. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 58 หน้า.
- ชูชาติ สันทรทรัพย์. 2558. คู่มือ การจัดการดินและปุ๋ยสำหรับการผลิตพืช. พิมพ์ครั้งที่ 1. อาร์ เอส ก๊อปปี้, เชียงใหม่
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์. 2549. การจัดการธาตุอาหารเฉพาะพื้นที่เพื่อการผลิตพืชอย่างยั่งยืน. ว. ดินและปุ๋ย 28 : 2-6.
- เนาวรัตน์ ศิวศิลป์. 2527. การปฏิบัติการวิเคราะห์ดิน พืช และปุ๋ย. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ประสาร พรหมสูงวงศ์, ประดิษฐ์ บุญอำพล, สันติ ธีราภรณ์ และมงคล พานิชกุล. 2541. การประเมินระดับการตอบสนองของข้าวโพดต่อปุ๋ยฟอสเฟต และโพแทส ที่ปลูกในดินชุดต่างๆ ในเขตปลูกข้าวโพด, น. 3-5. ใน บทคัดย่อผลงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปุ๋ยพืชไร่ ปี พ.ศ. 2541. กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดิน และปุ๋ยพืชไร่ กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- พิชิต พงษ์สกุล และ ปรีดา พากเพียร. 2532. สถานะของโพแทสเซียมในดินต่อคุณภาพและผลผลิตของพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย, น.35-42. ใน รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการ ครั้งที่ 8 ความสำคัญของโพแทสเซียมต่อการเพิ่มคุณภาพและผลผลิตการเกษตรของประเทศไทย. สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย; บริษัทไทยเซ็นทรัลเคมี จำกัด; บริษัท ไอ เอ็ม ซี เฟอร์ติไลเซอร์ จำกัด; สมาคมผู้ส่งออกโพแทส มักเนเซียม ซัลเฟต, กรุงเทพฯ.



- ยงยุทธ โอสดสภา อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และ ขวลิท องประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ราเชนทร์ ธีรพร. 2539. ข้าวโพด. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2542. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- วรวิธน์ อัสตรนีย์ และ ศศิธร ชุ่มประเสริฐ สมาคมผู้ผลิตอาหารสำเร็จรูป. 2557. สถานการณ์การผลิตและการแข่งขันทางการค้าข้าวโพดหวานระหว่างประเทศ. เข้าถึงได้จาก:
<http://www.ap.mju.ac.th/webpage/seminar/download.php> [เข้าถึงเมื่อ 3 มกราคม 2560].
- ศรีสม สุวรรณวงศ์. 2544. การวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- สหัสชัย คงทน และ สัญชัย หนูดี. 2542. การศึกษาการเปรียบเทียบการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดในชุดดินบางชุดดินที่จัดชั้นความเหมาะสมของดินระดับต่างๆ ในการปลูกพืชไร่. เอกสารวิชาการเล่มที่ 458. กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ. 48 หน้า.
- สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2555. มาตรฐานสินค้าเกษตร “ข้าวโพดหวาน”. เข้าถึงได้จาก:
http://www.acfs.go.th/standard/download/sweet_corn.pdf [เข้าถึงเมื่อ 3 มกราคม 2560].
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. ผลพยากรณ์รายสินค้า. เข้าถึงได้จาก:
<http://www.oae.go.th/download/prcai/vegetable/sweetcorn.pdf> [เข้าถึงเมื่อ 3 มกราคม 2560].
- สุนทร รัชฎาวงษ์. 2557. ทรัพยากรดินในพื้นที่ภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย. เอกสารวิชาการสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8 กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 150 หน้า.
- สุรเชษฐ์ อารัมรักษ. 2550. ประสิทธิภาพของน้ำยาสกัดเมล็ดสามและแอมโมเนียมโบรไมด์ดีทีพีเอในการประเมิน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในบางชุดดินของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Garwood, D.L. and S.F. Vanderslice. 1982. Carbohydrate composition of alleles at the sugary locus in maize. *Crop Sci.* 22:367-371.
- Hanway, J.J. 1962. Corn growth and composition in relation to soil fertility: III. Percentages of N, P, and K in different plant parts in relation to stage of growth. *Agron. J.* 54:222-229.
- James C.S. 1995. Analytical Chemistry of foods. Seale-Hayne Faculty of Agriculture, Food and Land Use Department of Agriculture and Food Studies University of Plymouth.
- Kalra, Y.P. 1998. Handbook of Reference Methods for Plant Analysis. London United Kingdom: CRC Press. 300 p.
- Kumar, R. and R. Singh. 1981. Free Sugar and Their Relationship with Size and Starch Content in Developing Wheat Grains. *J. Sci. Food. Agr.* 32 : 229-234.
- Leigh, R. A. and R. G. Wyn Jones. 1984. A hypothesis relating critical potassium concentrations for growth to the distribution and functions of this ion in the plant cell. *New Phyt.*, 97, 1-13.
- Munson, R. D. 1968. Potassium builds corn quality. *Better Crop Plant Food.* 52(1):22-23.
- Ritchie, S.W. and J.J. Handway. 1982. How a Corn Plant Develops. Spec. Rep. No 48. Iowa Coop. Ext. Serw. Ames.
- Sainju, U.M., W.F. Whitehead and B.P. Singh. 2005. Carbon accumulation in cotton, sorghum and underlying soil as influenced by tillage, cover crop, and nitrogen fertilization. *Plant and Soil*, 273, 219-234.
- Sayre, J.D. 1948. Mineral Accumulation in Corn. *Plant Physiol.* 23:267-283
- Stales, H. and D. Inze. 2001. When plant cells decide to divide. *Trends Plant Sci.*, 8, 359-64.
- Stromberger, J.A., C.Y. Tsai and D.M. Huber. 1994. Interaction of potassium with nitrogen and their influence on growth and yield potential in maize. *Journal of Plant Nutrition* 17(1): 19-37.
- Novozamsky, I., R.V. Eck, J.C. V. an Schouwengurg and I. Wallinga. 1974. Total nitrogen determination in plant material by means of the indophenol blue method. *J. Agr. Sci.* 22:3-5.



ผลของการใช้ปุ๋ยหมักวัสดุอินทรีย์จากป่าพรุต่อการเจริญเติบโตของพืช Effect of compost derived from peat swamp forest residue on plant growth

ศิริณี วงศ์กระจ่าง^{1*} และบัญชา รัตนี²

Siranee Wongkrachang^{1*} and Bancha Rattaneetoo²

บทคัดย่อ

การศึกษาลงผลของการใช้ปุ๋ยหมักวัสดุอินทรีย์จากป่าพรุต่อการเจริญเติบโตของพืช มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตข้าวโพดเมื่อใช้ปุ๋ยหมักวัสดุอินทรีย์จากป่าพรุ โดยทดลองในเรือนทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งเป็น 5 ดำรับการทดลอง จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 1) ไม่ใส่ปุ๋ยหมัก 2) ใส่ปุ๋ยหมัก 5% โดยน้ำหนัก 3) ใส่ปุ๋ยหมัก 10% โดยน้ำหนัก 4) ใส่ปุ๋ยหมัก 20% โดยน้ำหนัก และ 5) ใส่ปุ๋ยหมัก 40% โดยน้ำหนัก เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวโพด โดยวัดความสูงเมื่อข้าวโพดอายุได้ 45 วัน โดยวัดความสูงของต้น เก็บข้อมูลน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้ง ผลของการทดลองพบว่า ดำรับการทดลองควบคุมมีการเจริญเติบโตน้อยที่สุด โดยมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 78.75 เซนติเมตร น้ำหนักสดเท่ากับ 16.64 กรัมต่อต้น และน้ำหนักแห้งเท่ากับ 2.96 กรัมต่อต้น ส่วนดำรับการทดลองที่ 5 (ปุ๋ยหมัก 40 % โดยน้ำหนัก) มีผลต่อการเจริญเติบโตมากที่สุดเท่ากับ 105.62 เซนติเมตร มีน้ำหนักสดเท่ากับ 72.45 กรัม และน้ำหนักแห้งเท่ากับ 21.59 กรัม

คำสำคัญ: ปุ๋ยหมัก, วัสดุอินทรีย์, ป่าพรุ

Abstract

The objective of this study was to investigate the effect of compost derived from peat swamp forest residue on corn growth. A completely randomized design with 4 replications was employed. There were 5 treatments including: 1) control 2) 5% (w/w) applied compost 3) 10 % (w/w) applied compost 4) 20 % (w/w) applied compost and 5) 40 % (w/w) applied compost. The growth were measured till to the age 45 day after planting. The components of corn were measured including: height, fresh and dry weights. The result showed that the growth under control treatment was the lowest. The plant height planted in the control treatment was 78.75 cm and fresh and dry weight were 16.64 and 2.96 g/plant. In addition, for the treatment applied 40 % (w/w) compost had highest plant height (105.62 cm), fresh weight (72.45 g/plant) and dry weight (21.59 g/plant).

Keywords : Compost, Residue, Peat Swamp Forest

¹ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ นราธิวาส 96000

Faculty of Agriculture, Princess of Naradhiwas University

²วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนราธิวาส มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

Narathiwat college of Agriculture and Technology

*Corresponding author : ingongsam@hotmail.com



บทนำ

ป่าพรุ เป็นพื้นที่ที่มีการสะสมของซากพืช (peat) ที่รวมตัวกันอยู่อย่างหลวมๆ ในพื้นที่ที่มีน้ำขังมี ความสมบูรณ์ของ ธาตุอาหารในดินต่ำ มีปัญหาหลายประการ เช่น เสี่ยงต่อการเกิดไฟไหม้ในหน้าแล้งซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำลายป่าพรุในทุก แห่งทั่วโลก การจัดการควบคุมไฟป่าให้สำเร็จโดยสมบูรณ์ในพื้นที่ป่าพรุขนาดใหญ่ทำได้ยากและต้องใช้ค่าใช้จ่ายสูงมาก จึง พบมีเหตุไฟไหม้ป่าพรุอยู่เสมอในหน้าแล้งของทุกปี นอกจากนี้ การจัดการพื้นที่พรุเพื่อการเกษตรกรรมก็ค่อนข้างยาก เนื่องจากดินมีสภาพเป็นกรด และมีธาตุอาหารต่ำเนื่องจากป่าพรุในประเทศไทย มีขั้นตอนการ เกิดและพัฒนาจากป่าชายเลน มีดินชั้นโคลน ที่มีสารต้นกำเนิดดินกรดจัดอยู่ข้างล่าง การแก้ไขปัญหาดิน เป็นกรดให้มี pH สูงขึ้น ต้องใช้หินปูนผ่นช่วยปรับ สภาพในปริมาณมาก รวมทั้งต้องอาศัยระบบชลประทาน ที่สมบูรณ์เพื่อใช้น้ำล้างความเป็นกรด ปัญหาสำคัญนี้จึงเป็น อุปสรรคสำคัญของการฟื้นฟูป่าพรุเพื่อการเกษตรกรรม ป่าพรุส่วนใหญ่จะพบอยู่ในภาคใต้ ซึ่งในจังหวัดนราธิวาสพบเป็นป่า พรุ ได้แก่ ป่าพรุโต๊ะแดง มีเนื้อที่ 52,518.75 ไร่ ป่าพรุบาเจาะ มีเนื้อที่ 3,593.76 ไร่ โดยป่าพรุโต๊ะแดง อยู่ในท้องที่อำเภอ ตากใบ อำเภอสุไหงปาดี และ อำเภอสุไหงโกลิก ซึ่งป่าพรุโต๊ะแดง บริเวณใจกลางป่าเป็นป่าพรุที่สมบูรณ์ ประกอบด้วยต้นไม้ ใหญ่น้อยหลายชนิด ความสูงตั้งแต่ 15 - 40 เมตรขึ้นไป ชั้นล่างเป็นไม้ยืนต้นพวกปาล์มชนิดต่างๆ พืชคลุมดินประกอบด้วย พืชพวกบอน เตย กก และเฟิร์นชนิดต่างๆ (ชรินทร์ และ สุวิทย์, 2538)

หมุนเวียนของธาตุอาหารในป่าจะเริ่มจากการที่ใบ กิ่ง ดอก ผล และส่วนอื่นๆ ของพืชร่วงหล่นลงสู่ดิน จากนั้นก็จะ ค่อยๆ สลายตัวเป็นอนุภาคขนาดเล็ก โดยกระบวนการทางฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา ซึ่งกระบวนการสลายตัวจะเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่กับสภาพสิ่งแวดล้อม กิจกรรมของจุลินทรีย์ และปริมาณผลผลิตของซากพืช ตามลักษณะของป่าในแต่ละบริเวณ และ เมื่อซากพืชสลายตัว จะเปลี่ยนเป็นธาตุอาหารสะสมอยู่ตามบริเวณ ผิวดิน จนกระทั่งมีฝนตกธาตุอาหารดังกล่าว ถูกชะไปกับ น้ำที่ซึมลงไป จากนั้นรากของพืชก็จะดูดเอาธาตุอาหารไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต และส่วนที่เหลือจะถูกสะสมกลายเป็น อินทรีย์วัตถุในดิน และก็จะหมุนเวียนไปตามวงจรนี้ในรอบปีต่อไป ทั้งนี้ปริมาณผลผลิตของซากพืชในป่าแต่ละชนิดมีความ แตกต่างกันขึ้นอยู่กับปัจจัยแวดล้อมต่างๆ เช่น สภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ ความหลากหลายและความหนาแน่นของ พรรณพืช โดยสามารถจำแนกผลผลิตของซากพืชตามป่าพรุของจังหวัดนราธิวาสพบว่ามีปริมาณ 6.70 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี (พงษ์เทพ, 2557) และจากการศึกษาของ สรายุทธ และ ธนิตย์ (2539) ได้ศึกษาผลผลิตซากพืช และปริมาณธาตุอาหารใน ซากพืชของป่าพรุโต๊ะแดง พบว่าปริมาณโพแทสเซียมในซากพืชที่พบจะมีปริมาณมากกว่าพื้นที่อื่นๆในโซนเอเชีย และมี รายงานว่าการนำวัสดุอินทรีย์จากป่าพรุผสมปูนขาวในอัตรา 1 ตันต่อปูนขาว 20-30 กิโลกรัมหมักไว้ประมาณ 1-2 เดือน พบว่าสามารถทำเป็นปุ๋ยหมักใช้สำหรับดินทรายได้ (เอิบ, 2533)

ดังนั้นหากสามารถนำวัสดุอินทรีย์ที่มีอยู่ในป่าพรุมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการทำปุ๋ยหมักเพื่อลดต้นทุนการผลิต รวมทั้งอาจช่วยแก้ปัญหาดินเสื่อมโทรมได้ในอนาคต

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของพืชโดยใช้ปุ๋ยหมักจากวัสดุอินทรีย์จากป่าพรุในอัตราต่างๆ

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมปุ๋ยหมักวัสดุอินทรีย์จากป่าพรุ

เก็บวัสดุอินทรีย์จากป่าพรุโต๊ะแดง อำเภอตากใบ จังหวัดนราธิวาส โดยเก็บเศษใบไม้กิ่งไม้บริเวณใต้โคนต้น ที่ระดับ ความลึก 0-15 เซนติเมตร นำมาหมัก กับส่วนผสม ดังนี้

1. วัสดุอินทรีย์จากป่าพรุ 1,000 กิโลกรัม
2. มูลสัตว์ 200 กิโลกรัม
3. ปุ๋ยยูเรีย 2 กิโลกรัม
4. สารเร่ง พด.1 จำนวน 1 ช่อ

ทำการกลบกองปุ๋ยหมักทุก ๆ 15 วัน เมื่อปุ๋ยหมักมีการย่อยสลายดีแล้ว จะมีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ มีลักษณะยุ่ย ละเอียดและไม่มียากเหนียว



การเตรียมตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินชุดดินบ้านทอน บริเวณตำบลโคกเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร นำมาร่อนและผึ่งในที่ร่ม

วิธีการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized design: CRD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วยกรรมวิธี ดังนี้

- ตำรับการทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ (control)
- ตำรับการทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยหมัก 5 %โดยน้ำหนัก
- ตำรับการทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยหมัก 10 %โดยน้ำหนัก
- ตำรับการทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ยหมัก 20 %โดยน้ำหนัก
- ตำรับการทดลองที่ 5 ใส่ปุ๋ยหมัก 40 %โดยน้ำหนัก

ขั้นตอนการทดลอง

ผสมดินกับปุ๋ยหมักตามสัดส่วนตามตำรับการทดลอง บรรจุลงในถุงพลาสติกดำถุงละ 10 กิโลกรัม รดน้ำให้ดินที่ผสมมีความชื้นที่ความจุสนาม (Field capacity) แล้วหมักทิ้งไว้ประมาณ 5 วัน หลังจากนั้นปลูกข้าวโพด 1 ต้นต่อถุง

การเก็บข้อมูล

1. วัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดที่อายุ 45 วัน วัดตั้งแต่ส่วนที่อยู่เหนือดินจนถึงปลายยอด
2. บันทึกน้ำหนักสดของข้าวโพด โดยการตัดเฉพาะส่วนที่อยู่เหนือดินมาชั่ง
3. บันทึกน้ำหนักแห้งของข้าวโพด นำต้นข้าวโพดไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศา จนน้ำหนักแห้งคงที่

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างตำรับการทดลองด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์

1. ผลของการใช้ปุ๋ยหมักวัสดุอินทรีย์จากป่าพรุต่อความสูงของข้าวโพด

จากการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยหมักวัสดุอินทรีย์จากป่าพรุที่มีผลต่อความสูงของข้าวโพด พบว่า ตำรับการทดลองที่ใส่ปุ๋ยหมักวัสดุอินทรีย์จากป่าพรุอัตรา 40% โดยน้ำหนัก (ตำรับการทดลองที่ 5) มีความสูงเฉลี่ยมากที่สุดที่อายุ 45 วัน โดยมีความสูงเฉลี่ย 105.62 เซนติเมตร ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับตำรับการทดลองควบคุม (ตำรับการทดลองที่ 1) ซึ่งมีความสูงเฉลี่ยเพียง 78.75 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับกับตำรับการทดลองที่ 2, 3, และ 4 ซึ่งมีความสูงเฉลี่ยเท่ากับ 81.87, 87.82 และ 90.00 เซนติเมตรตามลำดับ (Table 1)

Table 1 Effect of Peat Swamp Forest Residue Compost on corn height

Treatment	Height (cm)
control	78.75 ^b
applying 5% (w/w) Peat swamp forest residue compost	81.87 ^b
applying 10% (w/w) Peat swamp forest residue compost	87.82 ^b
applying 20% (w/w) Peat swamp forest residue compost	90.00 ^b
applying 40% (w/w) Peat swamp forest residue compost	105.62 ^a
F-test	**
C.V.(%)	6.23

หมายเหตุ อักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

**มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($P < 0.01$)



2. ผลของการใช้ปุ๋ยหมักวัสดุอินทรีย์จากป่าพรต่อน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพด

จากการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยหมักวัสดุอินทรีย์จากป่าพรต่อน้ำหนักสดของข้าวโพด พบว่า ต้นข้าวโพดที่ใส่ปุ๋ยหมักวัสดุอินทรีย์จากป่าพร 40% น้ำหนักสด (ดำรับการทดลองที่ 5) มีน้ำหนักสดมากที่สุดที่อายุ 45 วัน โดยมีน้ำหนักสดเฉลี่ย 72.45 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการดำรับการทดลองควบคุมซึ่งมีน้ำหนักสดเฉลี่ย 16.64 กรัม

จากการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยหมักวัสดุอินทรีย์จากป่าพรต่อน้ำหนักแห้งของข้าวโพด พบว่า ต้นข้าวโพดที่ใส่ปุ๋ยหมักวัสดุอินทรีย์จากป่าพร 40% น้ำหนักแห้ง (ดำรับการทดลองที่ 5) มีน้ำหนักมากที่สุด โดยมีน้ำหนักเฉลี่ย 21.59 กรัม ซึ่งมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการดำรับการทดลองควบคุมซึ่งมีน้ำหนักเฉลี่ย 2.96 กรัม (Table 2)

Table 2 Effect of peat swamp forest residue compost on corn fresh weight and dry weight

Treatment	fresh weight	dry weight
control	16.64 ^c	2.96 ^d
applying 5% (w/w) Peat swamp forest residue compost	24.19 ^b	9.10 ^c
applying 10% (w/w) Peat swamp forest residue compost	27.01 ^b	7.85 ^c
applying 20% (w/w) Peat swamp forest residue compost	36.75 ^b	11.01 ^b
applying 40% (w/w) Peat swamp forest residue compost	72.45 ^a	21.59 ^a
F-test	**	**
C.V.(%)	7.261	6.20

หมายเหตุ อักษรที่เหมือนกันในสดมภ์เดียวกัน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

**มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99% ($P \leq 0.01$)

จากผลการศึกษาการใช้ปุ๋ยหมักวัสดุอินทรีย์จากป่าพรต่อน้ำหนักสดของข้าวโพด ทำให้พืชเจริญเติบโตได้ดีกว่าไม่ใส่ปุ๋ยหมัก เนื่องจากในปุ๋ยหมักมีการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมา ซึ่งสอดคล้องกับ นางลักขณ์ และวีณา (2557) ศึกษาการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชในดินที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ เพื่อศึกษารูปแบบการปลดปล่อย ปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินที่เป็นผลจากการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ โดยวิธีการปลูกหญ้าข้าวอย่างต่อเนื่อง ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ 3 ชนิด (ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก และ ปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน) ผลการทดลองพบว่า ปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ถูกปลดปล่อยออกมาในดินเมื่อมีการใส่ปุ๋ยคอกลงไป รองลงมาคือปุ๋ยหมักและปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน โดย ปริมาณไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่ถูกปลดปล่อยออกมาใน ดินส่วนใหญ่จะขึ้นอยู่กับปริมาณของ ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินและปุ๋ยอินทรีย์ที่นำมาใช้ และอมลณัฐ (2555) ได้ทดลองใส่ปุ๋ยหมักใบมะขามเพื่อปลูกข้าวโพดฝักอ่อนพบว่า มีผลทำให้อินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้นในขณะที่ปุ๋ยหมักฝักมะขามยังทำให้เพิ่มปริมาณของโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าสูงที่สุด นอกจากนี้การให้ปุ๋ยหมักใบมะขามและปุ๋ยหมักฝักมะขามประมาณ 4-6 ต้นต่อไร่มีแนวโน้มที่จะทำให้ข้าวโพดฝักอ่อนมีการเจริญเติบโตทางใบดีที่สุด และลดาวลัย (2546) ได้ศึกษาการทำปุ๋ยหมักจากเศษใบไม้แห้งและขยะอินทรีย์ พบว่า สภาวะการหมักขยะอินทรีย์ร่วมกับเศษใบไม้สับและมูลค้างคาว ทำให้ได้ปุ๋ยหมักที่มีคุณภาพดีโดยธาตุอาหารตามสัดส่วนของไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่เหมาะสมเท่ากับ 1.69 : 0.41 : 1.20 และสมถวิล (2545) ได้ทำการศึกษาลูกของปุ๋ยหมักฟางข้าวชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อผลผลิตของผักก็พบว่า ปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับมูลไก่ มีผลทำให้ถั่วฝักยาวและแตงกวาให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด ในขณะที่ปุ๋ยหมักฟางข้าวร่วมกับปุ๋ยมูลสุกรมีผลทำให้ผักกวางตุ้งให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงสุด นอกจากนี้สุภาพร และ ประวิทย์ (2558) ทดลองการทำ ปุ๋ยหมักและวัสดุปลูกจากวัชพืชน้ำและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า ค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตด้านความสูง จำนวนใบ และความกว้างเส้นผ่านศูนย์กลางใบ ของดำรับการทดลองดำรับการทดลอง ต่าง ๆ เมื่ออายุ 40 วัน โดยพบว่า วัชพืชน้ำ + ชีเถ้าแกลบ ในอัตราส่วน 15% มีอัตราการเจริญเติบโตมากที่สุด (ความสูง 32.51 ซม. จำนวนใบ 12.69 ใบ ความกว้างเส้นผ่านศูนย์กลางใบ 9.16 ซม.) ในขณะที่ดำรับ



การทดลองควบคุมมีค่าต่ำสุด (ความสูง 27.57 ซม. จำนวนใบ 11.73 ใบ ความกว้างเส้นผ่านศูนย์กลางใบ 8.89 ซม.) ทั้งนี้เนื่องจากสมบัติทางกายภาพและเคมีของวัชพืชน้ำ + ชีวเถ้าแกลบ ในอัตราส่วน 15% ซึ่งมีทั้งธาตุอาหารหลักและรองที่มีความเหมาะสม ต่อการเจริญเติบโตของพืช การนำวัชพืชน้ำไปใช้ประโยชน์อย่างหลากหลาย ในการทำปุ๋ยหมักและวัสดุปลูก

สรุป

ผลจากการทดลองใช้ปุ๋ยหมักจากวัสดุอินทรีย์ป่าพรุต่อการเจริญเติบโตของพืช พบว่า การใช้ปุ๋ยหมัก ในอัตรา 40 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ทำให้ต้นข้าวโพดมีการเจริญเติบโตมีความสูง น้ำหนักสด น้ำหนักแห้งได้ดีกว่าได้รับการทดลองได้รับควบคุม เนื่องจากในปุ๋ยหมักมีการปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมา

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจาก สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา (สกอ.) ปี พ.ศ.2555

เอกสารอ้างอิง

- ชรินทร์ สมานธิ และ สุวิทย์ ไทยนุกุล. 2538. การจำแนกประเภทของสังคมพืชป่าพรุในจังหวัดนราธิวาส. รายงานการวิจัย โครงการศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ, จังหวัดนราธิวาส. 99 น.
- ธนิตย์ หนูยิ้ม. 2559. โครงการพระราชดำริที่เกี่ยวข้องกับความหลากหลายทางชีวภาพ. โครงการศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง (งานป่าไม้) จังหวัดนราธิวาส อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. เข้าถึงได้จาก: www.forest.go.th/orip/index.php?option=com_content&view=article. [เข้าถึงเมื่อ วันที่ 9 เดือน มีนาคม พ.ศ.2560]
- นงลักษณ์ ประณะพงษ์ และ วิมา นิลวงศ์. 2557. การปลดปล่อยธาตุ อาหารพืชในดินที่มีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆ. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.
- พงษ์เทพ หาญพัฒนกิจ. 2557. การทบทวนวิธีการศึกษาผลผลิตและการย่อยสลายเศษซากชีวมวลในวัฏจักรคาร์บอนต่อการปลดปล่อยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในป่าเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า. ว. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (สาขา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) ปีที่ 6 ฉบับที่ 12 กรกฎาคม - ธันวาคม 2557.
- ลดาวลัย วัฒนะจิระ. 2546. การทำปุ๋ยหมักจากเศษใบไม้แห้งและขยะโดยวิธีหมักแบบใช้ออกซิเจน. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ, เชียงใหม่. 96 หน้า.
- สมถวิล รุ่งศิรินันท์พร. 2545. ผลของปุ๋ยหมักฟางข้าวชนิดต่างๆที่มีต่อผลผลิตของผัก. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏเลย, เลย. 43 หน้า.
- สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน และธนิตย์ หนูยิ้ม. 2539. ผลผลิตซากพืช และปริมาณธาตุอาหารในซากพืชของ ป่าพรุโต๊ะแดง จังหวัดนราธิวาส. ว. วนศาสตร์ 15:37-47.
- สุภาพร บัวชุม และ ประวิทย์ โตวัฒนะ. 2558. การทำปุ๋ยหมักและวัสดุปลูกจากวัชพืชน้ำและวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ในพื้นที่ลุ่มน้ำปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช. การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัย ระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6.
- อมลณัฐ ฉัตรตระกูล. 2555. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ปุ๋ยหมักจากวัสดุเหลือใช้ของมะขาม. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- เอิบ เขียววีระมณ. 2533. ดินของประเทศไทย ลักษณะ การกระจาย และการใช้. ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.



รูปแบบการปลูกข้าวหมุนเวียนที่มีผลต่อปริมาณและการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ส่วนต่างๆ ในดิน Rice-crop rotation patterns on amount and sequestration of soil organic carbon fractions

ศุภธิดา อ่ำทอง^{1*} แทนไท กล่อมจินดา¹ และปวีณนุช ปวงวงศ์คำ¹

Suphathida Aumtong^{1*} Tantai Glomchinda¹ and Paweenoot Pongwongkam¹

บทคัดย่อ

การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการปลูกข้าวหมุนเวียนเวลา 17-48 ปีต่อปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ส่วนต่างๆ และการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดิน เก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ต่างๆ ได้แก่ ปลูกข้าวนาปีเพียงอย่างเดียว (R) ปลูกข้าวนาปีหมุนเวียนปลูกหอมแดง (R-O) ปลูกข้าวนาปีหมุนเวียนปลูกมันฝรั่ง (R-P) และพื้นที่ปลูกข้าวนาปีและปลูกพืชชนิดต่างๆ (R-M) เก็บตัวอย่างดินความลึก 4 ระดับ คือ 0-5, 5-10, 10-15 และ 15-30 ซม. จากผิวดิน ผลการศึกษาพบว่าปริมาณ TOC ในดินที่ปลูกข้าวรูปแบบต่าง ๆ นั้นมีค่าอยู่ในช่วง 0.67- 0.27 % โดยรูปแบบ R-P มีปริมาณต่ำสุด เมื่อพิจารณาปริมาณ TOC และ LOC ที่ระดับความลึกของดิน พบว่า ปริมาณ TOC และ LOC จะมีปริมาณสูงสุดที่ดินชั้น 0-5 ซม. โดยรูปแบบ R มีความเข้มข้นของ TOC , POXC, HWSC , CLPSF และ CFPSF แต่อย่างไรก็ตามสัดส่วนของ labile organic carbon (LOC)/ TOC พบว่ารูปแบบ R-P มีอัตราส่วนสูงมาก โดยเฉพาะ POXC/TOC ซึ่งสูงกว่าดินการปลูกหมุนเวียนทุกรูปแบบ นอกจากนี้ปริมาณการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในส่วนของ TOC ระดับความลึกของดิน 0-30 ซม. พบว่าในดิน R-O (26.87 กก./ตร.ม.) สูงกว่าดินรูปแบบ R, R-M และ R-P (20.06, 21.19 และ 9.07 กก./ตร.ม. ตามลำดับ) ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการไถพรวนเพื่อเตรียมดิน การจัดการปุ๋ย และการทิ้งตอซังและฟางข้าวไว้ในพื้นที่อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณ POXC, CPOM-C และ FPOM-C ภายใต้ระบบการปลูกข้าวหมุนเวียนซึ่งมีผลต่อสะสมของ TOC ตลอดจนการรักษาผลผลิตของดินให้เกิดความยั่งยืนคุณภาพของดินและอาจเป็นแนวทางไปสู่การจัดการเกษตรอัจฉริยะที่ส่งผลต่อภูมิอากาศ

คำสำคัญ: การปลูกข้าวหมุนเวียน, อินทรีย์คาร์บอนในส่วนต่างๆ, การกักเก็บ

Abstract

The main objectives of this study was to investigate of rice upland rotation planting that had been practiced for 17-48 years, on the amount of various organic carbon fractions and sequestration of soil organic carbon in the soil by collecting soil samples from areas planted to paddy rice only (R), areas planted paddy rice rotate with onion rotation (R-O), areas planted to paddy rice rotation with potatoes (R-P), and from areas planted to paddy rice integrated with other diverse crops (R-M). Samples were collected soils from 4 depth levels: 0-5, 5-10, 10-15 and 15-30 cm from the surface. Results of the study showed that the average TOC in the soil planted to different rice systems ranged from 0.67- 0.27 % with R-P system significantly having the lowest average. Considering the amount of TOC and LOC of soil depth, it was shown that TOC and LOC had the highest amount in R system at 0-5 cm for TOC, POXC, HWSC, CLPSF and CFPSF. However, the proportion of various labile organic carbon (LOC) to total organic carbon showed that R-P had the highest amount particularly the POXC and higher than in soil planted to each system and also showed that amount of carbon accumulated in TOC at the depth of 0-30 cm in R-O soil (26.87 kg/sq m) was higher than in R, R-M and R-P (20.06, 21.19 and 9.07 kg/sq m, respectively). This indicated that plowing to prepare the soil for planting, fertilizer management, and incorporating the

¹ สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 50290

Soil science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University 50290.

* Corresponding Author: suphathidaaumtong@yahoo.com



crop left-overs by leaving behind the cobs and the straws in the soil, might have caused POXC, CPOM-C and FPOM-C under the rotation system to affect the accumulation of TOC including the maintenance of soil to be more sustainable in its quality and could serve as a guideline for climate smart agriculture.

Keywords: Rice rotation system, Organic carbon fractions, Sequestration

บทนำ

การปลูกข้าวนาดำสลับกับพืชชนิดอื่นถือว่ามีผลสำคัญ โดยเฉพาะภูมิภาคเอเชียใต้และตะวันออก เช่น จีน อินเดีย บังคลาเทศ ปากีสถาน (Zhou *et al.*, 2014) รูปแบบการปลูกพืชหมุนเวียนของข้าวจะมีหลากหลายรูปแบบ (different sequences) ซึ่งอาจจะสลับกับพืชไร่หรือพืชอุตสาหกรรมก็ได้ โดยพืชที่ปลูกสลับกับข้าวนั้นจะปลูกในช่วงฤดูแล้ง ในการสร้างความยั่งยืน จากงานวิจัยต่างๆ พบว่าการปลูกข้าวสลับกับพืชชนิดอื่นที่ส่งผลต่อผลผลิตภาพของดิน การพัฒนาประสิทธิภาพของระบบการปลูกพืช และกลยุทธ์ในการจัดการ เมื่อพิจารณาแล้วสามารถนำไปสู่ความยั่งยืนของความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตที่ได้สูงด้วย ลักษณะของดินปลูกข้าวที่หมุนเวียนไปปลูกพืชในสภาพดินไร่ (paddy-upland rotation) ควรที่จะพิจารณาจากผลกระทบที่เกิดขึ้น (Zhou *et al.*, 2014) โดยดินนา (paddy soil) ซึ่งอยู่ในสภาพขาดอากาศ (anoxic condition) มีแนวโน้มในการกักเก็บคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (soil organic carbon accumulation) ที่สูงกว่าดินไร่ (Tong *et al.*, 2009) นอกจากนี้ใช้การจัดการดิน เช่น การไถพรวน การจัดการเศษวัสดุอินทรีย์ การเผาเศษเหลือทางการเกษตร ตลอดจนการใส่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยอินทรีย์ ที่เกษตรกรได้ปฏิบัติกันอาจมีผลต่อปริมาณ คุณภาพ และการย่อยสลายคาร์บอนอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ในดิน (West and Post, 2002) ซึ่งคาร์บอนอินทรีย์ต่าง ๆ (carbon fractions) เหล่านี้ อาจถูกปกป้องจากการถูกย่อยสลาย (Von Lutzow *et al.*, 2006) ทำให้การสะสมของคาร์บอนอินทรีย์ในดินนา ซึ่งเป็นแนวทางเพิ่มผลผลิตภาพของดินในระบบการปลูกข้าวเป็นหลักสลับกับพืชอื่นยังมีความสำคัญต่อการสร้างความมั่นคงทางด้านอาหารอีกด้วย จากผลของการจัดการดินต่างๆ ให้กับพืชชนิดต่าง ๆ ในระบบการปลูกพืชหมุนเวียนนั้น เช่น สภาพของความชื้นของดินที่เป็นเปียกสลับแห้งหรือดินน้ำขังเป็นดินไร่ ความรุนแรงการไถเตรียมดิน การใส่ปุ๋ยชนิดต่างๆ จะส่งผลต่อสมบัติของดินรวมทั้งอินทรีย์คาร์บอนส่วนต่างๆ อีกด้วย (ศุภจิตา และปวีณนุช, 2560)

ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ เป็นพื้นที่การเกษตรที่สำคัญมีความเหมาะสมต่อการปลูกพืชเศรษฐกิจ 15,791 ไร่ คิดเป็น 38.67 % ของพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชเศรษฐกิจทั้งหมดในอำเภอสันทราย 40,834 ไร่ ซึ่งมีพืชเศรษฐกิจที่สำคัญได้แก่ ข้าว มันฝรั่ง หอมแดง ยาสูบ และ ผักชนิดต่างๆ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) โดยปลูกพืชหมุนเวียน นอกจากนี้ เกษตรกรในชุมชนมีการจัดการดินแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ได้แก่ การปลูกข้าวนาปีหมุนเวียนกับมันฝรั่งหรือหอมแดง เป็นต้น และไม่พบว่ามีมีการปลูกข้าวปีละไม่เกิน 1 ครั้ง เพื่อลดความเสี่ยงจากการขาดแคลนน้ำ อีกทั้งมีการส่งเสริมการปลูกพืชหลังนาเพื่อให้เกิดรายได้จากผลผลิตหลายๆ ชนิด รวมทั้งปรับปรุงบำรุงดินและลดเชื้อสาเหตุของโรคที่เกิดในข้าว จึงนำไปสู่ประเด็นสำคัญในการศึกษาอิทธิพลต่างๆ ของการปลูกพืชหมุนเวียนต่อการสะสมสิ่งต่างๆ โดยรวมในดิน เนื่องจากการปลูกพืชหลากหลายชนิดหมุนเวียนกันเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยการคุมโรคของพืช และโดยเฉพาะการรักษาระดับอินทรีย์วัตถุในดินไม่ให้ลดลงอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งสร้างความสมดุลของสารอาหารในเนื้อดินไม่ให้ถูกดูดออกไปจากการปลูกพืชชนิดเดียวเป็นเวลานานได้ (Carroll *et al.*, 1997)

อินทรีย์วัตถุในดิน (SOM) เป็นดัชนีที่ใช้ประเมินผลผลิตภาพของดินเพราะเป็นแหล่งของธาตุอาหารพืช เสริมสร้างโครงสร้างของดิน ซึ่งสมบัติของดินประเด็นนี้สามารถพบเห็นได้ในดินที่ใช้ทำการเกษตรอย่างเข้มข้น โดยโครงสร้างของดินถูกทำลายเพราะปริมาณ SOM ลดลง สำหรับคุณภาพดินที่ดีขึ้นพิจารณาจากการที่ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้น (Leifeld, 2012) เพื่อที่จะสามารถประเมินได้ว่าการผลิตพืชมีความยั่งยืนรวมทั้งทรัพยากรดิน อินทรีย์วัตถุมีอินทรีย์คาร์บอน (organic carbon) เป็นองค์ประกอบประมาณครึ่งหนึ่งและถือว่าเป็นดัชนีชี้วัดคุณภาพดินที่สามารถสะท้อนถึงระบบการจัดการดินและพืชในดินที่ใช้ทำการเกษตรได้ (Grigal and Ohmann, 1992) ส่วนอินทรีย์คาร์บอนในดินสามารถแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นส่วนยากต่อการสลายตัว (inert/recalcitrant organic carbon) เช่น ฮิวมัส หรือสารอินทรีย์ที่มีลักษณะเป็นองค์ประกอบ ซึ่งอาจจะใช้เวลาในการย่อยสลายหรือมีการเปลี่ยนแปลงในเวลายาวนานตั้งแต่หลายร้อยปีจนถึงหลายพันปี (Krull *et al.*, 2003) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่ช้ามาก สำหรับอินทรีย์คาร์บอนส่วนที่สองเป็นส่วนที่เป็นประโยชน์ (labile organic carbon) เป็นกลุ่มที่ถูกเปลี่ยนแปลงได้ง่าย เนื่องจากการใช้ที่ดินหรือสามารถตอบสนองต่อการจัดการดินแบบต่าง ๆ



(ศุภจิตา และพันธ์ศักดิ์, 2553) หรือถูกเปลี่ยนแปลงในระยะเวลาสั้นคือประมาณ 1-5 ปี (Chan *et al.*, 2003; Haynes, 2005) ได้แก่ อินทรีย์วัตถุที่แทรกตัวในเม็ดดิน Particulate organic matter (POM) (Dalal and Mayer, 1986), อินทรีย์คาร์บอนที่ละลายในน้ำ Water soluble carbon (WSC), อินทรีย์คาร์บอนที่ละลายในน้ำร้อน Hot water soluble carbon (HWSC) (Ghani *et al.*, 2003), อินทรีย์คาร์บอนที่ถูกออกซิไดซ์ด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต Permanganate oxidized carbon (POXC) (Weil *et al.*, 2003) (ศุภจิตา และคณะ, 2559) ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้เพื่อศึกษารูปแบบการปลูกข้าวสลับกับพืชหมุนเวียนชนิดต่างๆ ที่มีผลต่ออินทรีย์คาร์บอนส่วนต่างๆ ในดินที่มีการปลูกพืชในสภาพดินนาหมุนเวียนกับสภาพดินไร่

อุปกรณ์และวิธีการ

การเก็บตัวอย่างดิน

เก็บตัวอย่างดินจากพื้นที่ศึกษา ตำบลแม่แฝก อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ จากพื้นที่ที่มีการทำการเกษตรที่มีรูปแบบการปลูกข้าวหมุนเวียนที่ต่างกันในพื้นที่เดิม 4 แบบที่อยู่แยกกันอย่างละ 3 แปลง ได้แก่ พื้นที่ปลูกข้าวนาปีเพียงอย่างเดียว (R) พื้นที่ปลูกข้าวนาปีหมุนเวียนปลูกหอมแดง (R-O) พื้นที่ปลูกข้าวนาปีหมุนเวียนปลูกมันฝรั่ง (R-P) และพื้นที่ปลูกข้าวนาปีและปลูกพืชชนิดต่างๆ หลายหลาย ได้แก่ ยาสูบ กะหล่ำดอก ข้าวโพด ซึ่งมีการใช้ที่ดินตลอดทั้งปี (R-M) โดยเก็บดินจากการปลูกข้าวหมุนเวียนแบบ composite sample โดยที่ 1 composite sample ได้จากตัวอย่างย่อยแปลงละ 3 จุด แต่ละตัวอย่างแบ่งที่ความลึก 4 ระดับ ได้แก่ 0-5, 5-10, 10-15 และ 15-30 ซม. จากพื้นที่ที่มีการทำการเกษตรในระบบข้าวหมุนเวียนที่ต่างกันในพื้นที่เดิม 4 แบบ ได้แก่ ระบบ (R) 3 ราย ระบบ (R-O) 3 ราย ระบบ (R-P) 3 ราย ระบบ (R-M) 3 ราย รวมทั้งสิ้น 12 ราย ดังนั้น จำนวนตัวอย่างที่เก็บจากระบบข้าวหมุนเวียนเท่ากับ (4 รูปแบบการปลูกพืช x 3 ราย/รูปแบบ x 4 ระดับความลึกดิน = 48 ตัวอย่าง) โดยมีรายละเอียดของการจัดการดินรวมกับการปลูกของแต่ละแปลงได้แก่ การใส่เศษพืชที่เหลือลงในดิน (Crop residue incorporated) การใช้สารเคมี (Pesticide use) การใช้ปุ๋ยเคมี (Chemical fertilization intensity) การเผาเศษซาก (Frequency of burning) การไถพรวน (Tillage intensity) สามารถสรุปได้ดังนี้ (Table 1)

Table 1 Soil managements of rice- upland rotations interview of twelve farmers from Maefak area

Type of Rice Rotation	Description and crop residue management	Time of beginning (Age) of land use	Tillage of soil preparation	
			Rice	Plant rotation
R	rice-fallow (leave the rice straw on the soil surface)	1998(18 ys)	first: moldboard plough second: disk tiller third: rotary tillage	—
R-P	Rice-potato (leave straw after harvest and leave leaf and truck potato fragment on field.)	1989(27ys)		rotary tillage, plow up
R-O	rice-onion (leave straw to field)	1967(49 ys)		moldboard plough
R-M	Rice-mixed with various plants (e.g.tobacco, corn, cauliflower) leave leaf and stubble corn and cauliflower fragment on field	1978(38 ys)		rotary tillage, plow up



Table 1 Soil managements of rice- upland rotations interview of twelve farmers from Maefak area (conc.)

Type of Rice Rotation	Time of sowing	Plant rotation system	Annual fertilization	
		Harvest	Rice	Plant rotation
R	Early August	November	1. The basal placement at transplantation time 18-8-8: 125 kg ha ⁻¹ (20 kg rai ⁻¹) 2.at flowering and grain development stage 46-0-0: 94-125 kg ha ⁻¹ (15-20 kg rai ⁻¹)	—
R-P	December	late of March		21-0-18: 250 kg ha ⁻¹ (40 kg rai ⁻¹) , 21-0-0+Mg 21%:156 (kg ha ⁻¹) (25 kg rai ⁻¹) before planting
R-O	December	late of March		46-0-0:64 kg ha ⁻¹ (10 kg rai ⁻¹), 15-15-15:125 kg ha ⁻¹ (20 kg rai ⁻¹) two time after planting
R-M	Early December (cauliflower), December (corn) , January (tobacco)	late of March		21-0-0:125 kg ha ⁻¹ (20 kg rai ⁻¹) (tobacco), 46-0-0:187 kg ha ⁻¹ (30 kg rai ⁻¹) (corn), 15-15-15: 375 kg ha ⁻¹ (60 kg rai ⁻¹) (cauliflower)

การวิเคราะห์คุณสมบัติของดิน

เพื่อวิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนในส่วนต่างๆ ได้แก่ อินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดิน Total Organic Carbon: **TOC** (Walkley and Black, 1934) อินทรีย์คาร์บอนที่ละลายอย่างรวดเร็วในสารละลายเปอร์แมงกาเนต Permanganate Oxidizable Carbon: **POXC** (Weil et al., 2003) อินทรีย์คาร์บอนที่ละลายด้วยน้ำ Water Soluble Carbon: **WSC** (Ghani et al., 2003; Haynes, 2000) อินทรีย์คาร์บอนที่ละลายในน้ำร้อน Hot Water Soluble Carbon: **HWSC** (Fynn et al., 2003) อินทรีย์คาร์บอนที่แทรกตัวในเม็ดดินที่มีขนาดใหญ่ขนาด 0.250-1,000 มม. (Carbon in Large Particle Soil Fraction: **CLPSF**) และ อินทรีย์คาร์บอนที่แทรกตัวในดินที่มีอนุภาคขนาดเล็กขนาด 0.053-0.250 มม. (Carbon in Fine Particle Soil Fraction: **CFPSF** (Cambardella and Elliott, 1992)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลของรูปแบบการปลูกข้าวหมุนเวียนและระดับความลึกของดิน โดยแผนการวิเคราะห์แบบ factorial in Randomized Complete Block Design (RCBD) 2 ปัจจัย โดยปัจจัยที่ 1 ได้แก่ รูปแบบการปลูกข้าวหมุนเวียน) ประกอบด้วย 4 รูปแบบ ปัจจัยที่ 2 ได้แก่ ระดับความลึก ประกอบด้วย 4 ระดับความลึกประกอบด้วย 0-5, 5-10, 10-15 และ 15-30 ซม. สำหรับการเก็บรักษาอินทรีย์คาร์บอนนั้นเป็นจำคำนวณจากสมการดังนี้



การคำนวณการเก็บรักษาคาร์บอนของดิน

$$C \text{ storage by soil} = C \text{ conc. in soil} \times \text{Bulk density} \times \text{Soil depth} \quad (\text{Equation 1})$$

C sequestration (กรัม/ตร.ม.) โดยที่: C conc. in soil = ปริมาณความเข้มข้นของคาร์บอนในดิน Bulk density (กรัม/ลบ.ซม.) = ความหนาแน่นรวมของดิน Soil depth ที่ระดับความลึกแต่ละระดับ จากนั้นนำผล C sequestration ของแต่ละระดับมารวมกันเป็น 0-30 ซม. แล้วนำไปวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ RCBD

ผล

ผลของรูปแบบการปลูกข้าวหมุนเวียนต่อความเข้มข้นอินทรีย์คาร์บอนในดิน

ผลจากการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยทุกระดับความลึกพบว่าปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ส่วนต่างๆ ในดินของดินที่มีการปลูกข้าวหมุนเวียน 4 รูปแบบ พบว่าปริมาณของ TOC ในดินปลูกข้าวรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ R , R-O , R-M และ R-P มีปริมาณ TOC ระหว่าง 0.67- 0.27 % โดยรูปแบบ R-P มีปริมาณต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (Table 2) ในส่วนของ WSC ในดินรูปแบบ R , R-M , R-P และ R-O โดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 41.39, 40.89, 15.78 และ 23.28 มก./กก. ตามลำดับ และในส่วนของ HWSC มีปริมาณเฉลี่ยของ HWSC R, R-P, R-O และ R-M คือ 100.00 , 75.83 , 90.28 และ 71.89 มก./กก. ตามลำดับ จะเห็นว่ารูปแบบ R พบว่ามีปริมาณ DOM สูงสุด สำหรับปริมาณของ POXC ในดินรูปแบบ R และ R-O มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 1363.40 และ 1266.40 มก./กก. ตามลำดับ มีค่าสูงกว่าดินรูปแบบ R-P และ R-M ที่มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 861.12 และ 810.26 มก./กก. ตามลำดับ ในส่วนคาร์บอนอินทรีย์ที่อยู่ในเม็ดดินขนาดใหญ่หรือ CLPSF พบว่าในดินรูปแบบ R และ R-O มีปริมาณของ CLPSF เท่ากับ 628.06 และ 666.67 มก./กก. ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่า R-M และ R-P ซึ่งมีปริมาณเท่ากับ 492.78 และ 209.44 มก./กก. ตามลำดับ และส่วนคาร์บอนอินทรีย์ที่อยู่ในเม็ดดินขนาดเล็กหรือ CFPSF ในดินรูปแบบ R, R-O และ R-M มีปริมาณเฉลี่ย CFPSF 1551.70 , 1573.60 , 1385.80 มก./กก. ตามลำดับ และสูงกว่า R-P (674.72 มก./กก.) อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) (Table 2)



Table 2 Effect of rice rotation patterns on soil organic carbon fractions concentration

Type	Depth (cm)	TOC (%)	WSC	HWSC	POXC	CLPSF	CFPSF
			mg kg ⁻¹				
R	0-5	0.95 ^a	44.44 ^{abc}	112.22 ^a	1696.11 ^a	846.11 ^a	2090.65 ^a
	5-10.	0.67 ^{abc}	45.55 ^{ab}	103.33 ^{ab}	1362.84 ^{ab}	573.89 ^{abc}	1623.94 ^{ab}
	10-15.	0.64 ^{abc}	37.78 ^{abcde}	100.00 ^{ab}	1277.51 ^{abcd}	607.22 ^{ab}	1485.01 ^{ab}
	15-30.	0.40 ^{bcd}	37.78 ^{abcde}	84.44 ^{bcd}	1117.12 ^{bcde}	485.00 ^{bcde}	1007.22 ^{bcde}
	0-30	0.67 A	41.39 A	100.00 A	1363.40 A	628.06 A	1551.70 A
R-M	0-5	0.56 ^{bcd}	35.88 ^{abcde}	68.56 ^d	799.01 ^e	459.44 ^{bcde}	1292.87 ^{bcd}
	5-10.	0.73 ^{ab}	38.11 ^{abcde}	67.44 ^d	772.72 ^e	553.89 ^{abcd}	1481.71 ^{ab}
	10-15.	0.59 ^{abcd}	47.00 ^a	66.33 ^d	833.95 ^{de}	509.44 ^{abcde}	1353.97 ^{bc}
	15-30.	0.60 ^{abcd}	42.55 ^{abcd}	85.22 ^{bcd}	835.56 ^{de}	448.33 ^{bcde}	1415.01 ^{ab}
	0-30	0.62 A	40.89 A	71.89 C	810.26 B	492.78 B	1385.80 A
R-O	0-5	0.75 ^{ab}	29.66 ^{abcde}	101.11 ^{ab}	1269.92 ^{abcd}	700.00 ^{ab}	1611.16 ^{ab}
	5-10.	0.64 ^{ab}	16.33 ^{de}	83.33 ^{bcd}	1286.32 ^{abcde}	694.44 ^{ab}	1666.74 ^{ab}
	10-15.	0.64 ^{abc}	11.88 ^e	80.00 ^{bcd}	1315.83 ^{abc}	633.33 ^{ab}	1477.87 ^{ab}
	15-30.	0.75 ^{ab}	35.22 ^{abcde}	96.67 ^{abc}	1193.63 ^{bcde}	638.89 ^{ab}	1538.95 ^{ab}
	0-30.	0.73 A	23.28 B	90.28 AB	1266.40 A	666.67 A	1573.60 A
R-P	0-5	0.25 ^d	14.11 ^e	85.56 ^{bcd}	847.82 ^{de}	190.00 ^e	667.82 ^{de}
	5-10.	0.30 ^{cd}	18.55 ^{bcde}	71.11 ^d	862.56 ^{cde}	240.00 ^{cde}	717.82 ^{cde}
	10-15.	0.24 ^d	13.00 ^e	66.33 ^d	847.88 ^{de}	178.89 ^e	601.13 ^e
	15-30.	0.29 ^{cd}	7.44 ^{cde}	85.22 ^{bcd}	886.42 ^{cde}	228.89 ^{de}	712.24 ^{cde}
	0-30	0.27 B	15.78 B	75.83 BC	861.12 B	209.44 C	674.72 B

สำหรับผลของระดับความลึกของดินนั้นจากการศึกษาผลของรูปแบบปลูกข้าวหมุนเวียนต่อปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดินพบว่า จะเห็นได้ว่าปริมาณ TOC และ LOC เกือบทุกชนิดจะมีปริมาณสูงสุดที่ตื้นชั้นบน โดยรูปแบบ R ที่ความลึก 0-5 cm มีความเข้มข้นของ TOC , POXC, HWSC , CLPSF และ CFPSF สูงเท่ากับ 0.95 % ในส่วนของ WSC รูปแบบ R-M ที่ความลึก 10-15 ซม. มีความเข้มข้นของ WSC สูงที่สุด เท่ากับ 47 มก./กก. (Table 2) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อนำเสนอปริมาณ labile organic carbon (LOC) ต่าง ๆ เป็นสัดส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดจะเห็นได้ว่า R-P มีปริมาณสูงมากกว่าดินที่มีการปลูกหมุนเวียนทุกรูปแบบ (Table 2) โดยมีลำดับ POXC > CPOM-C > FPOM-C >> HWSC > WSC (Table 3)



Table 3 Effect of rice rotation patterns on soil organic carbon fractions percentage of total organic carbon (% of TOC)

	% of TOC						
	WSC	HWSC	POXC	CLPSF	CFPSF	LOC	MISC
R 0	0.49 BCD	1.24 B	18.37 CD	9.043 AB	22.07 B	51.22 BCD	48.77 ABC
R 5	0.73 ABCD	1.57 B	20.96 CD	8.518 B	24.17 B	55.95 BCD	44.05 ABC
R 10	1.25 A	1.98 B	27.77 BCD	11.513 AB	25.78 B	68.29 ABCD	31.70 ABCD
R 15	1.05 AB	2.35 B	31.30 BCD	13.337 A	25.76 B	73.79 ABCD	26.21 ABCD
	0.88 A	1.78 B	24.60 B	10.603 A	24.45 B	62.31 B	37.69 A
R-mix 0	0.68 ABCD	1.29 B	14.62 D	7.982 B	23.32 B	47.89 CD	52.11 AB
R-mix 5	0.66 ABCD	1.19 B	11.98 D	7.527 B	22.59 B	43.95 D	56.05 A
R-mix 10	0.84 ABCD	1.30 B	14.00 D	8.223 B	23.10 B	47.46 CD	52.54 AB
R-mix 15	0.82 ABCD	1.72 B	14.72 D	9.392 AB	23.83 B	50.49 BCD	49.51 ABC
	0.75 A	1.38 B	13.83 B	8.281 A	23.21 B	47.45 B	52.56 A
R-O 0	0.43 BCD	1.44 B	17.57 CD	9.332 AB	21.58 B	50.35 BCD	49.65 ABC
R-O 5	0.32 CD	1.28 B	20.34 CD	8.753 AB	22.06 B	52.75 BCD	47.25 ABC
R-O 10	0.16 D	1.32 B	22.18 BCD	9.614 AB	23.61 B	56.88 BCD	43.12 ABC
R-O 15	0.60 ABCD	1.68 B	19.04 CD	8.609 AB	21.60 B	51.53 BCD	48.47 ABC
	0.38 B	1.43 B	19.78 B	9.077 A	22.21 B	52.88 B	47.12 A
R-P 0	0.91 ABC	6.33 A	61.42 AB	10.558 AB	34.58 A	113.79 A	-13.791 D
R-P 5	0.57 BCD	4.42 AB	55.23 ABC	9.956 AB	25.96 B	96.13 ABC	3.87 BCD
R-P 10	0.74 ABCD	6.82 A	73.60 A	10.846 AB	26.41 B	118.42 A	-18.418 D
R-P 15	0.84 ABCD	4.06 AB	56.70 ABC	9.754 AB	26.71 B	98.05 AB	1.946 CD
	0.77 A	5.41 A	61.74 A	10.278 A	28.41 A	106.60 A	-6.599 B

การเก็บสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดินปลูกข้าว

ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ส่วนต่างๆ ที่ถูกเก็บสะสมไว้ในดินภายใต้รูปแบบการปลูกข้าวหมุนเวียนแบบต่าง ๆ ที่ระดับความลึก 0-30 ซม. พบว่าปริมาณการสะสมคาร์บอนในส่วนของ TOC ในดิน R-O (26.87 กก./ตร.ม.) สูงกว่าดิน R,R-M และ R-P (20.06, 21.19 และ 9.07 กก./ตร.ม. ตามลำดับ) แต่ขณะที่ในส่วนของคาร์บอนอินทรีย์ที่สลายตัวง่าย ได้แก่ CPOM-C, FPOM-C และ POXC ในดินปลูกข้าวที่ปฏิบัติการทั่วไป (conventional rice farming, CRF) มีปริมาณสูงกว่าดินปลูกข้าวอินทรีย์ (organic rice farming, ORF) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) (ศุภจิตา และปวีณนุช, 2560) (Table 4)

Table 4 the storage of organic carbon fractions in rice rotation patterns at 0-30 cm soil depth

Type	kg m ⁻²					
	WSC	HWSC	POXC	CLPSF	CFPSF	TOC
R	0.1433 A	0.3300 A	4.5156 A	2.0544 AB	4.7400 A	20.06 B
R-M	0.1467 A	0.2667 AB	2.8522 B	1.6200 B	4.8233 A	21.19 B
R-O	0.0933 B	0.3189 AB	4.3100 A	2.4100 A	5.6167 A	26.87 A
R-P	0.0533 C	0.2544 B	2.8611 B	0.6844 C	2.2156 B	9.07 C

วิจารณ์

การจัดการดินที่มีผลต่อปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ส่วนต่างๆ และการเก็บสะสมคาร์บอน

การจัดการฟางข้าวและเศษตอซัง

หลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวออกจากพื้นที่แล้วทิ้งเศษเหลือทางการเกษตรไว้ในพื้นที่โดยใช้ฟางข้าวและเศษซากตอซังคลุมดิน ซึ่งพบในรูปแบบ R การจัดการเศษเหลือทางการเกษตรดังกล่าวถือว่าเป็นวิธีการสำคัญในการสะสมคาร์บอนอินทรีย์ (ศุภิตา และปวีณนุช, 2560) จากรายงานของ Asari *et al.* (2007) รายงานว่าการคลุมฟางข้าวไว้บนผิวดินในสภาพไม่มีน้ำขังนั้นถูกย่อยสลายด้วยจุลินทรีย์ดินช้ากว่าการไถกลบฟางข้าวลงไปดิน แต่มีอัตราการสลายตัวไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งคาร์บอนอินทรีย์เป็นการเพิ่ม ไนโตรเจนอินทรีย์ และ NO_3^- ตลอดจนเป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ ซึ่งเป็นแหล่งให้คาร์บอนสำหรับจุลินทรีย์ได้ เป็นต้น ดังนั้นฟางข้าวที่เหลือไว้ในพื้นที่นั้นจะเป็นแหล่งของคาร์บอนอินทรีย์ต่อไป ซึ่งมีผลต่อสมบัติต่างๆของดิน-อีกด้วย สำหรับการทิ้งตอซังและฟางข้าวไว้บนผิวดินยังเป็นที่อยู่ของจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลาย SOM โดย Guenet *et al.* (2010) เสนอแนะว่าจุลินทรีย์ที่เข้าไปย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดิน (Soil Organic Matter, SOM) และยังสามารถเพิ่มปริมาณ LOC ด้วย ซึ่งจุลินทรีย์ดินจะเลือกใช้ LOC ก่อน เพราะมีความชอบในการใช้แหล่งอาหารที่ใช้ได้ง่ายมากกว่า SOM จากการศึกษาครั้งนี้ในดิน ORF เกษตรกรได้นำเศษเหลือดังกล่าวทิ้งไว้บนพื้นที่โดยเฉพาะฟางข้าว (ศุภิตา และปวีณนุช, 2560)

การเผาฟางข้าวและเศษซากตอซัง

การเผาเศษซากตอซังข้าวนั้นทำให้ปริมาณลิกนินมีทั้งเพิ่มขึ้นหรือลดลงซึ่งในดินปลูกข้าวที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีประจำติดต่อกันเป็นเวลามากกว่า 30 ปี มีปริมาณ POXC ที่สูงกว่าดินปลูกข้าวแบบอินทรีย์ (10 ปี) (ศุภิตาและปวีณนุช, 2560) อาจเกิดจากเพอร์แมแกนเตสสามารถออกซิไดซ์ลิกนินที่เกิดจากการเผาตอซังและฟางข้าวของดินแบบมีการใส่ปุ๋ยเคมีนั้นอาจมีปริมาณลิกนินที่สูงกว่า (ศุภิตาและปวีณนุช, 2560) คาร์บอนที่สลายตัวง่าย (LOC fraction) เพิ่มขึ้นและเป็นสารที่เป็นประโยชน์ต่อจุลินทรีย์ดิน และเป็นการกระตุ้นกิจกรรมจุลินทรีย์ดินในการสลาย SOM (Kuzaykov, 2010) ในดินปลูกข้าวที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีติดต่อกันเป็นเวลานานนั้นมีปริมาณ LOC สูงนั้น อาจจะต้องพิจารณาการจัดการดินอื่น ๆ และสมบัติของดินต่างๆประกอบด้วย (ศุภิตาและปวีณนุช, 2560)

การไถเตรียมดินและกลบเศษซากตอซังรากและฟางข้าว

การศึกษานี้ได้พิจารณาตั้งแต่การปลูกข้าวโดยมีการทำเทือกหรือตีตรมเป็นกระบวนการที่ทำให้โครงสร้างของดินสูญเสียและนำไปสู่ให้อัตราการซึมซ่าน้ำลดลง จากการที่ช่องว่างขนาดใหญ่ (Macropore) ซึ่งเป็นช่องว่างที่เกิดการเคลื่อนที่ได้ถูกทำให้ลดลงจากช่องว่างทั้งหมด ส่วนช่องว่างขนาดเล็กจะเพิ่มขึ้น (Micropore) (Sharma and Bhagat, 1993 อ้างโดย ศุภิตา, 2558) การทำเทือกเป็นการเปลี่ยนโครงสร้างของดินทำให้ดินเกิดโครงสร้างใหม่ (Regeneration of soil structure) ซึ่งเป็นผลดีต่อการปลูกข้าวด้วย แต่ผลดังกล่าวไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชไร่ (Upland crop) ที่ปลูกตามมา เพราะว่าโครงสร้างถูกทำลายและเป็นการลดการซึมน้ำ ซึ่งอาจจะเกี่ยวข้องกับอินทรีย์คาร์บอนในส่วนต่าง ๆ โดยเฉพาะ CLPSF และ CFPSE

การไถเตรียมดินเป็นการทำลายเม็ดดินขนาดใหญ่ (macroaggregates; $> 1000 \mu\text{m}$) แต่พบเม็ดดินขนาดเล็ก (microaggregate; $53-250 \mu\text{m}$) เพิ่มขึ้น ทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณ SOM (Yamashita *et al.*, 2005) สำหรับเศษซากตอซัง ราก และฟางข้าวเมื่อถูกไถกลบลงดินและสลายตัวในที่สุดเกิดเป็น SOM และในระหว่างการย่อยของซากอินทรีย์เหล่านั้นอาจเป็นแหล่งของ LOC ต่าง ๆ ด้วย เช่น อินทรีย์สารที่ละลายน้ำในดิน (DOM) (ซึ่งได้แก่ WSC และ HWSC) สำหรับ CPOM-C พบว่าเป็น LOC ที่มีการตอบสนองต่อการไถพรวนดินชัดเจนโดยเฉพาะดินชั้นบน จากรายงานของ Awale *et al.* (2013) มีการศึกษาการทิ้งตอซังข้าวและฟางข้าวบนผิวดินมีปริมาณ CPOM-C มีปริมาณ 33 – 45 % ของ TOC

ผลของการใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์

ระบบการปลูกข้าวหมุนเวียนแบบต่าง ๆ นั้นโดยเฉพาะ R-O ที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์เพิ่มขึ้นในอัตราที่สูงกว่ารูปแบบ R นั้น จากการใส่ปุ๋ยเคมีติดต่อกัน 32 ปีในดินปลูกข้าวโพดทำให้ปริมาณ SOM สะสมเพิ่มขึ้น 22-30 % เมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมีที่เพิ่มขึ้นประมาณ 15-20% (John *et al.*, 2005) นอกจากนี้ Haynes and Naidu (1998) ได้ศึกษาแปลงที่ได้รับปุ๋ย NPK ติดต่อกันเป็นเวลานานนั้นพบว่า SOM เพิ่มขึ้น 15 % เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่ได้ใส่ปุ๋ย ส่วน Yan *et al.* (2013) ได้รายงานการใส่ปุ๋ยเคมี NPK ร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ปริมาณ CPOM-C และ FPOM-C และปริมาณการสะสมของ CPOM-C และ FPOM-C สูงกว่าดินที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย การใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ส่งเสริมให้ SOM เพิ่มขึ้น (Gong *et al.*, 2009) อาจกล่าวได้ว่าการใส่ปุ๋ยเคมีสามารถส่งเสริมการปกป้องกันคาร์บอนและไนโตรเจนโดยเกิดจากเม็ดดินขนาดใหญ่ จะเห็นได้ว่าการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์ส่งเสริม SOM เพิ่มขึ้นในดินซึ่งอาจพบในดิน R-O และ R-P ตลอดจนปริมาณของ LOC เช่น HWSC และ POXC เพิ่มขึ้นเช่นกัน (Aumtong *et al.*, 2009 อ้างโดย ศุภธิดา และปวีณนุช, 2560) นี้อาจได้รับปกป้องจากอนุภาค silt และอนุภาค clay โดยกระบวนการดูดซับหรือด้วยกลไกกายภาพ เช่น การถูกจับอยู่ในโครงสร้างของเม็ดดินขนาดเล็ก นอกจากนี้ลิกนินจะถูกออกซิไดซ์โดยเพอร์แมกานเนตได้ดีกว่าเซลลูโลสเพราะโครงสร้างโมเลกุลของลิกนินนั้นถูกสร้างมาจาก glycol groups และ double bonds ซึ่งง่ายต่อการถูกออกซิไดซ์ ซึ่งวิธีการในหาปริมาณ POXC นั้นอาจสามารถออกซิไดซ์ C ที่เป็นส่วนประกอบของลิกนินที่ถูกปกป้องด้วยกลไกทางกายภาพ (Tirol-Padre and Ladha, 2004) จะเห็นได้ว่าดินในรูปแบบการปลูกข้าวหมุนเวียนทุกรูปแบบนั้นมีอัตราส่วนของ POXC/TOC สูง โดยเฉพาะ R-P ที่มีการทิ้งฟางข้าว ตอซัง และรากข้าวไว้ในพื้นที่นั้นอาจมีลิกนินที่สามารถถูกออกซิไดส์ได้สูงกว่าประกอบกับรูปแบบ R-P นี้มีการใส่ปุ๋ยเคมีอีกด้วยซึ่งอาจส่งผลต่อปริมาณ LOC ส่วนต่างๆ ด้วย และมีความเป็นไปได้ว่าปริมาณ POXC นี้มีผลต่อปริมาณ C ที่มีสะสมในดินเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการจัดการดินในแบบต่าง ๆ ที่มีผลต่อปริมาณ TOC และ LOC เป็นภาพสะท้อนต่อการสะสมคาร์บอนอินทรีย์อีกด้วยกลไกต่างๆ (ศุภธิดา และปวีณนุช, 2559) ดังที่กล่าวข้างต้น

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าการเก็บสะสม LOC ในดิน R-P สูงกว่าดินรูปแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งไม่สอดคล้องกับการสะสมของ TOC (หรืออินทรีย์วัตถุในดิน) อาจกล่าวได้ว่า LOC ในดิน R-P เพิ่มขึ้นเนื่องจากการจัดการดิน เช่น การใส่ปุ๋ยเคมีที่มีปริมาณสูงกว่ารูปแบบอื่นซึ่งจะใช้เป็นตัวบ่งชี้ที่สะท้อนคุณภาพดินและปริมาณ LOC ที่เกิด ดังนั้นรูปแบบการปลูกข้าวหมุนเวียนการจัดการเศษเหลือเช่นฟางข้าวและตอซัง ตลอดจนเศษเหลือทางการเกษตรอื่น ๆ จึงมีความต่อการจัดการดินเพื่อนำไปสู่ในการหมุนเวียนธาตุอาหารพืช เช่น ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน เป็นต้น ที่จำเป็นสำหรับการปลูกข้าว ตลอดจนการรักษาผลผลิตของดินให้เกิดความยั่งยืน นอกจากนี้การรักษาคุณภาพของสิ่งแวดล้อม เช่น การลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากภาคเกษตรโดยใช้การเก็บสะสม TOC ไว้ในดิน ดังนั้น ควรเป็นสิ่งที่ต้องตระหนักถึงการจัดการเศษซากตอซังและฟางข้าวมีผลต่อปริมาณ LOC แบบต่างๆ ซึ่งมีความสำคัญต่อการการย่อยสลาย SOM การปลดปล่อยธาตุอาหารและความอุดมสมบูรณ์ของดิน เช่น POXC, CPOM-C และ FPOM-C มีบทบาทต่อการสร้างและความคงทนเม็ดดิน และ HWSC และ WSC มีบทบาทเป็นแหล่งอาหารสำหรับจุลินทรีย์ (ศุภธิดา และปวีณนุช, 2560)

ความสัมพันธ์ระหว่าง LOC กับการรักษาคาร์บอน

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าทั้งปริมาณและการสะสมของ LOC มีค่าสหสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณและการเก็บรักษาของ TOC ที่ระดับ 0-30 ซม.อย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะ POXC, CLPSE และ CFPSE โดยอาจจะกล่าวได้ว่า TOC เป็นปัจจัยหลักของ LOC เหล่านี้ ซึ่งสอดคล้องกับ (Zhu *et al.*, 2016) นอกจากนี้ LOC ส่วนต่างๆ ยังมีสหสัมพันธ์ต่อกันด้วย (Table 5)

**Table 5** The correlation (r) between TOC and labile carbon fractions in meaning of concentration and storage

	Storage (0-30 cm)					
	TOC	POXC	WSC	HWSC	CLPSE	CFPSE
POXC	0.6077					
	0.0001					
WSC	0.4172	0.2989				
	0.0114	0.0766				
HWSC	0.1962	0.4330	0.2536			
	0.2515	0.0084	0.1356			
CLPSE	0.9127	0.6518	0.4118	0.1966		
	0.0000	0.0084	0.0126	0.2505		
CFPSE	0.9841	0.5977	0.4806	0.2284	0.9067	
	0.0000	0.0001	0.0030	0.1802	0.0000	
	Concentration					
	TOC	POXC	WSC	HWSC	CLPSE	CFPSE
POXC	0.4156					
	0.0000					
WSC	0.1770	0.0092				
	0.0338	0.9124				
HWSC	0.1874	0.1951	0.0726			
	0.0245	0.0191	0.3870			
CLPSE	0.8883	0.4334	0.2366	0.2265		
	0.0000	0.0000	0.0043	0.0063		
CFPSE	0.9502	0.4121	0.2095	0.2467	0.8897	
	0.0000	0.0000	0.0117	0.0029	0.0000	

จากผลสามารถเห็นได้อย่างชัดเจน ส่วนในรูปแบบปลูกข้าว R มีความเข้มข้นของอินทรีย์คาร์บอนในส่วนต่างๆ สูงที่สุด ซึ่งเป็นไปได้ว่า ปัจจัยต่างๆจากการจัดการพืชนาดิน จาก (Table 1) รูปแบบ R มีการใช้ที่ดินปลูกข้าวเพียงอย่างเดียว 4 เดือนต่อปี พร้อมทั้งทิ้งเศษฟางข้าวให้ย่อยสลายหลังจากเก็บเกี่ยวผลผลิต ข้อสันนิษฐานดังกล่าวมีส่วนช่วยในการอนุรักษ์ดินรวมทั้งยังช่วยรักษาระดับของอินทรีย์คาร์บอนในส่วนต่างๆ ไว้ในดิน ส่วนการปลูกข้าวหมุนเวียน รูปแบบ R-P มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่ำกว่า รูปแบบ R-O และ R-M ซึ่ง R-P มีความเข้มข้นของอินทรีย์คาร์บอนในส่วนต่างๆ ต่ำกว่ารูปแบบอื่นๆ โดยเฉพาะในส่วนของ TOC ซึ่งยังไม่ทราบถึงอิทธิพลที่แน่ชัด แต่อาจเป็นผลของชนิดพืชหลังนาที่เนื่องพืชบางชนิดต้องมีการจัดการธาตุอาหารในปริมาณมากเพื่อให้ได้ขนาดและน้ำหนักของผลผลิตเพื่อการค้าจำเป็นต้องมีการเติมธาตุอาหารในปริมาณสูงลงในดิน ตัวอย่างเช่นจากการศึกษาของ (Anderson, 2012) กล่าวว่า การปลูกมันฝรั่งจำเป็นต้องปลูกในพื้นที่ที่เหมาะสมเนื่องจากมันฝรั่งเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารในปริมาณมากและมักจะก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมของดิน (shabby soil) ตัวอย่างจากการศึกษาของ (Liang *et al.*, 2012) ที่ศึกษาผลกระทบของการใส่ปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตของข้าวสาลี และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้อธิบายว่าปุ๋ยเคมีมีส่วนช่วยในการเร่งการย่อยสลายของ labile carbon



สรุป

รูปแบบปลูกข้าวหมุนเวียนแบบต่างๆ ส่งผลต่อระดับอินทรีย์คาร์บอนในส่วนต่างๆ ปริมาณเฉลี่ยของ TOC ของดินปลูกข้าวรูปแบบ R-P มีปริมาณต่ำสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับระดับความลึกของดินพบว่าปริมาณ TOC และ LOC ทุกชนิดมีปริมาณสูงสุดที่ดินชั้น 0-5 ซม. โดยรูปแบบ R มีความเข้มข้นของ TOC , POXC, HWSC , CLPSF และ CFPSF แต่อย่างไรก็ตามสัดส่วนของ LOC/TOC พบว่ารูปแบบ R-P มีค่าสูงมากโดยเฉพาะ POXC/TOC ปริมาณการสะสมคาร์บอน (0-30 ซม.) ในดิน R-O (26.87 กก./ตร.ม.) สูงกว่าดินรูปแบบ R,R-M และ R-P ซึ่งให้เห็นว่าการปลูกข้าวหมุนกับพืชรูปแบบต่างๆ นั้นอาจจะเป็นผลมาจากการไถพรวนเพื่อเตรียมดิน การจัดการปุ๋ย และการทิ้งตอซังและฟางข้าวไว้ในพื้นที่ ซึ่งมีผลต่อสะสมของคาร์บอนอินทรีย์ การรักษาผลผลิตภาพของดิน ความยั่งยืนคุณภาพของดินและอาจเป็นแนวทางไปสู่การจัดการเกษตรอัจฉริยะที่ส่งผลต่อภูมิอากาศ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัยจากโครงการ “การจัดทำแผนที่อินทรีย์วัตถุและความอุดมสมบูรณ์ของดิน กรณศึกษาพื้นที่อำเภอสนทรายและอำเภอแม่แตง ประจำปี 2558”

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. โปรแกรมสำรวจแผนที่ทางการเกษตร Agrimap. เข้าถึงได้จาก: <http://agri-map-online.moac.go.th/> [เข้าถึงเมื่อวันที่ 18 ธันวาคม 2559].
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร.
- ศุภธิดา อ่ำทอง และ พันธศักดิ์ ธาตา. 2553. ความสัมพันธ์ระหว่างการเก็บรักษาอินทรีย์คาร์บอนของดินที่มีการใช้ที่ดินแบบต่างๆ และคุณภาพของดิน. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่
- ศุภธิดา อ่ำทอง, แทนไท กล่อมจินดา และปวีณนุช ปวงวงศ์คำ. 2559. อินทรีย์วัตถุที่สกัดด้วยน้ำภายใต้ความแตกต่างของการใช้ที่ดินและความสัมพันธ์ต่อการเก็บสะสมคาร์บอนอินทรีย์ในดิน. ใน การประชุมทางวิชาการเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 14 “เกษตรและสุขภาพ” (Agriculture and Health) วันที่ 1 - 2 พฤศจิกายน 2559. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- ศุภธิดา อ่ำทอง และปวีณนุช ปวงวงศ์คำ. 2560. ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนส่วนต่างๆ และการเก็บสะสมภายใต้ดินปลูกข้าว. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร. 34(2).
- Anderson, E. 2012. Potato Council. Agriculture and Horticulture Development Board. Stoneleigh Park.
- Asari, N., Ishihara, R., Nakajima, Y., Kimura, M. and Asakawa, S. 2007. Succession and phylogenetic composition of eubacterial communities in rice straw during decomposition on the surface of paddy field soil. Soil Science and Plant Nutrition. 53: 56–65.
- Aumtong, S., Magid, J., Bruun, S. & de Neergaard, A. 2009. Relating soil carbon fractions to land use in sloping uplands in northern Thailand. Agriculture, Ecosystems and Environment. 131: 229–239.
- อ่ำทอง ศุภธิดา อ่ำทอง และปวีณนุช ปวงวงศ์คำ. 2560. ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนส่วนต่างๆ และการเก็บสะสมภายใต้ดินปลูกข้าว. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร. 34(2).
- Awale, R, Chatterjee, A and Franzen, D. 2013. Tillage and N-fertilizer influences on selected organic carbon fractions in a North Dakota silty clay soil. Soil and Tillage Research. 134: 213-222.
- Cambardella, C. A. and E.T. Elliott. 1992. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Science Society of America Journal. 56 (3): 777–783
- Carroll, C., Halpin, M., Burger, P., Bell, K., Sallaway, M.M., and Yule, D.F. 1997. The effect of crop type, crop rotation, and tillage practice on runoff and soil loss on a Vertisol in central Queensland. Australian Journal of Soil Research. 35: 925-939.



- Chan, K.Y., Heenan, D.P. and So, H.B. (2003) Sequestration of carbon and changes in soil quality under conservation tillage on lighter-textured soils in Australia. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 43: 325–334.
- Dalal, R.C. & Mayer, R.T. 1986. Long-term trends in fertility of soil under continuous cultivation and cereal cropping in southern Queensland. IV. Loss of organic carbon from different density fractions. *Australian Journal Soil Research*. 24: 301-309.
- Fynn, R.W.S., Haynes, R.J. & O' Connor, T.G. 2003. Burning cause's long-term change in soil organic matter content of a South African grassland. *Soil biological and biochemistry*. 35: 677-687.
- Ghani, A., M. Dexter and K.W. Perrott. 2003. Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation. *Soil Biology and Biochemistry*. 35: 1231-1243.
- Gong W., Yan X. Y., Wang J. Y., Hu T. X., Gong Y. B. 2009. Long-term manure and fertilizer effects on soil organic matter fractions and microbes under a wheat-maize cropping system in northern China. *Geoderma*. 149: 318–324.
- Grigal, D.F. & Ohmann, L.F. 1992. Carbon storage in upland forests of the lake states. *Soil science society of America journal*. 56: 935-943.
- Guenet, B., Danger, M., Abbadie, L. and Lacroix, G. 2010. Priming effect: bridging the gap between terrestrial and aquatic ecology. *Ecology*. 91: 2850–2861.
- Haynes, R. J. and Naidu, R. 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 51: 123-137.
- Haynes, J. 2000. Labile organic matter as indicator of organic matter in arable and pastoral soils in New Zealand. *Soil Biology and Biochemistry*. 33: 221-219.
- Haynes RJ. 2005. Labile organic matter fractions as central components of the quality of agricultural soils: an over-view. *Advances in Agronomy*. 85: 221–268.
- Leifeld, J. 2012. How sustainable is organic matter farming?. *Agriculture Ecosystems and Environment*. 150: 121-122.
- Krull, E.S., Baldock, J.A. & Skjemstad, J.O. 2003. Importance of mechanisms and processes of the stabilization of soil organic matter for modeling carbon turnover. *Functional Plant Biology*. 30: 207-222.
- Kuzyakov, Y. 2010. Priming effects: Interactions between living and dead organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*. 42: 1363–1371.
- Liang, Q., H. Chen, Y. Gong, M. Fan, H. Yang, R. Lal and Y. Kuzyakov. 2012. Effects of 15 years of manure and inorganic fertilizers on soil organic carbon fractions in a wheat-maize system in the North China Plain. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 92: 21–33.
- Sharma, P.K. and Bhagat, R.M. 1993. Puddling and compaction effects on water permeability of texturally different soils. *Journal of the Indian Society of Soil Science*. 41: 1-6. อ้างโดย ศุภธิดา อ่ำทอง. 2558. ดินปลูกข้าวและการจัดการ. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 750 น.
- Tirol – Padre, A. & Ladha. J.K. 2004. Assessing the reliability of permanganate –oxidizable carbon as an index of soil labile carbon. *Soil Science Society of America Journal*. 68: 969-978.
- Tong, C.L., Xiao, H.A., Tang, G.Y., Wang, H.Q., Huang, T.P. and Wu, J.S. 2009. Long term fertilizer effects on organic carbon and total nitrogen and coupling relationships of C and N in paddy soils in subtropical China. *Soil and Tillage Research*. 106: 8-14.



- Von Lutzow, M., Kogel Knabner, I., Ekschmitt, K., Matzner, E., Guggenberger, G., Marschner, B. and Flessa, H. 2006. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions e a review. *European Journal of Soil Science*. 57: 426-445.
- West, T. O., and Post, W. M. 2002. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation. *Soil Science Society of America Journal*. 66(6): 1930–1946.
- Walkley A., L. A. Black. 1934. An examination of the Digestion method for exterminating Soil Organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*. 37: 29-38.
- Weil, R.R., K.R. Islem, M.A. Stien, J.J. Gruver and S.E. Samson-Liebig. 2003. Estimate active carbon for soil quality assessment: a simplified method for laboratory and field use. *American journal of alternative agriculture*. 18: 1 - 16.
- Yamashita, J.B.T., Ludwig, B. and Flessa, H. 2005. Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. *Geoderma*. 128: 63-79.
- Yan, H., Yu, Q. Zhu, Z.C., Myneni, R.B., Yan, H.M., Wang, S.Q. and Shugart, H.H. 2013. Diagnostic analysis of interannual variation of global land evapotranspiration over 1982–2011: Assessing the impact of ENSO. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 118: 1-15.
- Zhou, W., Lv, T.F., Chen, Y., Westby, A.P. and Ren, W.J. 2014. Soil Physicochemical and Biological Properties of Paddy-Upland Rotation. *The Scientific World Journal*. 8 p.
- Zhu, Z.Y., Wu, Y., Liu, S.M., Wenger, F., Hu, J., Zhang, J. and Zhang, R.F. 2016. Organic carbon flux and particulate organic matter composition in Arctic valley glaciers: examples from the Bayelva River and adjacent Kongsfjorden. *Biogeosciences*. 13: 975–987.



ข้อมูลสารสนเทศสภาพของดินในพื้นที่อำเภอแม่แตงและอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

Information system of soil productivity in case Mae Taeng and

San Sai district, Chiangmai province

ศุภธิดา อ่ำทอง^{1*}, แทนไท กล่อมจินดา¹ และปวีณ์นุช ปวงวงศ์คำ¹

Suphathida Aumtong^{1*}, Tantai Glomchinda¹ and Paweenoot Pongwongkam¹

บทคัดย่อ

การศึกษาผลของการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรต่ออินทรีย์วัตถุในดิน และการจัดทำข้อมูลพื้นที่อำเภอแม่แตงและอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำข้อมูลสารสนเทศสภาพของดิน เพื่อเป็นฐานข้อมูลการจัดการดินเพื่อการเกษตรในพื้นที่อำเภอแม่แตงและอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยทำการสำรวจพื้นที่ และเก็บตัวอย่างดินแต่ละพื้นที่เป็นรายแปลง แบ่งตามลักษณะการใช้ที่ดินออกเป็น 2 รูปแบบ คือ 1) นาข้าว และ 2) ลำไย โดยการสุ่มจุดเก็บตัวอย่างดินตามวิธีการวางตาราง (Grids) ขนาด 2 กม. x 2 กม. โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างดินแบบ composite sample ภายในบริเวณใกล้เคียงจุดศูนย์กลางมากที่สุด (รัศมี 10 เมตร) จุดละ 10 ตัวอย่างรอบแปลงปลูก ที่ระดับความลึก 0-30 ซม. มีจำนวนตัวอย่างดินของอำเภอแม่แตงทั้งหมด 160 ตัวอย่าง (นาข้าว 68 ตัวอย่าง และลำไย 92 ตัวอย่าง) และอำเภอสันทรายทั้งหมด 96 ตัวอย่าง (นาข้าว 49 ตัวอย่าง และลำไย 47 ตัวอย่าง) วิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดิน (TOC) ความหนาแน่นรวมดิน (Bd) ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (CEC) และเนื้อดิน หรือปริมาณแร่ดินเหนียว จากนั้นนำเข้าสู่กระบวนการจัดทำข้อมูลด้วยระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ผลการศึกษาพบว่า ในอำเภอแม่แตง และอำเภอสันทรายมี TOC ในระดับสูง 3.8 % ทั้งดินปลูกข้าวและลำไย ส่วน CEC ในดินปลูกข้าว และลำไยมี CEC ระดับปานกลาง 15-25 เซนติโมล/กก. ทั้งสองอำเภอในดินปลูกข้าวมีค่า Bd ต่ำกว่า 1.2 ก./ลบ.ซม. ในลำไยมีค่า Bd 1.2-1.4 ก./ลบ.ซม. ดินปลูกข้าวส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นดินร่วน และดินลำไยมีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย และการจัดทำข้อมูลอินทรีย์วัตถุทั้งหมดในดินและคุณสมบัติดินได้แสดงข้อมูลในลักษณะจุด เพื่อแสดงการกระจายตัวและความหนาแน่นของระดับข้อมูลต่างๆ โดยใช้สัญลักษณ์จุดและสีที่แตกต่างกัน ทำให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้นและสะดวกต่อการนำไปใช้สำหรับเกษตรกร เพื่อเป็นฐานข้อมูลการจัดการดินเพื่อการเกษตร

คำสำคัญ: การใช้ที่ดิน อินทรีย์วัตถุในดิน

Abstract

This study on the effect of agricultural land use on soil organic matter create data in Mae Taeng and San Sai districts in Chiang Mai province, was conducted in order to create data information system of organic matter and classification of the level of organic matter and to serve as guidelines for effective and sustainable land use planning and agricultural management. The study consisted of a survey and collection of soil samples from each plot based on land use characteristics in 2 planting systems: 1) paddy rice, and 2) longan. Soil sampling followed the Grids method with size of 2 km x 2 km for composite samples within nearest to the central collection point (10 m radius) with each point having 10 samples around the planting area at a depth of 0-30 cm. A total of 160 samples were collected from Mae Taeng district (68 samples from paddy rice and 92 samples from longan) and in San Sai district, a total of 96 samples were collected (49 samples from paddy rice and 47 samples from longan). Analysis included total organic carbon in the soil (TOC), soil bulk density (Bd), cation exchange capacity (CEC) and soil texture or amount of clay soil minerals which was then followed by a GIS process. Results of the study showed that in Mae Taeng and San Sai

¹ สาขาวิชาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 50290

Soil Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University 50290

* Corresponding Author: suphathidaaumtong@yahoo.com



districts, TOC was very high in both paddy rice and longan fields, while CEC in the soil was lowest in paddy rice but moderate in longan. Paddy rice in both districts had low Bd at 1.2 kg/cm^3 and $1.2\text{-}1.4 \text{ kg/cm}^3$ in longan. Most of the soils planted to paddy rice were gravel and sandy loam for longan planted areas, and planning management of organic matter and soil properties were indicated in the data from point characteristics to show distribution of texture and density using different symbols and colors thus providing easy understanding and convenience in farmers' application that would serve as guidelines for land use planning and towards effective and sustainable agricultural management.

Keywords: Land use, Soil organic matter

บทนำ

อำเภอแม่แตงมีพื้นที่ทำการเกษตรที่สำคัญ ซึ่งเป็นแหล่งอาหารหลักของประเทศ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นที่ราบสูง ภูเขา และ ป่าไม้ เป็นแหล่งต้นน้ำลำธารที่สำคัญ 3 สาย ได้แก่ น้ำแม่ปิง แม่ น้ำแดง และน้ำแม่งัด มีพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด 92,477 ไร่ โดยแยกเป็นพื้นที่ปลูกพืชต่างๆได้แก่ พื้นที่ทำนา 28,236 ไร่ พื้นที่ทำไร่ 29,886 ไร่ พื้นที่ปลูกไม้ผลไม้ยืนต้น 22,367 ไร่ พื้นที่ปลูก พืชผัก 10,380 ไร่ พื้นที่ไม้ดอก –ไม้ประดับ 55 ไร่ พื้นที่อื่น 1,523 ไร่ โดยพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ได้แก่ ข้าวนาปี ถั่วเหลือง ยาสูบ ลำไย ลิ้นจี่ กระเทียม มันฝรั่ง ชา กาแฟ และพืชผัก (สำนักงานเกษตรอำเภอแม่แตง, 2557) ส่วนอำเภอสันทราย ปัจจุบันมีการ ขยายตัวกลายเป็นสังคมเมืองมากขึ้นทำให้พื้นที่เกษตรลดลง จากปี 2553-2557 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.83% (สำนักงานจังหวัด เชียงใหม่, 2553; สำนักงานเกษตรอำเภอสันทราย, 2557) ซึ่งปัจจุบันอำเภอสันทรายมีพื้นที่ทำการเกษตร 35.86% ของพื้นที่ ทั้งหมด พืชเศรษฐกิจที่สำคัญของอำเภอสันทรายที่พบมากที่สุดได้แก่ ข้าว ลำไย และพืชผักชนิดอื่นๆ ประมาณ 15.67%, 15.20% และ 4.99% ตามลำดับ (สำนักงานจังหวัดเชียงใหม่, 2553) ดังนั้นอำเภอแม่แตงและอำเภอสันทรายจึงถือได้ว่ามีพื้นที่ทำ การเกษตรที่สำคัญของจังหวัดเชียงใหม่ โดยเฉพาะพื้นที่ปลูกข้าวและลำไย ซึ่งพื้นที่ส่วนใหญ่มีการใช้ที่ดินเพื่อทำการเกษตร ติดต่อกันเป็นเวลานานจึงส่งผลต่อการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ ที่เป็นแหล่งธาตุอาหารสำรองในดินลดลง (Liu *et al.*, 2006)

อินทรีย์คาร์บอน (Organic carbon) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอินทรีย์วัตถุถึง 58 เปอร์เซ็นต์ (คณาจารย์ภาควิชา ปฐพีวิทยา, 2544) ที่มีบทบาทสำคัญต่อความอุดมสมบูรณ์และคุณภาพของของดิน ที่จะนำไปสู่ความยั่งยืนของระบบการผลิตทาง การเกษตร (Chen and Xu 2008; Xu *et al.* 2009) อินทรีย์คาร์บอนเหล่านี้เป็นส่วนประกอบของอินทรีย์วัตถุในดิน สามารถ สะท้อนถึงระบบการจัดการดินและพืชในดินที่ใช้ทำการเกษตรได้ (Grigal and Ohmann, 1992) นอกจากนี้ความเข้มข้นของการ ใช้ประโยชน์ที่ดินและคุณสมบัติของดิน เช่น ค่า ความสามารถในการดูดซับประจุบวกในดิน (Cation Exchange Capacity, CEC) และปริมาณแร่ดินเหนียว (Clay contents) ยังมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในดิน (Aumtong *et al.*, 2009) ดังนั้นการจัดการดินอย่างเหมาะสมจึงส่งผลปริมาณอินทรีย์วัตถุและความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปัจจุบันเกษตรกรสามารถ หาข้อมูลผลการวิเคราะห์คุณสมบัติดินและแนวทางการจัดการดินในสภาพพื้นที่ต่างๆ ได้ โดยใช้อินเทอร์เน็ตหรือจาก รายงานของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งเนื้อหาหรือรายละเอียดต่างๆ อาจยากต่อการทำความเข้าใจในบางส่วน จึงมีแนวคิดที่มีการนำเอา ข้อมูลผลการวิเคราะห์ดินที่ได้มาจัดทำในรูปแบบข้อมูล ทำให้ผู้ใช้เข้าใจได้ สามารถประเมินที่ดินและความเหมาะสมในการใช้ที่ดิน สำหรับการเลือกปลูกพืชที่เหมาะสมต่อสภาพพื้นที่ และเป็นแนวทางในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการทาง การเกษตรอย่างเหมาะสม

การจัดทำข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems: GIS) เป็นการนำ ระบบคอมพิวเตอร์มาใช้งานผลิตข้อมูล สามารถรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลชนิดอื่นๆ เข้าด้วยกันเพื่อสร้างข้อมูลและ รายงาน สามารถจัดเก็บบันทึก จัดการ และอธิบายข้อมูลอ้างอิงตำแหน่งที่ตั้งเพื่อใช้ในการวางแผนอย่างเป็นระบบ ดังนั้นการ จัดทำข้อมูลจึงนิยมใช้โปรแกรม Arc GIS ซึ่งเป็นโปรแกรมที่มีประสิทธิภาพในการแสดงผล การสร้างและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิง พื้นที่ได้อย่างสะดวก (สุเพชร, 2552) มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดทำข้อมูลสารสนเทศสภาพของดิน เพื่อเป็นฐานข้อมูลการจัดการดิน เพื่อการเกษตรในพื้นที่อำเภอแม่แตงและอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาเป็นพื้นที่ปลูกข้าวและลำไย อำเภอมะแตงและอำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ สำหรับการศึกษาครั้งนี้ ดำเนินในช่วงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2558 โดยทำการสำรวจพื้นที่ทั้งหมดของอำเภอสันทราย และพื้นที่ที่มีระดับความสูงไม่เกินเหนือระดับน้ำทะเล 500 ม. ของอำเภอมะแตง แบ่งพื้นที่ศึกษาตามลักษณะการใช้ที่ดิน และ ชนิดพืชที่ปลูกออกเป็น 2 รูปแบบ คือ 1) นาข้าว และ 2) ลำไย (Figure 1)

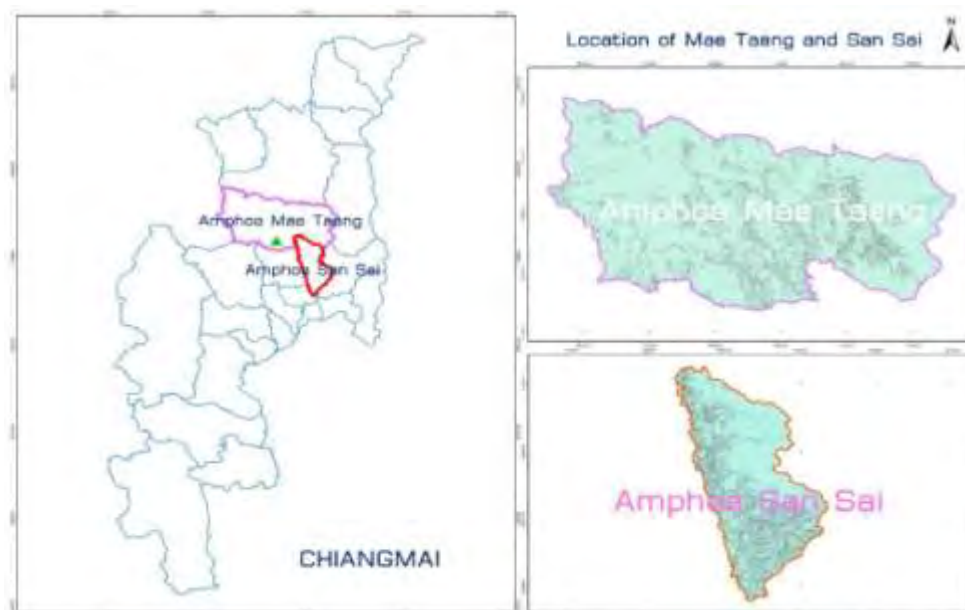


Figure 1 Site study and soil sampling plots from paddy and longan soils

การเก็บตัวอย่างดินและเตรียมตัวอย่างดิน: เก็บตัวอย่างดินแต่ละพื้นที่เป็นรายแปลง แบ่งตามลักษณะการใช้ที่ดิน ออกเป็น 2 รูปแบบ คือ 1) นาข้าว และ 2) ลำไย โดยการสุ่มจุดเก็บตัวอย่างดินตามวิธีการวางตาราง (Grids) ขนาด 2 กม. × 2 กม. โดยการสุ่มเก็บตัวอย่างดินแบบ composite sample ภายในบริเวณใกล้เคียงจุดศูนย์กลางมากที่สุด (รัศมี 10 เมตร) จุดละ 10 ตัวอย่างรอบแปลงปลูก ที่ระดับความลึก 0-30 ซม. มีจำนวนตัวอย่างดินของอำเภอมะแตงทั้งหมด 160 ตัวอย่าง (นาข้าว 68 ตัวอย่าง และลำไย 92 ตัวอย่าง) และอำเภอสันทรายทั้งหมด 96 ตัวอย่าง (นาข้าว 49 ตัวอย่าง และลำไย 47 ตัวอย่าง) นำตัวอย่างดินไปผึ่งให้แห้งในที่ร่ม (Air dried) โดยใช้เวลาประมาณ 7 วัน นำไปบดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 0.5 มม. และ 2 มม.

การวิเคราะห์ดิน: วิเคราะห์อินทรีย์คาร์บอนทั้งหมดในดิน (Total Organic Carbon, TOC) โดยวิธีวอล์ลีย์-แบลค (Walkley and Black, 1934) ความหนาแน่นรวมดิน (soil bulk density, Bd) เก็บตัวอย่างแบบวิธีเจาะเก็บตัวอย่างดินโดยกระบอก (soil core) และค่า CEC โดยใช้แอมโมเนียมอะซิเตดเพื่อไปแทนที่ประจุบวกต่างๆ ที่ดินดูดซับไว้ จากนั้นจึงล้างแอมโมเนียมส่วนเกินออกด้วยเอทานอลแล้วไล่ที่แอมโมเนียมที่ติดดูดซับไว้โดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีสภาพเป็นกรด และนำสารละลายที่ได้ไปกลั่นหาแอมโมเนียม (จำป็น, 2545) และปริมาณแร่ดินเหนียว โดยซังดินขนาด 2 มม. ทำให้อนุภาคดินเกิดสภาพแขวนลอยในน้ำด้วยการใส่สารละลาย 5% Calgon และน้ำกลั่น นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น หาปริมาณของอนุภาค Sand, silt และ Clay โดยใช้ Hydrometer วัดความหนาแน่นของสารแขวนลอยดินหลังจากการตกตะกอนของอนุภาคในระยะเวลาต่าง ๆ กัน

วิเคราะห์ข้อมูล: การวิเคราะห์ข้อมูลอินทรีย์วัตถุทั้งหมดในดินและสมบัติบางประการของดินด้วยวิธี Two way anova โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least significant differences ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

การจัดทำข้อมูลอินทรีย์วัตถุทั้งหมดในดิน: ใช้ GPS จับตำแหน่งพิกัดจุดเก็บตัวอย่างดินในแต่ละตาราง (Grids) และนำเข้าข้อมูล (Input data) สู่คอมพิวเตอร์ในการสร้างฐานข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Arc GIS

ผล

ปริมาณอินทรีย์วัตถุทั้งหมดในดินและสมบัติบางประการของดินปลูกข้าวและลำไย

จากการวิเคราะห์หา TOC เพื่อคำนวณหาระดับอินทรีย์วัตถุทั้งหมดในดินปลูกข้าวและลำไย พบว่า ทั้งอำเภอแม่แตง และสันทราย ดินปลูกข้าวและลำไย มีระดับอินทรีย์วัตถุทั้งหมดในดินสูงมาก (4.68, 4.34, 4.52 และ 4.75%) ตามลำดับ ส่วนสมบัติบางประการของดิน CEC พบว่า ทั้งอำเภอแม่แตง และอำเภอสันทราย ดินปลูกข้าวและลำไยมีระดับ CEC ค่อนข้างสูงและปานกลาง (15.55, 14.52, 16.17 และ 14.45 เซนติโมล/กก.) ตามลำดับ ส่วนปริมาณ Clay content พบว่า ทั้งอำเภอแม่แตง และอำเภอสันทราย ดินปลูกข้าวและลำไยมีอนุภาคดินเหนียวเฉลี่ย (22.10, 20.04, 20.32 และ 19.02%) ตามลำดับ ซึ่งอยู่ในช่วง 15-27% จึงจัดได้ว่าเป็นเนื้อดินประเภทดินร่วน (loam) ส่วนปริมาณ Bd พบว่า ทั้งอำเภอแม่แตง และอำเภอสันทราย ดินปลูกข้าวและลำไยมีความหนาแน่นรวมของดินเฉลี่ย (1.20, 1.32, 1.2 และ 1.7 ก./ลบ.ซม.) (Table 1)

Table 1 The mean of some soil properties of paddy and longan soils from San Sai and Mae Tang District

Soil properties	TOC	Bd	CEC	Clay content
	(%)	(g/cm ³)	cmol/kg	(%)
Mae Taeng				
Paddy (n= 204)	2.71	1.20	15.55	22.10
Longan(n=276)	2.51	1.32	14.52	20.04
San Sai				
Paddy(n=147)	2.62	1.14	16.17	20.32
Longan(n=141)	3.80	1.21	14.45	19.02
LSD				

การจัดทำข้อมูลอินทรีย์วัตถุทั้งหมดในดินและสมบัติบางประการของดินปลูกข้าวและลำไย อำเภอสันทรายและแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่

จากการวิเคราะห์ TOC ในพื้นที่อำเภอสันทราย และแม่แตง พบว่า อำเภอแม่แตง ในดินปลูกข้าว พื้นที่ส่วนใหญ่ มี TOC อยู่ในระดับปานกลาง (2.3-2.6%) และดินปลูกลำไยส่วนใหญ่มี TOC อยู่ในระดับสูง (3.7-6.0%) (Figure 2 A) ส่วนอำเภอสันทราย พบว่า ทั้งดินปลูกข้าวและลำไย พื้นที่ส่วนใหญ่มี TOC อยู่ในระดับปานกลาง (2.3-2.6%) (Figure 2 B)

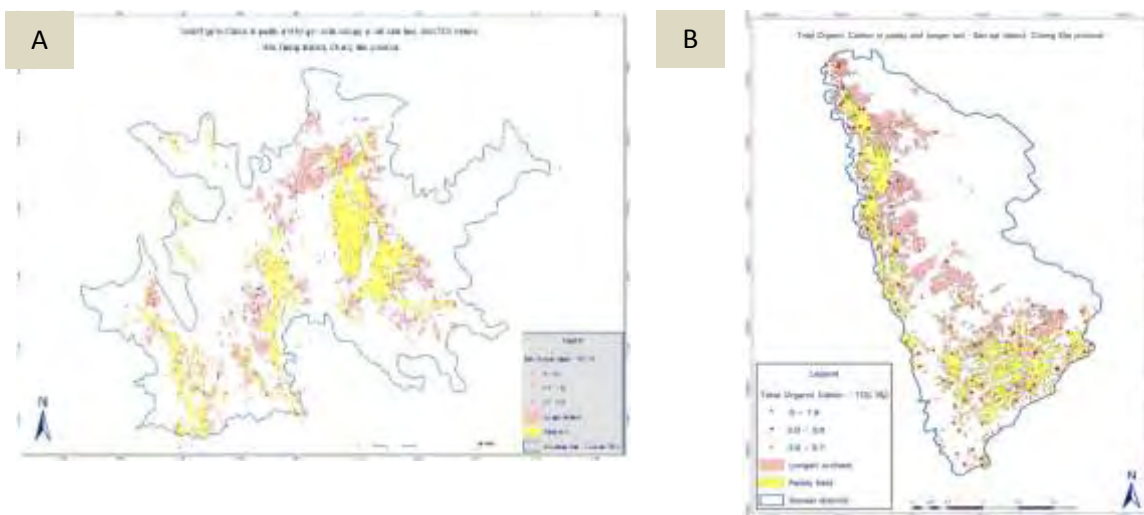


Figure 2 The maps of the amount of total soil organic carbon in paddy and longan soils at elevation below 500 meters above sea level in Mae Taeng, Chiang Mai (A) and San Sai Chiang Mai (B)

จากการวิเคราะห์ Bd ในพื้นที่อำเภอสันทราย และแม่แตง พบว่า ในพื้นที่ทั้งสองอำเภอ ดินปลูกข้าว พื้นที่ส่วนใหญ่ มี Bd อยู่ในระดับต่ำ (<1.2 ก./ลบ.ซม.) ส่วนดินที่ปลูกลำไย พื้นที่ส่วนใหญ่มี Bd อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (1.2-1.4 ก./ลบ.ซม.) (Figure 3 A, B)

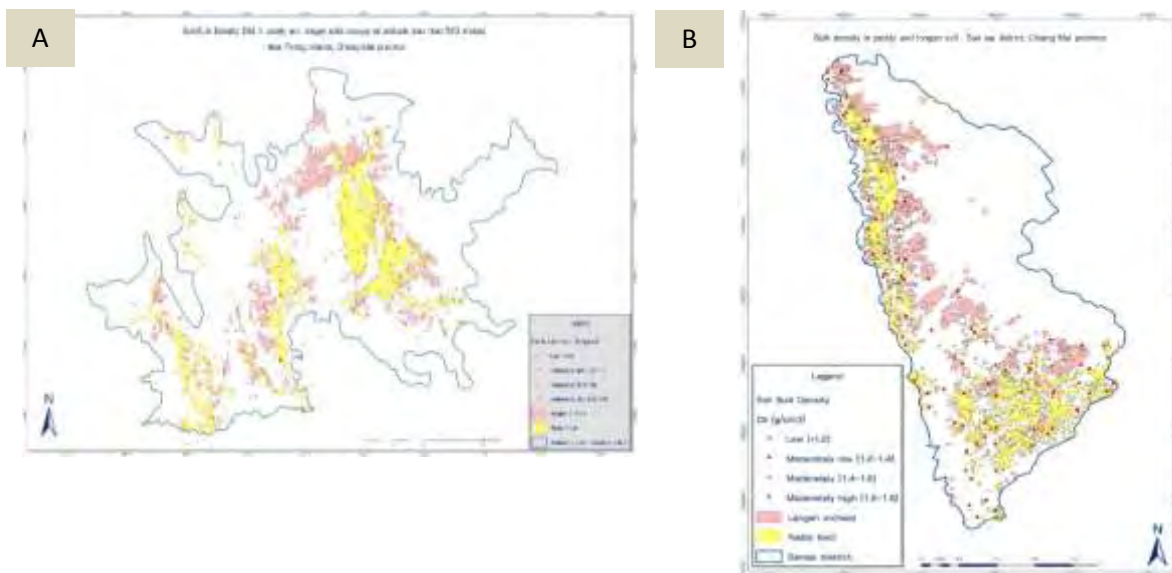


Figure 3 The maps of soil bulk density in paddy and longan soils at elevation below 500 meters above sea level of Mae Taeng, Chiang Mai (A) and San Sai Chiang Mai (B)

จากการวิเคราะห์ CEC พบว่า ทั้งอำเภอสันทราย และแม่แตง ดินปลูกข้าวส่วนใหญ่ มี CEC อยู่ในระดับต่ำ (5-15 เซนติโมล/กก.) และดินที่ปลูกลำไยส่วนใหญ่มี CEC อยู่ในระดับปานกลาง (15-25 เซนติโมล/กก.) (Figure 4 A, B)

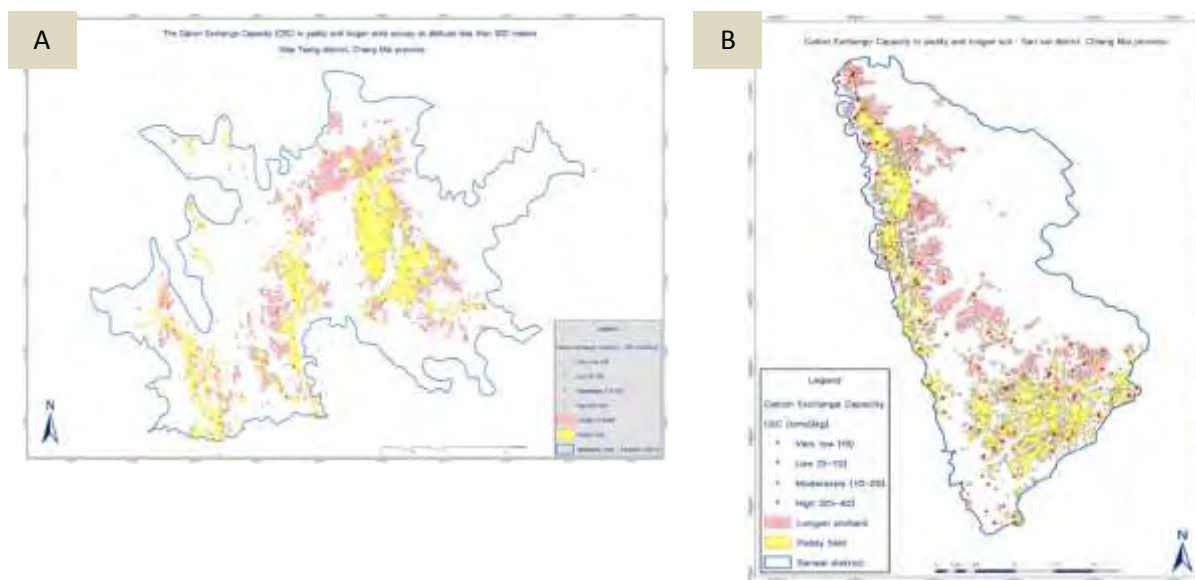


Figure 4 The maps show the CEC in paddy and longan soils in an altitude of up to 500 meters above sea level in Mae Taeng, Chiang Mai (A) and San Sai Chiang Mai (B)

จากการวิเคราะห์เนื้อดิน พบว่า อำเภอมะแตง และอำเภอสันทราย ทั้งในดินปลูกข้าวพื้นที่ส่วนใหญ่มีเนื้อดินร่วน (loam) อยู่ในช่วง 27-40 % ส่วนดินปลูกลำไย พื้นที่ส่วนใหญ่มีทั้งเนื้อดินประเภทดินร่วนทราย (sandy loam) อยู่ในช่วง 15-27% (Figure 5 A, B)

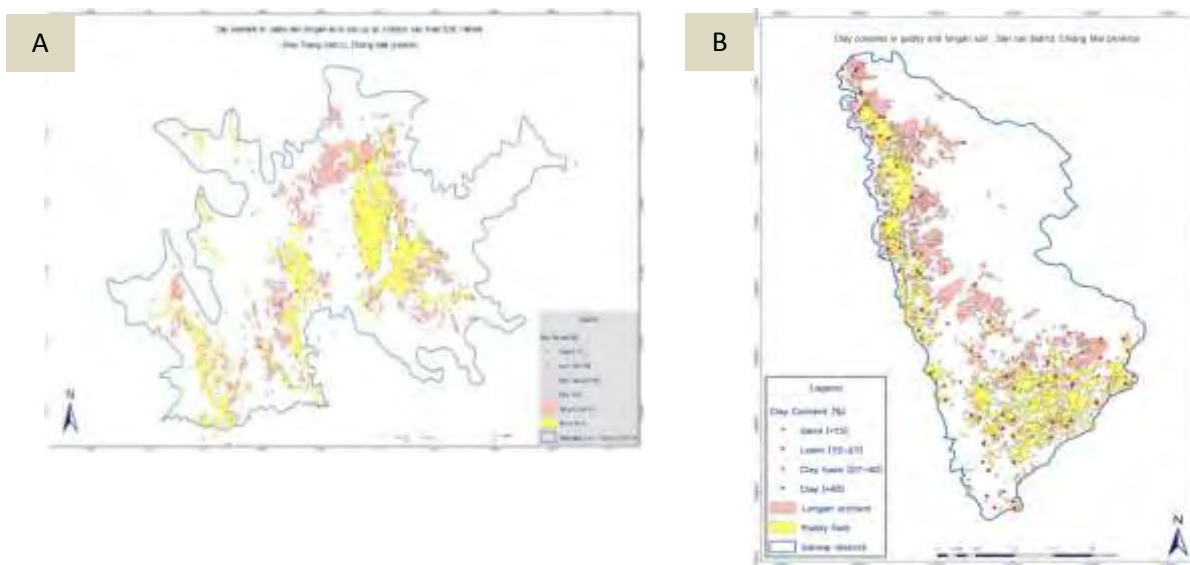


Figure 5 The maps of the amount of clay content in paddy and longan soils in an elevation of up to 500 meters above sea level in Mae Taeng, Chiang Mai (A) and San Sai Chiang Mai (B)

วิจารณ์

ข้อดี และข้อเสียของการทำแผนที่ในลักษณะจุดกับเขตสี

แผนที่จุดหรือแผนที่การกระจายจุด (หรือที่เรียกว่าแผนที่ความหนาแน่นของจุด) เป็นแผนที่ที่ใช้สัญลักษณ์จุดเพื่อแสดงการปรากฏตัวของสถานที่หรือปรากฏการณ์ แผนที่แบบจุดอาศัยการกระจายภาพเพื่อแสดงรูปแบบเชิงพื้นที่ (Edson, 2015) จากการแสดงข้อมูลแผนที่อินทรีย์วัตถุและคุณสมบัติบางประการของดินในลักษณะจุด พบว่า **ข้อดีของแผนที่จุด** คือแสดงการกระจายตัวและความหนาแน่นของจุดเก็บตัวอย่างดิน หรือแสดงรูปแบบในการกระจายของความหลากหลายของข้อมูลที่ถูกนำเสนอโดยใช้สัญลักษณ์หรือสีที่แตกต่างกัน แผนที่จุดจึงถูกนำมาใช้เพื่อแสดงช่วงกว้างของระดับข้อมูลต่างๆ เช่น ระดับอินทรีย์วัตถุในดิน ธาตุอาหารพืชและอื่น ๆ (Edson, 2015) ซึ่งการใช้สัญลักษณ์กำกับจุดต่างๆ ทำให้มองเห็นสิ่งที่ต้องการได้อย่างชัดเจน เช่น จุดเก็บตัวอย่างดิน สัญลักษณ์ ยังเป็นเครื่องหมายที่ใช้แทนสิ่งต่าง ๆ ในภูมิประเทศจริง เพื่อช่วยให้ผู้ใช้สามารถอ่านและแปลความหมายจากแผนที่ได้อย่างถูกต้อง ทั้งนี้ในแผนที่จะต้องมีคำอธิบายสัญลักษณ์ประกอบไว้ด้วยเสมอ แต่ยังคงพบว่า **ข้อเสียของแผนที่ลักษณะจุด** คือ ใช้เวลานานในการจัดทำ โดยเฉพาะเมื่อทำเครื่องหมายจุดบนแผนที่ เมื่อมาตราส่วนแผนที่มีขนาดเล็กจะมีหลายจุดที่ทำให้เกิดความหนาแน่นจนเกินไป และนำเสนอได้ยากในการแสดงข้อมูลที่ได้ (Edson, 2015) ซึ่งผู้ใช้แผนที่จำเป็นต้องเข้าใจในส่วนประกอบ ความหมายของสัญลักษณ์ และข้อมูลที่ผู้จัดทำต้องการสื่อสารให้ผู้ใช้ทราบ ดังนั้นหลักการใช้แผนที่ก็คือการทำความเข้าใจในส่วนประกอบต่างๆ และเนื้อหาของแผนที่ที่มีอยู่ ซึ่งผู้ใช้ควรทำความเข้าใจข้อมูลและความหมายของสัญลักษณ์ให้ถูกต้อง อันจะนำไปสู่จุดมุ่งหมายของการใช้แผนที่ตามเป้าประสงค์ของผู้จัดทำแผนที่แต่ละประเภท (ธีรเกียรติ์, 2555)



เมื่อเปรียบเทียบการแสดงผลแผนที่ในลักษณะเวกเตอร์ พบว่า ข้อดีของแผนที่ลักษณะเวกเตอร์ ใช้ในการจำแนกสิ่งต่าง ๆ เพื่อให้เห็นชัดเจน ในการจัดองค์ประกอบของสิ่งต่าง ๆ เพื่อให้เกิดความสวยงาม กลมกลืน รวมทั้งจัดกลุ่มของสีเข้าด้วยกัน เช่น การให้สัญลักษณ์สี คือการใช้สีที่เป็นสีสากล ในแผนที่กายภาพทั่วไปมี 5 สีได้แก่ สีเขียวใช้แทนพื้นที่ราบลุ่ม สีน้ำตาลใช้แทนภูเขา สีเหลืองหรือส้มใช้แทนพื้นที่ราบสูง สีฟ้าหรือน้ำเงินใช้แทนแหล่งน้ำหรือแม่น้ำ สีขาวใช้แทนบริเวณที่มีหิมะปกคลุมหรือเขตทะเลตื้น ส่วนข้อเสียของแผนที่ลักษณะเวกเตอร์ คือ หากข้อมูลในแผนที่มีการกระจายตัวของสีมากจนเกินไปจะทำให้เกิดความสับสนในการจำแนกข้อมูล เนื่องจากจะมองเห็นความแตกต่างเหล่านี้ได้ก็ต่อเมื่อซูมออกไกลเกินจนไม่สามารถเห็นแผนที่แบบละเอียดได้ เนื่องจากการใช้สีมากมายหลายสีอาจทำให้ดูสับสนวุ่นวาย (www.stech.ac.th/blogs/0864/wp-content/uploads/.../pumi32.ppt สืบค้นวันที่ 20 มิถุนายน 2560)

ความถูกต้อง และแม่นยำ

การจะให้ข้อมูลต่างๆ ในแผนที่แสดงถึงความเป็นจริงเป็นเรื่องยาก สาเหตุเนื่องจากการใช้ที่ดินและการจัดการดินของเกษตรกรที่ต่างกัน ทำให้ดินในพื้นที่การเกษตรมีการเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา ส่งผลให้ข้อมูลผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินในพื้นที่นั้นไม่สามารถใช้ได้ยาวนาน เนื่องจากเป็นค่าวิเคราะห์ที่ได้จากดินในช่วงระยะเวลาหนึ่ง

การใช้ประโยชน์จากข้อมูลแผนที่อินทรีย์วัตถุ

การนำระบบ GIS มาเป็นเครื่องมือในการประเมินที่ดิน ผู้ใช้สามารถเน้นพื้นที่เป้าหมายได้เฉพาะส่วน ทำให้ง่ายต่อการส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีสู่พื้นที่ (จงรัก และ ชรัตน์, 2549) ใช้สำหรับตรวจสอบลักษณะการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อประเมินระดับอินทรีย์วัตถุและความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ โดยใช้ภาพและข้อมูลจากแผนที่ในการนำเสนอข้อมูลแทนการใช้ข้อมูลเชิงบรรยาย นอกจากนี้แผนที่ดังกล่าวยังสามารถแสดงผลที่เป็นประโยชน์ได้ และเพื่อให้สอดคล้องกับข้อมูลที่เป็นปัจจุบันมากที่สุด ในการจัดทำแผนที่อินทรีย์วัตถุมีความสำคัญอย่างมากต่อความสำเร็จในด้านการเกษตร เนื่องจากแผนที่สามารถแสดงปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสำหรับพืช ซึ่งอินทรีย์วัตถุดังกล่าวเป็นตัวแปรที่สำคัญ ในการแปรธาตุอาหารในดิน เช่น มีความสามารถในการกักเก็บน้ำและไนโตรเจนทำให้สามารถเพิ่มผลผลิตได้ (Kristof *et al.*, 1993)

ปัญหาที่เกิดขึ้น

การจัดทำข้อมูลดังกล่าวจัดทำเพื่อให้เกษตรกรหรือผู้ใช้สามารถเข้าใจได้ง่ายเพื่อทดแทนการใช้ข้อมูลเชิงบรรยายหรือข้อมูลในรูปเอกสารต่างๆ ซึ่งปัญหาที่สำคัญขึ้นอยู่กับบทบาทของนักวิจัยหรือผู้ศึกษาในการนำเสนอให้เกษตรกร สามารถนำเอาแผนที่อินทรีย์วัตถุไปใช้ได้จริงในพื้นที่ทำการเกษตรอย่างแพร่หลาย

การปรับปรุงการจัดทำแผนที่ครั้งนี้

เนื่องจากในธรรมชาติจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา โดยในอนาคตควรมีการตั้งเป้าให้มีการปรับข้อมูลให้ทันสมัยที่เกิดขึ้นในทุกๆ ปี เพื่อให้เป็นเครื่องมือที่สามารถใช้ในการบริหารจัดการด้านการเกษตร ได้อย่างต่อเนื่องในอนาคตได้

งานต่อไปที่จะทำ

มีการนำเอาเทคโนโลยีสารสนเทศเข้ามาประยุกต์ใช้ในการจัดทำแผนที่ด้วย GIS โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากระบบเซ็นเซอร์ต่างๆ และทำเป็นแผนที่แสดงพิกัดภูมิศาสตร์ ความสัมพันธ์ระหว่างอากาศ สภาพดิน และความต้องการธาตุอาหารของพืช ข้อมูลจาก GIS สามารถใช้ในการวางแผนควบคุมการใช้ปัจจัยการผลิตให้เหมาะสมกับความต้องการของพืช (<http://www2.thaieurope.net/> สืบค้นวันที่ 20 มิถุนายน 2560)



สรุป

การจัดทำแผนที่ คุณสมบัติของดินบางประการพบว่า ในอำเภอแม่แตง และอำเภอสันทรายมี TOC ในระดับสูงทั้งดินปลูกข้าวและลำไย ส่วน CEC ในดินปลูกข้าวมีระดับต่ำ และลำไยมี CEC ระดับปานกลาง และทั้งสองอำเภอ ในดินปลูกข้าวมีค่า Bd ต่ำกว่า 1.2 ก./ลบ.ซม. ในลำไยมีค่า Bd 1.2-1.4 ก./ลบ.ซม. ดินปลูกข้าวส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นดินร่วน และดินลำไยมีลักษณะเป็นดินร่วนปนทราย โดยการจัดทำแผนที่อินทรีย์วัตถุและคุณสมบัติดินได้แสดงข้อมูลในลักษณะจุด เพื่อแสดงการกระจายตัวและความหนาแน่นของระดับข้อมูลต่างๆ โดยใช้สัญลักษณ์จุดและสีที่แตกต่างกัน ทำให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้นและสะดวกต่อการนำไปใช้สำหรับเกษตรกร เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการจัดการทางการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้เป็นได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัยจากโครงการ “การจัดทำแผนที่อินทรีย์วัตถุและความอุดมสมบูรณ์ของดินกรณีศึกษาพื้นที่อำเภอสันทรายและอำเภอแม่แตง ประจำปี 2558”

เอกสารอ้างอิง

- เกษตรกรรมความแม่นยำสูง. 2558. (precision agriculture) ในสหภาพยุโรป. เข้าถึงได้จาก:
<http://www2.thaieurope.net/> [เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 มิถุนายน 2560].
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.
- จำเป็น อ่อนทอง. 2545. การวิเคราะห์ดินและพืช. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- จงรัก อิ่มใจ และ ชรัตน์ มงคลสวัสดิ์. 2549. การวิเคราะห์เชิงบูรณาการคุณภาพที่ดินสำหรับแบ่งเขตความเหมาะสมพื้นที่สำหรับข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่อาศัยน้ำฝน. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- ธีรเกียรติ์ เกิดเจริญ. 2555. Precision Agriculture – เกษตรกรรมความแม่นยำสูง. เข้าถึงได้จาก:
<https://www.gotoknow.org/posts/192658> [เข้าถึงเมื่อวันที่ 21 มิถุนายน 2560].
- แผนที่และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. 2560. เข้าถึงได้จาก: www.stech.ac.th/blogs/0864/wp-content/uploads/.../pumi32.ppt. [เข้าถึงเมื่อวันที่ 20 มิถุนายน 2560].
- สำนักงานจังหวัดเชียงใหม่. 2553. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และผังเมือง โครงการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำจังหวัดเชียงใหม่. เข้าถึงได้จาก: http://gis.chiangmai.go.th/index.php?name=infobase&themelD=7&pid=55&District_ID=14 [เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม 2558].
- สำนักงานเกษตรอำเภอสันทราย. 2557. อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่. เข้าถึงได้จาก:
http://www.sansaiporpiang.mju.ac.th/wtms_webpageDetail.aspx?wID=757 [เข้าถึงเมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม 2558].
- สำนักงานเกษตรอำเภอแม่แตง. 2557. อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่. เข้าถึงได้จาก:
<http://maetaeng.chiangmai.doae.go.th/imfomation2.html> [เข้าถึงเมื่อวันที่ 6 พฤษภาคม 2557].
- สุเพชร จิรจรกุล. 2552. เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.3.1. เอส. อาร์. ฟรินติง แมสโปรดักส์ จำกัด, นนทบุรี.
- Aumtong, S., J. Magid, S. Bruun, and A.de Neergaard. 2009. Relating soil carbon fractions to land use in sloping uplands in northern Thailand. Agriculture, Ecosystems and Environment. 13: 229 – 239.
- Chen, C.R. and Z.H. Xu. 2008. Analysis and behavior of soluble organic nitrogen in forest soils. Journal of Soils and Sediments. 8: 363–378



- Edson, A. 2015. Advantages and disadvantages of dot maps. เข้าถึงได้จาก:
<http://geographymaterials.blogspot.com/2015/07/advantages-and-disadvantages-of-dot-maps.html>
[เข้าถึงเมื่อวันที่ 23 มิถุนายน 2560].
- Grigal, D.F. and L.F. Ohmann. 1992. Carbon storage in upland forests of the lake states. Soil science society of America journal. 56: 935-943.
- Liu, x., S.J. Herbert, A.M. Hashemi, X. Zhang and G. Ding. 2006. Effects of agricultural management on soil organic matter and carbon transformation. Key Laboratory of Black Soil Ecology, Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Harbin, PR China, Department of Plant, Soil and Insect Sciences, University of Massachusetts, Amherst, USA 3Chemistry Department, Northern State University, Aberdeen, USA
- Kristof, S. J., M.F. Baumgardner. and C.J. Johannsen. 1973. Spectral Mapping of Soil Organic Matter. Purdue University, West Lafayette, Indiana. 9 P.
- Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An Examination of degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37: 29-37.
- Xu, S.Y., Y.X. Chen, K.F. Lin, X.C. Chen, Q. Lin, F. Li and Z.W. Wang. 2009. Removal of pyrene from contaminated soils by white clover. Pedosphere. 19: 265-272.

สถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินและความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน
ปลูกบนชุดดินแกลงยกร่อง ในอำเภอป่าบอน จังหวัดพัทลุง

Status of soil fertility and nutrient concentration of oil palm leaf grown on
raised bed klaeng soil series of pabon district, phatthalung province

อัญชนะ วิจะสิกะ¹, พรทิwa กัญยวงศ์หา^{1*} และนุจรี บุญแปลง¹

Anchana Wijasika¹, Pornthiwa Kanyawongha^{1*} and Nucharee Boonplang¹

บทคัดย่อ

เพื่อการจัดการธาตุอาหารอย่างเหมาะสม ได้เก็บตัวอย่างดินและตัวอย่างใบจากต้นเดียวกันตามวิธีมาตรฐานจากสวนปาล์มขนาดเล็ก ในอำเภอป่าบอน จังหวัดพัทลุง ปลูกบนชุดดินแกลงที่มีการยกร่อง ทั้งหมด 70 ต้น ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินและเปรียบเทียบความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบกับค่ามาตรฐาน “พอเพียง” ผลการศึกษาพบความไม่สมดุลของธาตุอาหารในดิน ทั้งทั้งแปลงมีปฏิกิริยาดินเมื่อวัดด้วยน้ำ (pH_w ดิน : น้ำ = 1:1) เป็นกรดรุนแรงมาก (3.70 ± 0.27) ปาล์มน้ำมันบางส่วนอาจได้รับความเสียหายจากความเค็ม เนื่องจากค่าการนำไฟฟ้าสารละลายดิน (EC, ดิน:น้ำ = 1:1) อยู่ในพิสัย 175-3,480 ไมโครซีเมนส์/ซม. (เฉลี่ย $1,000.02 \pm 668.47$ ไมโครซีเมนส์/ซม.) ปริมาณอินทรีย์วัตถุจัดอยู่ในเกณฑ์สูง (31.90 ± 8.84 ก./กก. ในขณะที่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมและเหล็กที่สกัดได้อยู่ในเกณฑ์สูงมาก (200.37 ± 181.84 มก./กก., 623.61 ± 399.99 มก./กก. และ 120.94 ± 73.47 มก./กก. ตามลำดับ) ซึ่งตรงกันข้ามกับแคลเซียมที่สกัดได้อยู่ในเกณฑ์ต่ำ (551.71 ± 341.58 มก./กก.) เช่นเดียวกับแมงกานีสที่สกัดได้ (5.06 ± 6.52 มก./กก.) ส่วนแมกนีเซียม โซเดียมและสังกะสีที่สกัดได้อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง (192.35 ± 106.59 มก./กก., 76.60 ± 27.16 มก./กก. และ 1.65 ± 2.45 มก./กก. ตามลำดับ) ในขณะที่ทองแดงที่สกัดได้อยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก (0.12 ± 0.11 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันก็ไม่สมดุลเช่นเดียวกัน กล่าวคือ มีเพียงความเข้มข้นเฉลี่ยของธาตุ แคลเซียม แมกนีเซียม และทองแดงเท่านั้นที่อยู่ในช่วงค่ามาตรฐาน “พอเพียง” (แคลเซียมร้อยละ 0.74 ± 0.14 แมกนีเซียมร้อยละ 0.32 ± 0.06 และ ทองแดง 5.92 ± 1.43 มก./กก.) ในขณะที่ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และสังกะสีต่ำกว่าค่ามาตรฐาน “พอเพียง” (ไนโตรเจนร้อยละ 1.95 ± 0.19 , ฟอสฟอรัสร้อยละ 0.11 ± 0.01 , โพแทสเซียมร้อยละ 0.82 ± 0.16 และสังกะสี 14.10 ± 6.27 มก./กก.) ส่วนเหล็กและแมงกานีส มีความเข้มข้นสูงกว่าช่วงค่ามาตรฐานพอเพียงอย่างเห็นได้ชัด (172.83 ± 51.83 มก./กก. และ 566.44 ± 135.79 มก./กก. ตามลำดับ)

คำสำคัญ : ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความเข้มข้นของธาตุอาหาร ปาล์มน้ำมัน ชุดดินแกลงยกร่อง จังหวัดพัทลุง

Abstract

For properly nutrient management, soil together with plant leaf were sampled from the same plant for 70 plants following the standard methods from the small oil palm orchard grown on the raised bed soil (Klaeng series) located on Pabon District of Phattalung Province. Soil fertility was evaluated and comparing leaf nutrient concentrations with the standard “adequate” range were done. The results revealed the soil nutrition was imbalanced. The plot had extremely acid with the pH measured with water (pH_w , soil:water = 1:1) of 3.70 ± 0.27 . Some of oil palm plants might be suffered from salinity, due to the electrical conductivity (EC, soil : water = 1:1) of 175-3,480 $\mu S cm^{-1}$ ($1000.02 \pm 668.47 \mu S cm^{-1}$). The soil contained high organic matter ($31.90 \pm 8.84 g kg^{-1}$). Whilst available phosphorus, extractable potassium and iron were very high ($200.37 \pm 181.84 mg kg^{-1}$, $623.61 \pm 399.99 mg kg^{-1}$ and $120.94 \pm 73.47 mg kg^{-1}$, respectively). In contrast, the soils had very low extractable calcium ($551.71 \pm 341.58 mg kg^{-1}$) together

¹ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut 's Institute of Technology Lad Krabang, Bangkok 10520 Thailand

* corresponding author pornthiwa.ka@gmail.com

with extractable copper ($0.12 \pm 0.11 \text{ mg kg}^{-1}$). Whereas the extractable magnesium, sodium and zinc were moderate, but the extractable manganese was low ($192.35 \pm 106.59 \text{ mg Mg kg}^{-1}$, $76.60 \pm 27.16 \text{ mg Na kg}^{-1}$, $1.65 \pm 2.45 \text{ mg Zn kg}^{-1}$ and $5.06 \pm 6.52 \text{ mg Mn kg}^{-1}$). The imbalances of leaf nutrient concentration were also noticeable. They had only the calcium, magnesium and copper were fall into an “adequate range” ($0.74 \pm 0.14 \% \text{ Ca}$, $0.32 \pm 0.06 \% \text{ Mg}$ and $5.92 \pm 1.43 \text{ mg Cu kg}^{-1}$). The nitrogen, phosphorus potassium and zinc were lower than an adequate range ($1.95 \pm 0.19 \% \text{ N}$, $0.11 \pm 0.01 \% \text{ P}$, $0.82 \pm 0.16 \% \text{ K}$ and $14.10 \pm 6.27 \text{ mg Zn kg}^{-1}$). In cases of iron and manganese, both were obviously higher than an adequate range ($172.83 \pm 51.83 \text{ mg Fe kg}^{-1}$ and $566.44 \pm 135.79 \text{ mg Mn kg}^{-1}$).

Keywords : soil fertility, nutrient concentration, oil palm, raised-bed Klaeng series, Phattalung Province

บทนำ

ปาล์มน้ำมัน (Oil palm, *Elaeis guineensis* Jacq.) เป็นไม้ยืนต้นเจริญได้ดีในเขตร้อนชื้น (Humid tropical region) อันเป็นบริเวณของเขตร้อนที่มีหยาดน้ำฟ้ามากกว่าหรือเท่ากับศักยภาพการคายระเหยน้ำเป็นเวลามากกว่า 9.5 เดือนต่อปี ทำให้ภูมิอากาศแบบป่าฝนเขตร้อน (Tropical rain forest, Af) และแบบมรสุมเขตร้อน (Tropical monsoon, Am) เหมาะแก่การเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน ดังนั้น ภาคใต้และชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย ตั้งแต่ด้านตะวันออกของจังหวัดระยอง จังหวัดตราด มีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันเป็นจำนวนมาก ภาคใต้ของประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกปาล์มน้ำมันมากที่สุด โดยจังหวัดกระบี่มีพื้นที่ปลูกที่สุด รองลงมาได้แก่ จังหวัดสุราษฎร์ธานี และจังหวัดชุมพร ตามลำดับ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2560) จังหวัดพัทลุงถือเป็นพื้นที่ใหม่สำหรับการปลูกปาล์มน้ำมัน เนื่องจากจังหวัดมีโครงการส่งเสริมการปลูกปาล์มน้ำมันในช่วง พ.ศ.2548 โดยเป็นระยะการส่งเสริมให้ปลูกในพื้นที่ 6 อำเภอ ที่อยู่ติดกับทะเลสาบสงขลา และได้ขยายพื้นที่ปลูกไปยังอำเภออื่นรวมทั้งอำเภอป่าบอนในภายหลัง (manager online) จากการที่ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดใหม่ รวมทั้งเกษตรกรผู้ปลูกปาล์มน้ำมันในจังหวัดพัทลุง มีทั้งรายใหญ่และรายย่อย และดินไร่ที่เหมาะสมแก่การปลูกปาล์มน้ำมันเหลืออยู่ไม่มากนัก เกษตรกรบางส่วนจึงเปลี่ยนจากการทำนาเป็นยกร่องปลูกปาล์มน้ำมัน ซึ่งอาจทำให้การจัดการดินและธาตุอาหารในสวนปาล์มน้ำมันไม่ถูกมากนัก ดินที่เหมาะสมต่อปาล์มน้ำมันควรเป็นดินร่วนถึงดินเหนียว ความลึกของดินถึงชั้นดานหรือระดับน้ำใต้ดินมากกว่า 75 ซม. ไม่พบชั้นศิลาแลง ปฏิกริยาดิน (pH) 4-6.0 อยู่บนสภาพพื้นที่ที่มีความชันไม่เกิน 12 องศา (jitpisutsukyoy55.wordpress.com) สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางไม่เกิน 300 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 23-30 องศาเซลเซียส และมีปริมาณน้ำฝนไม่น้อยกว่าปีละ 1,800 มม. (agriman.doae.go.th) ถ้าหากเกษตรกรสามารถจัดการธาตุอาหารได้อย่างถูกต้อง ก็จะช่วยประหยัดต้นทุนมาก ดังนั้นจึงสนใจศึกษาสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินและความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน เพื่อการจัดการธาตุอาหารอย่างเหมาะสม โดยได้เลือกสวนปาล์มของเกษตรกรรายย่อย ปลูกบนดินยกร่อง ในเขตตำบลทุ่งนารี อำเภอป่าบอน จังหวัดพัทลุง เป็นกรณีศึกษา โดยเก็บตัวอย่างดินและพืชในช่วงปลายเดือนตุลาคม 2559

อุปกรณ์และวิธีการ

เลือกแปลงปลูกปาล์มน้ำมันของเกษตรกรรายย่อย อายุประมาณ 6-7 ปี มีเนื้อที่ประมาณ 15 ไร่ เป็นแปลงยกร่อง มีสภาพภูมิประเทศค่อนข้างราบเรียบถึงลูกคลื่นลอนลาด เดิมเป็นที่นา บนแผนที่ดินจังหวัดพัทลุง (Soil Survey Division, 1983) อยู่ในขอบเขตของชุดดินแกลง (Typic Plinthaquults) ปลูกปาล์มน้ำมันทั้งหมด 18 แถว มีจำนวนต้นทั้งหมด 305 ต้น อาศัยน้ำฝนและน้ำในร่องเท่านั้น แต่ถ้ามีฝนตกหนักติดต่อกันหลายวันจะเกิดน้ำท่วมขังทั่วทั้งแปลง การใส่ปุ๋ยทางดินประกอบด้วยปุ๋ยสูตร 14-7-35 (3 กก./ต้น) โบรอน (100 ก./ต้น) กลีเซอไรต์เพื่อให้ธาตุแมกนีเซียม (1 กก./ต้น) ใส่ทุกๆ 4 เดือน และ ปุ๋ยคอก เช่น มูลไก่ มูลสุกร (5-10 กก./ต้น) ปีละ 1 ครั้ง ปาล์มน้ำมันเริ่มให้ผลผลิตเมื่ออายุ 3 ปี ในปีที่ผ่านมาให้ผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 3-4 ตัน/ไร่ และเกษตรกรเพิ่งใส่ปุ๋ยครั้งล่าสุดในช่วงประมาณต้นเดือนตุลาคม (สัมภาษณ์เจ้าของสวน)

การวิเคราะห์พืช เลือกต้นปาล์มน้ำมันที่เป็นตัวแทนของสวนจากทุกแถว จำนวน 70 ต้น เก็บตัวอย่างใบปาล์มโดยวิธีมาตรฐานจากทางใบที่ 17 ซึ่งเป็นใบที่มีอายุน้อยที่สุดที่มีการพัฒนาสมบูรณ์แล้ว (ธีระพงศ์, 2556) และเก็บใบย่อย จากตำแหน่งกลางของทางใบ จำนวน 8 ใบย่อย โดยเก็บข้างละ 4 ใบ ตัดส่วนปลายใบและโคนใบทิ้ง เก็บเฉพาะส่วนกลางใบยาวประมาณ 6 นิ้ว ทำความสะอาดแผ่นใบโดยเช็ดด้วยผ้าชุบน้ำกัลลัน (ผ้าที่เช็ดใบให้ซักด้วยน้ำสะอาด) นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48-72 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแห้งและบดละเอียด นำไปวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในพืช โดย

ย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น และนำสิ่งที่ได้ไปกลั่น (kjedahl method) และไตเตรตหาความเข้มข้นของไนโตรเจนด้วยกรดซัลฟิวริกที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน ส่วนปริมาณธาตุอาหารพืชทั้งหมด ทำโดยย่อยตัวอย่างพืชด้วยกรดสองชนิด (Double acid, Nitric acid : Perchloric acid = 4:1) ปรับปริมาตร 50 ml ด้วยน้ำกลั่น วัดหาความเข้มข้นของโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และ สังกะสี (K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn และ Cu Fe) ด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (สุมิตรา, 2555) และวิเคราะห์ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในพืชวิธีทำให้เกิดสีด้วยสารละลาย Molybdate Vanadate แล้ววัดด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร (สุมิตรา, 2555) เปรียบเทียบความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันกับค่ามาตรฐาน (Millis and Jones Jr., 1996)

การวิเคราะห์ดิน เก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-20 เซนติเมตร โดยเก็บ 4 จุดจากทุกทิศของต้นที่เก็บตัวอย่างใบ แล้วผสมคลุกเคล้ากันเป็นหนึ่งตัวอย่าง นำดินตัวอย่างมาผึ่งให้แห้งในร่ม บดและร่อนผ่านตะแกรง 2 มิลลิเมตร เก็บส่วนที่ร่อนผ่านตะแกรงไปวิเคราะห์ปฏิกิริยาดิน (pH) และการนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1 (สุมิตรา, 2555) อินทรีย์วัตถุโดยวิธี Loss on ignition (LOI) (Jones, Jr., 2001) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus) โดยใช้น้ำยาสกัด Bray II วัดค่าด้วยเครื่อง spectrophotometer ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร ต่างที่สกัดได้ (Extractable bases : Ca, Mg, K, Na) โดยใช้น้ำยาสกัด 1M NH_4OAc pH 7.0 และจุลธาตุที่สกัดได้ (Extractable micronutrients : Zn, Fe, Mn, Cu) โดยใช้น้ำยาสกัด 0.05 M DTPA pH 7.3 แล้วนำสิ่งที่สกัดได้วัดด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (สุมิตรา, 2555) นำค่าวิเคราะห์ที่ได้ไปประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Table Appendix A)

ผลและวิจารณ์

สมบัติทางเคมีบางประการของดิน (Table 1) ดินปลูกปาล์มน้ำมันทั้งแปลงเป็นกรดรุนแรงมาก มีปฏิกิริยาดิน (pHw ดิน : น้ำ = 1:1) เฉลี่ย 3.70 ± 0.27 (พิสัย 3.29-4.45) ซึ่งควรแก้ไขโดยการใส่ปูน การนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC ดิน:น้ำ = 1:1) ทั่วทั้งแปลงอยู่ในพิสัย 175-3,480 ไมโครซีเมนส์/ซม. (เฉลี่ย 1000.02 ± 668.47 ไมโครซีเมนส์/ซม.) นั่นคือ ปาล์มน้ำมันอาจได้รับความเสียหายจากความเค็มของดิน หรือเป็นไปได้ว่า เกิดจากอิทธิพลของปุ๋ยที่เพิ่งใส่ อีกทั้งเป็นไปได้ว่าเกลือที่พบอาจไม่ใช่เกลือของโซเดียม เนื่องจากโซเดียมที่สกัดได้มีปริมาณน้อยกว่าเบสที่สกัดได้ธาตุอื่น (35.56-191.35 มก./กก. เฉลี่ย 76.60 ± 27.16 มก./กก. จัดอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง) อินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในพิสัย 16.07-65.12 ก./กก. (เฉลี่ย 31.90 ± 8.84 ก./กก. ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์สูง) โดยมีปาล์มน้ำมันเพียง 5 ต้นที่อินทรีย์วัตถุต่ำกว่า 20 ก./กก. ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เฉลี่ยเท่ากับ 200.37 ± 181.84 มก./กก. ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์สูงมาก แต่ปริมาณที่พบในแต่ละต้นผันแปรอย่างเห็นได้ชัด (23.00-844.-3 มก./กก.) เช่นเดียวกับ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ โดยที่โพแทสเซียมที่สกัดได้มีปริมาณอยู่ที่พิสัย 80.62-1,802 มก./กก. (เฉลี่ย 623.61 ± 399.99 มก./กก. จัดอยู่ในเกณฑ์สูงมาก) ซึ่งอาจเป็นผลตกค้างจากการใส่ปุ๋ย อันเป็นสิ่งที่พบเห็นได้มากในดินปลูกไม้ผล (พรทิวา และ สุมิตรา, 2548) แคลเซียมที่สกัดได้มีปริมาณอยู่ในพิสัย 83.42-2,288 มก./กก. (เฉลี่ย 551.71 ± 341.58 มก./กก. จัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำ) แมกนีเซียมที่สกัดได้มีปริมาณอยู่ในพิสัย 24.76-430.31 มก./กก. (เฉลี่ย 175.28 ± 97.4129 มก./กก. จัดอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง) เมื่อหาสัดส่วนระหว่างแคลเซียมกับแมกนีเซียม พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.83 ± 3.95 (พิสัย 0.22-30.47) ซึ่งน้อยกว่า 4 นั่นคือ ไม่จำเป็นต้องใส่แมกนีเซียมเพิ่ม (DOA, 2560) เหล็กที่สกัดได้มีปริมาณอยู่ที่พิสัย 18.70-326.99 มก./กก. (เฉลี่ย 120.94 ± 73.47 มก./กก. จัดอยู่ในเกณฑ์สูงมาก) มีปาล์มน้ำมันเพียง 3 ต้นเท่านั้นที่เหล็กที่สกัดได้มีปริมาณต่ำกว่า 25 มก./กก. แมงกานีสที่สกัดได้มีปริมาณอยู่ที่พิสัย 0.92-50.77 มก./กก. (เฉลี่ย 5.05 ± 6.52 มก./กก. จัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำ) มีปาล์มน้ำมันเพียง 7 ที่แมงกานีสที่สกัดได้มีปริมาณสูงกว่า 9.0 มก./กก. ทองแดงที่สกัดได้มีปริมาณอยู่ที่พิสัย 0.02-0.60 มก./กก. (เฉลี่ย 0.12 ± 0.11 มก./กก. จัดอยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก) สังกะสีที่สกัดได้มีปริมาณอยู่ที่พิสัย 0.16-12.84 มก./กก. (เฉลี่ย 1.65 ± 2.45 มก./กก. จัดอยู่ในเกณฑ์ปานกลาง)

จะเห็นว่า เกิดความไม่สมดุลและความผันแปรของธาตุอาหารในดินอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะฟอสฟอรัสและเบสที่สกัดได้ ดินเป็นกรดรุนแรงมากจึงมีเหล็กที่สกัดได้สูงมาก และแคลเซียมที่สกัดได้ต่ำ ในขณะที่ดินก็มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่สกัดได้สูงมาก อาจเป็นผลตกค้างของการใส่ปุ๋ยติดต่อกันทุกปี ซึ่งเป็นสิ่งที่พบได้ในดินปลูกไม้ผล รวมทั้งอาจเป็นผลของการใส่ปุ๋ยเคมีครั้งล่าสุด ส่วนแมกนีเซียมที่สกัดได้ซึ่งมีในระดับปานกลาง อาจเกิดจากการใส่กลีเซอไรด์



ความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมัน (Table 2) ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักทุกธาตุในใบปาล์มน้ำมันต่ำกว่าระดับมาตรฐานพอเพียงทุกธาตุ (ไนโตรเจนร้อยละ 1.43-2.46, เหล็กร้อยละ 1.95±0.19; ฟอสฟอรัสร้อยละ 0.09-0.14, เหล็กร้อยละ 0.11±0.01; โพแทสเซียมร้อยละ 0.58-1.29, เหล็กร้อยละ 0.82±0.16) มีปาล์มน้ำมันเพียง 9 ต้น เท่านั้น ที่ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบจัดอยู่ในช่วงค่ามาตรฐานพอเพียง ความเข้มข้นของแคลเซียมและแมกนีเซียมในใบปาล์มน้ำมันอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.32-1.16 และ 0.14-0.45 (เหล็กร้อยละ 0.74±0.14 และ 0.14±0.06 ตามลำดับ ซึ่งจัดอยู่ในช่วงค่ามาตรฐานพอเพียงทั้งสองธาตุ) มีเพียง 4 ต้นเท่านั้นที่ความเข้มข้นของทั้งสองธาตุนี้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานพอเพียง ความเข้มข้นของเหล็กในใบปาล์มน้ำมันอยู่ในพิสัย 102.42-293.54 มก./กก. (เหล็ก 172.84±51.83 มก./กก.) ซึ่งสูงกว่าค่ามาตรฐานพอเพียงอย่างมาก เช่นเดียวกับที่พบในความเข้มข้นของแมกนีเซีย (307.45-933.95 มก./กก., เหล็ก 566.44±135.79 มก./กก.) ส่วนความเข้มข้นของทองแดงในใบปาล์มน้ำมันอยู่ในพิสัย 3.58-10.60 มก./กก. (เหล็ก 5.93±1.43 มก./กก. ซึ่งจัดอยู่ในช่วงค่ามาตรฐานพอเพียง) และมีมากถึง 18 ต้นที่ความเข้มข้นของธาตุนี้ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานพอเพียง ในขณะที่ความเข้มข้นของสังกะสีในใบปาล์มน้ำมันผันแปรกว่าทุกธาตุ (8.07-43.20 มก./กก., เหล็ก 14.10±6.27 มก./กก. ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานพอเพียง) มีเพียง 9 ต้น เท่านั้นที่มีความเข้มข้นของธาตุนี้อยู่ในช่วงค่ามาตรฐานพอเพียง และ 7 ต้นสูงกว่าค่ามาตรฐานพอเพียง ความเข้มข้นของโซเดียมในใบปาล์มน้ำมันอยู่ในพิสัย 125.50-336.77 มก./กก. (เหล็ก 195.53±42.24 มก./กก.)

นั่นคือมีเพียงแคลเซียม แมกนีเซียม และทองแดงเท่านั้นที่ระดับความเข้มข้นในใบปาล์มน้ำมันจัดอยู่ในช่วงค่ามาตรฐานพอเพียง ในขณะที่ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและสังกะสีมีความเข้มข้นต่ำกว่าช่วงค่ามาตรฐานพอเพียง ส่วนเหล็กและแมกนีเซียมีความเข้มข้นสูงกว่าช่วงค่ามาตรฐานพอเพียงอย่างเห็นได้ชัด อาจอยู่ในระดับสูงมากหรือเป็นพิษก็ได้

เมื่อพิจารณาสมบัติของดินร่วมกับความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันพบว่า ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมต่ำกว่าช่วงค่ามาตรฐานพอเพียง ทั้งๆที่ดินมีโพแทสเซียมและฟอสฟอรัสสูงมาก มีความเป็นไปได้ว่าดินอาจอยู่ในสภาพที่พืชไม่สามารถดูดธาตุอาหารได้ เช่นแน่นทึบมากเกินไป หรือการระบายน้ำและอากาศไม่ดี ในขณะที่ดินมีแคลเซียมที่ต่ำ และแมกนีเซียปานกลาง แต่ในใบปาล์มน้ำมันมีความเข้มข้นของทั้งสองธาตุอยู่ในช่วงค่ามาตรฐานพอเพียง และมีเพียงความเข้มข้นของเหล็กในใบปาล์มน้ำมันเท่านั้นที่สูงมากซึ่งสอดคล้องกับปริมาณที่พบในดิน ในขณะที่ แมกนีเซีย ทองแดง และ สังกะสี ตรงกันข้ามกับปริมาณที่พบในดิน ซึ่งเป็นไปได้ว่าอาจมีบางช่วงของปีที่ดินอยู่ในสภาวะระบายอากาศไม่ดี มีน้ำขัง ทำให้แมกนีเซียละลายออกมาอยู่ในสารละลายดินมาก จนกระทั่งพืชดูดขึ้นไปได้สูงมาก (Havlin, *et al.*, 2005) ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลของเกษตรกรเจ้าของสวนที่กล่าวว่า ในช่วงฝนตกติดต่อกันหลายวันจะเกิดสภาพน้ำท่วมขังในแปลง ส่วนการที่ความเข้มข้นของสังกะสีในใบปาล์มน้ำมันที่ต่ำกว่าค่ามาตรฐานพอเพียงอาจเกิดจากดินมีฟอสฟอรัสที่สูงมากทำให้ดูดใช้สังกะสีได้ยาก เนื่องจากทั้งสองธาตุเป็นปฏิปักษ์ต่อกัน (Havlin, *et al.*, 2005) นั่นคือปฏิกิริยาระหว่างฟอสฟอรัสกับสังกะสีในดินเป็นอุปสรรคสำคัญที่ขัดขวางไม่ให้พืชดูดธาตุสังกะสีมาใช้ประโยชน์ได้

Table 1 Basic soil properties of the studied oil palm plot

	pHw	EC 1:1	OM	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Cu	Zn	Ca/Mg
n = 70	1:1	uS cm ⁻¹	g kg ⁻¹	(----- mg kg ⁻¹ -----)									
Mean	3.70	1000.02	31.90	200.37	623.61	551.71	192.35	76.60	120.94	5.06	0.12	1.65	3.83
Maximum	4.45	3480	65.12	844.3	1802	2288	462.8	191.3	327.0	50.77	0.60	12.84	30.47
Minimum	3.29	175	16.07	23.00	80.62	83.42	26.84	35.56	18.70	0.92	0.02	0.16	0.22
SD	0.27	668.47	8.84	181.84	399.99	341.58	106.59	27.16	73.47	6.52	0.11	2.45	3.95



Table 2 Nutrient concentration of oil palm leaf of the studied plot

	Dried Wt.	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Cu	Zn
n = 70	(g)	(-----%-----)							mg kg ⁻¹		
Mean	7.65	1.95	0.11	0.82	0.74	0.32	195.53	172.84	566.44	5.93	14.11
Maximum	11.74	2.46	0.14	1.29	1.16	0.45	336.77	293.54	933.95	10.60	43.20
Minimum	4.71	1.43	0.09	0.58	0.32	0.14	125.50	102.42	307.45	3.58	8.07
SD	1.23	0.19	0.01	0.16	0.14	0.06	42.24	51.83	135.79	1.43	6.27
Adequat range*	-	2.5-2.8	0.15-0.2	1.0-1.3	0.6-1.0	0.24-0.50	no data	50-80	80-200	5-8	20-45

Note * : Millis and Jone, Jr (1996)

สรุป

ดินปลูกปาล์มน้ำมันที่เป็นกรณีศึกษาเป็นกรดรุนแรงมาก มีอินทรียวัตถุสูง และมีความไม่สมดุลของธาตุอาหารทั้งในดิน โดยที่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ โดยที่โพแทสเซียมที่สกัดได้สูงมาก แคลเซียมที่สกัดได้ต่ำ แมกนีเซียมที่สกัดได้ปานกลาง เหล็กที่สกัดได้สูงมาก สังกะสีที่สกัดได้ปานกลาง แมงกานีสที่สกัดได้ต่ำ และทองแดงที่สกัดได้ต่ำมาก ส่วนความเข้มข้นของธาตุอาหารในใบปาล์มน้ำมันก็มีเพียงแคลเซียม แมกนีเซียม และทองแดงเท่านั้นที่จัดอยู่ในช่วงค่ามาตรฐานพอเพียง ในขณะที่ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมและสังกะสีมีความเข้มข้นต่ำกว่าช่วงค่ามาตรฐานพอเพียง ส่วนเหล็กและแมงกานีสมีความเข้มข้นสูงกว่าช่วงค่ามาตรฐานพอเพียงอย่างเห็นได้ชัด อาจอยู่ในระดับสูงมากหรือเป็นพิษก็ได้ ในจัดการขั้นพื้นฐานควรใส่ปูนเพื่อยกระดับ pH ของดินให้สูงขึ้น โดยอาจใส่ทั้งปูนขาวหรือโดโลไมท์ ซึ่งอาจทำให้เหล็กละลายออกมาสู่สารละลายดินได้น้อยลง และถ้าเป็นไปได้ให้หลีกเลี่ยงการใส่ปุ๋ยเคมีในช่วงที่มีฝนตก เนื่องจากธาตุอาหารจะสูญหายไปกับน้ำ หรือเปลี่ยนวิธีการใส่ปุ๋ยจากการหว่านรอบต้นเป็นการขุดร่อนรอบต้นเพื่อโรยปุ๋ยและกลบ ซึ่งวิธีนี้อาจทำให้ประสิทธิภาพของปุ๋ยมีมากขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คุณชาญชัย วิจะสิกะ เจ้าของสวนปาล์มน้ำมันที่ให้ความอนุเคราะห์สวนปาล์มน้ำมันและที่พักเพื่อการศึกษาครั้งนี้ ขอขอบคุณปฏิบัติกรวิเคราะห์ดินและพืช วิชาเอกปฐพีวิทยา ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ในการวิเคราะห์ดินและพืช

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2560. เข้าถึงได้จาก: <http://www.doae.go.th>. [เข้าถึงเมื่อ 18 มิถุนายน 2560]
- ธีระพงศ์ จันทรมียม. 2556 การเก็บตัวอย่างในปาล์มน้ำมัน เพื่อวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการผลิตปาล์มน้ำมัน. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. 4 หน้า. เข้าถึงได้จาก: Natres.psu.ac.th: [เข้าถึงเมื่อ 25 พฤศจิกายน 2559]
- พรทิศา กัญญวงศ์หา และสมิตรา ภู่วโรดม. 2548. สมบัติดินปลูกทุเรียนของเกษตรกรในภาคตะวันออกของประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร: 36 [5-6 (พิเศษ)]: 429-432.
- ศูนย์วิจัยปาล์มน้ำมันสุราษฎร์ธานี. 2559. เข้าถึงได้จาก: <http://it.doa.go.th/palm/> linkTechnical/oilpalm.html. [เข้าถึงเมื่อ 29 พฤศจิกายน 2559].
- สมิตรา ภู่วโรดม. 2555. เอกสารประกอบการเรียนการสอน วิชาวิเคราะห์ดินและพืช ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ. agriman.doae.go.th พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับปลูกสร้างสวนปาล์มน้ำมัน เข้าถึงได้จาก: www.agriman.doae.go.th [เข้าถึงเมื่อ 12 กรกฎาคม 2560]
- DOA. 2560. doa.go.th. วิชาการปาล์มน้ำมัน: การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ตัวอย่างดิน. เข้าถึงได้จาก: doa.go.th [เข้าถึงเมื่อ 29 เมษายน 2560]



- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and, W.L. Nelson. 2005 Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 7th Edition. Pearson Prentice Hall. Upper Saddle River, New Jersey. USA. 515p.
- jitpisutsukyoy55.wordpress.com. ปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของปาล์มน้ำมัน. เข้าถึงได้จาก <https://jitpisutsukyoy55.wordpress.com> [เข้าถึงเมื่อ 12 กรกฎาคม 2560]
- Jones, Jr., J.B. 2001. Laboratory Guides for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida. USA. 363 p.
- Land Development Department. 1992. Manual of Soil Quality Evaluation for Economic Plant of Thailand. Land Use Planning Division, Land Development Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives. Bangkok. Thailand.
- manager online. 2560. พืชส่งเสริมเกษตรกรชาวสวนปลูกปาล์มให้ได้ตามเป้า. เข้าถึงได้จาก: www.manager.ac.th [เข้าถึงเมื่อ 2 มิถุนายน 2560]
- Millis, H.A. and J.B. Jones, Jr. 1996. Plant Analysis Handbook II : a practical sampling, Preparation, analysis, and interpretation guide. Revised. Micro-Macro Publishing, Inc., Athens, Georgia. USA. 422 p.
- Soil Survey Division. 1983. Detailed reconnaissance soil map of Phattalung Province. Scale 1:50,000. Soil Survey Division. Department of Land Development. Ministry of Agriculture and Cooperatives. Bangkok, Thailand. 6 Sheets.

Table appendix A. Criteria for soil quality evaluation for economic plants of Thailand

Criteria	Ranges						
	Very low	Low	Slightly low	Medium	Moderately high	High	Very high
OM(g kg ⁻¹)	< 5	5-10	10-15	15-25	25-35	35-45	>45
AvailP (mg kg)	< 3	3 - 6	6 - 10	10 - 15	15 - 25	25 - 45	> 45
K (mg kg)	< 30	30 - 60	–	60 - 90	–	90 - 120	> 120
Ca (mg kg)	< 400	400 - 1000	–	1000 - 2000	–	2000 - 4000	> 4000
Mg (mg kg)	< 36	36 - 120	–	120 - 360	–	360 - 960	> 960
Fe (mg kg)	< 5	5-10	–	11-16	–	> 4.5	–
Cu (mg kg)	< 0.3	0.3-0.8	–	0.9-1.2	–	1.3-2.5	> 2.5
Mn (mg kg)	< 4	4-8	–	9-12	–	13-30	> 30
Zn (mg kg)	< 0.5	0.5-1	–	1.1-3	–	3.1-6	> 6

Sources: Modified from Land Development Department (1992) and Jone, Jr (2001)

ลักษณะของดินปลูกยางพาราที่มีชิ้นส่วนหยาบในจังหวัดระยอง Characteristics of para rubber-growing soil containing coarse fragments in rayong province

พรทิศา กัญยวงศ์หา^{1*}

Pornthiwa Kanyawongha^{1*}

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบสัณฐานวิทยาสนาม ร่วมกับสมบัติทางประชากรทางกายภาพ และทางเคมีของหน้าตัดดินที่มีชิ้นส่วนหยาบ และประเมินความเหมาะสมของดินสำหรับปลูกยางพารา โดยเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่จังหวัดระยอง 5 พืดอน จากสัณฐานภูมิประเทศที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด ลูกคลื่นลอนชัน และเนินเขา ชิ้นส่วนหยาบของทุกพืดอนมีขนาดกรวด (2-75 มิลลิเมตร) จากชนิดของชิ้นส่วนหยาบทำให้จัดกลุ่มได้ 3 กลุ่ม คือ พวกที่เป็นกรวดก้อนเหลี่ยม กับมวลสารพอกของเหล็ก และหินผุ (พืดอน 1 และ 2) กรวดก้อนกลม (พืดอน 3) และ เศษหินหลายเหลี่ยมกับหินผุ (พืดอน 4 และ 5) ซึ่งวัสดุเหล่านี้ส่วนใหญ่ได้รับอิทธิพลจากวัตถุดิบกำเนิดดิน มีเพียงมวลสารพอกของเหล็กเท่านั้นที่เกิดจากกระบวนการดิน ชิ้นส่วนหยาบที่พบไม่เชื่อมต่อกัน ส่วนที่เป็นดินส่วนใหญ่มีสีแดงปนเหลืองถึงสีน้ำตาลเข้ม ในขณะที่ชั้นวัตถุดิบกำเนิดดิน (C) และชั้นหินผุ (Cr) ดินมีสีแตกต่างจากส่วนที่เป็นดิน และแตกต่างกันในแต่ละหน้าตัดดิน แต่โดยส่วนใหญ่เป็นสีน้ำตาล แดง เทา และความรุนแรงของการฟุ้งของชั้นหินผุลดลงตามความลึก พืดอน 3 มีเนื้อดินปานกลาง ส่วนพืดอนอื่นเป็นดินเนื้อละเอียด อนุภาคขนาดดินเหนียวของทุกหน้าตัดดินเพิ่มขึ้นตามความลึก บอถึงพัฒนาการของหน้าตัดดิน ดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pHw 4.62-5.73) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของทุกหน้าตัดดินแจกกระจายตามความลึก สอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว ส่วนเบสแลกเปลี่ยนได้มีทั้งสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุ ผลรวมของเบสแลกเปลี่ยนได้ต่ำมาก (0.064-2.581 เซนติโมล/กิโลกรัม) เมื่อเทียบกับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (1.59-5.28 เซนติโมล/กิโลกรัม) ถึงแม้ว่าปฏิกิริยาดิน อินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารพืชในดินส่วนใหญ่จะอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมแก่การปลูกยางพารา แต่ทุกหน้าตัดดินมีฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมที่สกัดได้ และบางหน้าตัดดินมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่าเกณฑ์ที่เหมาะสม

คำสำคัญ : สัณฐานวิทยาสนาม ชิ้นส่วนหยาบ สมบัติของดิน ยางพารา จังหวัดระยอง

Abstract

This study aimed at determining field morphology, some physical and chemical properties of coarse fragments-containing soils together with evaluate the suitability for para rubber, 5 pedons on the undulating, rolling and hilly terrains were collected from Rayong Province. They contained coarse fragments in gravel size (2-75 millimeter). Three groups of pedon were classified according to the coarse fragments. They were the angular-shaped gravel, iron concretions and weathered rocks (Pedon 1 and 2), the rounded gravels (Pedon 3) and the angular-shaped rock fragments and weathered rocks (Pedon 4 and 5). The parent materials had mainly influenced on the coarse fragments, excepted for the iron concretions that derived from soil forming processes. The coarse fragments were unconsolidated. The solums had yellowish red to dark brown colors, whilst the parent material and the weathered rock horizons had different colors and also differed among pedons. They mainly contained the brownish, reddish and grayish colors with the degree of weathering decreased according to depth. Pedon 3 had medium texture whereas the others had finer textures. Soils had very strongly to moderately acid (pHw 4.62-5.73). The cation exchange capacity followed the same trend of the clay particle throughout the

¹ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520.

* corresponding author : pornthiwa.ka@gmail.com

depth of all pedons. However, the the exchangeable bases were somewhat similar to distribution of the clays and organic matter. Comparing with the cation exchange capacity ($1.59-5.28 \text{ cmol}_{(+) } \text{ kg}^{-1}$), summation of exchangeable bases were very low ($0.064-2.581 \text{ cmol}_{(+) } \text{ kg}^{-1}$). The soil pH, organic matter and plant nutrients were mainly in the optimum ranges for para rubber, nonetheless, the available phosphorus and exchangeable magnesium of all pedons and the exchangeable potassium of some pedons were lower than the optimum ranges.

Keywords : Field morphology, coarse fragment, soil properties, para rubber, Rayong Province

บทนำ

ชิ้นส่วนหยาบ (Coarse fragments) เป็นอินทรีย์วัตถุที่มีขนาดใหญ่กว่า 2 มิลลิเมตร (เอิบ, 2541) แบ่งได้เป็น 4 ขนาด คือ กรวด (Gravel; 2-75 มม.) ก้อนหินมนเล็ก (Cobble; 75-250 มม.) ก้อนหิน (Stone; 250-600 มม.) และ ก้อนหินมนใหญ่ (Boulder; > 600 มม.) (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา, 2551) ชิ้นส่วนหยาบที่มักพบในดิน ได้แก่ กรวดก้อนกลม เศษหิน เศษชิ้นส่วนของศิลาแลง มวลสารพอก และสารก้อนกลม รวมทั้ง เศษหิน และหินผุ แม้ว่าวัสดุเหล่านี้ไม่มีผลต่อระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน แต่มีผลต่อการจัดการดิน และการใช้ที่ดิน เช่น การมีหินโผล่ (rock outcrop) ที่ผิวดิน จะเป็นอุปสรรคต่อการไถพรวนดิน ซึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของรากพืช การเคลื่อนที่ของน้ำทั้งบนผิวดินและภายในดิน (Brady and Weil, 2008)

ชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทยเป็นบริเวณที่ปลูกยางพาราซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ โดยจังหวัดระยองมีพื้นที่ปลูกยางพารามากที่สุดของภูมิภาคนี้ (สถาบันวิจัยการยาง, 2560) และจากการสำรวจภาคสนามของผู้วิจัย พบว่าดินปลูกยางพาราบนสันฐานภูมิประเทศที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด ลูกคลื่นลอนชัน ตลอดจนเนินเขา มีชิ้นส่วนหยาบอยู่ในหน้าตัดดิน (พรทิวา และณัฐรา, 2549; พรทิวา และอนงนาฏ, 2556) ซึ่งแม้ว่าจะไม่มีผลต่อความอุดมสมบูรณ์ของดิน แต่อาจมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช โดยเฉพาะการขัดขวางการเจริญเติบโตของรากพืช ดังนั้นการทราบสมบัติบางประการของหน้าตัดดินที่มีชิ้นส่วนหยาบ ทำให้เข้าใจกระบวนการทางดินในระบบการปลูกยางพารา และลักษณะและชนิดของชิ้นส่วนหยาบในดิน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการจัดการดินเพื่อให้เหมาะสมต่อพืช ดังนั้นจึงสนใจศึกษาสันฐานวิทยาสานัม ร่วมกับสมบัติบางประการ ทางกายภาพ และทางเคมีของหน้าตัดดินที่มีชิ้นส่วนหยาบ และประเมินความเหมาะสมของดินสำหรับปลูกยางพารา โดยใช้เกณฑ์ของอนุชารถ (2551)

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษาและการเก็บตัวอย่างดิน

เลือกพื้นที่ปลูกยางพาราที่อยู่ติดกับบ่อขุดดิน ด้านข้างของถนน หรือด้านข้างเนินเขาที่ใหม่และมีชิ้นส่วนหยาบในหน้าตัดดินในเขตอำเภอเวียงจันทร์และอำเภอแก่ง จังหวัดระยอง ตกลงหน้าตัดดิน แบ่งชั้นดิน ศึกษาสันฐานวิทยาสานัม รวมทั้งค่าปฏิกิริยาดินในสนาม (pHf) และทำคำบรรยายหน้าตัดดิน ตามวิธีการศึกษาสันฐานวิทยาภาคสนามของดิน (เอิบ, 2541) เก็บตัวอย่างดินและนำมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม หาร้อยละโดยน้ำหนักของชิ้นส่วนหยาบ โดยชั่งน้ำหนักดินทั้งหมด ร่อนแยกชิ้นส่วนหยาบด้วยตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร ชั่งน้ำหนักของส่วนหยาบที่ไม่ผ่านตะแกรงและคำนวณเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก (Soil Survey Staff, 1992) ใช้ตัวอย่างดินที่ผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร เพื่อการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ประกอบด้วย การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินโดยวิธีไปเปต (Gee and Bauder, 1986) และจำแนกชั้นเนื้อดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (Soil Survey Staff, 1992) การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ประกอบด้วย ปฏิกิริยาดิน (pHw และ pHk) โดยใช้อัตราส่วนดิน : น้ำ และดิน : 1M KCl เท่ากับ 1:5 ตามลำดับ (Blackmore *et al.*, 1987) การนำไฟฟ้าของสารละลายดิน (EC) โดยใช้อัตราส่วนดิน : น้ำ เท่ากับ 1:5 (Rhoades, 1996) คาร์บอนอินทรีย์และคำนวณเป็นปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) โดยวิธี Walkley and Black Titration (IITA, 1979) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail. P) โดยการสกัดดินด้วยน้ำยา Bray II (สุมิตรา, 2549) เบสแลกเปลี่ยน (แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม) และนำค่าโพแทสเซียมที่สกัดได้ เสนอในรูปโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC pH 7.0) โดยวิธี Centrifuge and Decantation ซึ่งใช้ 1M NH_4OAc pH 7.0 เป็นน้ำยาสกัด (IITA, 1979) จุลธาตุอาหารที่สกัดได้ (เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี) โดยวิธีสกัดดินด้วย 0.05N DTPA pH 7.3 (สุมิตรา, 2549)



ผลและวิจารณ์

สัณฐานวิทยาของดินและชั้นส่วนหยาบ

สัณฐานภูมิประเทศของดินปลูกยางพาราที่มีชั้นส่วนหยาบ โดยดินที่ศึกษาอยู่ในสัณฐานภูมิประเทศแบบลูกคลื่นลอนลาดถึงลูกคลื่นลอนชัน (พืดอน 1) ลูกคลื่นลอนลาดถึงเนินเขา (พืดอน 2) ลูกคลื่นลอนชัน (พืดอน 3 และ พืดอน 5) เนินเขา (พืดอน 4) ลักษณะธรณิวิทยาในบริเวณที่ศึกษาเป็นตะกอนสะสมยุคควอเทอร์นารีบนที่ราบขั้นบันไดระดับสูงและต่ำ (Qt) ได้แก่ ศิลาแลง กรวด หวาย หวายแป้งและดินเหนียว นอกจากนี้ในบริเวณที่ศึกษาลักษณะธรณิวิทยาอื่นที่อยู่รายล้อม คือ ชุดหินราปูรีที่มีอายุอยู่ในยุคเพอร์เมียน-คาร์บอนิเฟอรัส (Permian-Carboniferous) ซึ่งเป็นหินทรายสีแดงถึงแดงเข้ม เนื้อละเอียดถึงปานกลาง หินกรวดมน หินทรายปนกรวด หินดินดานทัฟไฟเซียสสีเทาอ่อน ซึ่งมีหินเชิร์ตแทรกสลับ (กองธรณิวิทยา, 2527) ทุกหน้าตัดดินมีชั้นส่วนหยาบมากกว่าร้อยละ 40 โดยน้ำหนัก และมีขนาดไม่เกิน 75 เซนติเมตร ซึ่งเป็นขนาดกรวด (gravel) อ้างถึงแผนที่ดินจังหวัดระยอง (Soil Survey Division, 1980) พบว่า ดินที่ศึกษาอยู่ในขอบเขตของชุดดินชุมพร พังงา ท่าชะหนองคล้า และที่ลาดชันเชิงซ้อน (Slope complex) สำหรับ หน้าตัดดินที่ 1 ถึง 5 ตามลำดับ

ลักษณะชั้นส่วนหยาบในดินที่ศึกษา

พืดอน 1 ชั้นส่วนหยาบเป็นกรวดก้อนเหลี่ยม กับมวลสารพอกของเหล็ก (50-75 เซนติเมตร) ในขณะที่ความลึก 75-100 เซนติเมตร ขนาดของกรวดก้อนเหลี่ยมใหญ่ขึ้นกว่าเดิม และพบมวลสารพอกของเหล็กเช่นเดียวกัน และที่ความลึก 100-200 เซนติเมตร เป็นกรวดก้อนเหลี่ยม ความลึกที่มากกว่านี้เป็นหินผุ ซึ่งความรุนแรงของการผุพังลดลงตามความลึก **พืดอน 2** ชั้นส่วนหยาบเป็นเศษหินก้อนเหลี่ยม ขนาดใหญ่กว่าที่พบในหน้าตัดดินที่ 1 และพบมวลสารพอกของเหล็กในช่วง 0-80 เซนติเมตร ส่วนตั้งแต่ความลึก 200-300 เซนติเมตร หินก้อนเหลี่ยมที่พบเป็นผลที่เกิดจากการผุพังอยู่กับที่ของหินแข็งขนาดใหญ่ (Corestone) และยังคงมองเห็นรูปร่างเดิมของก้อนหินนี้ ส่วนชั้นหินผุจะอยู่ลึกกว่า 260 เซนติเมตรลงไป **พืดอน 3** ชั้นส่วนหยาบเป็นกรวดก้อนกลมสีเทาปน ค่อนข้างจัดเรียงเป็นแนวยาว ตั้งแต่ผิวหน้าดินลงไปถึงความลึก 210 เซนติเมตร มีขนาดใหญ่กว่าที่พบในความลึก 210-810 เซนติเมตร ส่วนความลึกที่มากกว่านี้ ไม่พบกรวดที่มีขนาดเกิน 0.5 มิลลิเมตร และปริมาณที่พบน้อยมาก **พืดอน 4** ชั้นส่วนหยาบเป็นเศษหินหลายเหลี่ยม ตั้งแต่ผิวหน้าดินถึงความลึก 160 เซนติเมตร และตั้งแต่ 160 เซนติเมตรลงไป เป็นชั้นส่วนของชั้นหินผุ **พืดอน 5** ตั้งแต่ผิวหน้าดินถึงความลึก 40 เซนติเมตร ชั้นส่วนหยาบเป็นเศษหินก้อนเหลี่ยม และมีปริมาณมากกว่าที่พบในความลึก 40-80 เซนติเมตร ส่วนที่ความลึก 80-120 เซนติเมตร เศษหินก้อนเหลี่ยมมีขนาดเล็กลงจากเดิม และมีขนาดใหญ่ขึ้นอีกครั้งหนึ่งที่ความลึก 120-170 เซนติเมตร หลังจากนั้น เป็นหินผุและเศษหินก้อนเหลี่ยมขนาดเล็กกว่าเดิม (170-200 เซนติเมตร) และหินผุ (200-350 เซนติเมตร)

พัฒนาการหน้าตัดดิน พืดอน 1 และ 2 เป็นแบบ Apc-BAc-Btc-Cr และ Apc-Btc-Cc-Cr ตามลำดับ พืดอน 3 เป็นแบบ Ap-Btc-Cc-C และพืดอน 4 และ 5 เป็นแบบ Apc-Btc-Cr และ Apc-Bc-Btc-Cr ตามลำดับ แม้ว่าหน้าตัดดินเหล่านี้จะอยู่ในธรณิวิทยาเป็นตะกอนสะสมบนที่ราบขั้นบันไดระดับสูงและต่ำ และอยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน แต่มีลักษณะชั้นส่วนหยาบต่างกัน เป็นไปได้ว่าวัตถุดิบกำเนิดของดินเหล่านี้ต่างกัน โดยสามารถแบ่งชั้นส่วนหยาบออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ 1) ชั้นส่วนหยาบที่เป็นมวลสารพอกของเหล็ก ซึ่งพบพืดอน 1 และ 2 เป็นสิ่งที่เกิดอยู่กับที่โดยกระบวนการเกิดหน้าตัดดิน โดยกระบวนการออกซิเดชัน-รีดักชัน ของเหล็ก โดยในบางช่วงของปี บางส่วนของหน้าตัดดินอาจมีการระบายน้ำและอากาศไม่สมบูรณ์นัก ในช่วงที่การระบายอากาศไม่ดีเหล็กจะอยู่ในรูปของ Fe^{2+} แต่เมื่อบริเวณนั้น เริ่มมีออกซิเจน Fe^{2+} จะเกิดออกซิเดชัน เปลี่ยนเป็น Fe^{3+} โดยเริ่มจากการเป็นจุดประ และเมื่อกระบวนการนี้เกิดต่อเนื่อง จะทำให้จุดประเริ่มเปลี่ยนเป็นมวลสารพอกของเหล็ก (van Wambeke, 1992) สอดคล้องกับการศึกษาของพรทิวาและอนงนาฏ (2556) 2) ส่วนกรวดก้อนเหลี่ยม และเศษหินก้อนเหลี่ยม อาจเป็นวัสดุเคลื่อนย้ายมาทับถม โดยพาหะธรณิที่เป็นน้ำและแรงโน้มถ่วงของโลกแต่เป็นการเคลื่อนที่ในระยะทางไม่ไกลนัก โดยอาจคาดการณ์ได้ว่า ครั้งหนึ่งหินพื้นเคยไหลผ่านผิวหน้าดิน และเกิดการผุพังอยู่กับที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อย หลังจากนั้น เกิดการเคลื่อนที่โดยพาหะธรณิไปทับถมที่อื่น โดยมีวัสดุละเอียดมาตกตะกอนในภายหลัง หรือชั้นส่วนหยาบเกิดอยู่กับที่จากหินพื้น หินพื้นอาจอยู่ใกล้กับผิวหน้าดิน ทำให้ได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ และน้ำฝนที่ไหลซึมลงไปดิน ร่วมกับอิทธิพลของรากพืช จึงแตกออกเป็นชั้นเล็กชิ้นน้อย และ 3) พบหินผุ บางกรณีอาจมองเห็นรูปร่างดั้งเดิมของหินเป็นก้อนขนาดใหญ่ได้บ้าง ถ้าเกิดการผุพังไม่นานมากนัก อีกกรณีหนึ่งคือ หินมีองค์ประกอบเป็นแร่ที่ทนทานต่อการสลายตัวผุพังต่างกัน ทำให้พวกที่สลายตัวได้ยากคงอยู่เป็นชั้นส่วนหยาบ (van Wambeke, 1992) ดังเช่นในพืดอน 2 ส่วนกรวดก้อนกลมสีเทาปน ขนาดใกล้เคียงกันและค่อนข้างเรียงกันเป็นแนวยาวของพืดอน 3 อันเป็นลักษณะที่แตกต่างจากหน้าตัดดินอื่นชัดเจน อาจเป็นวัสดุที่เคลื่อนย้ายโดยน้ำในระยะทางไกลมา

สัณฐานวิทยาสนามของดิน (Solum) ทุกพืดอน ส่วนใหญ่เป็นสีแดงปนเหลืองถึงสีน้ำตาลเข้ม แสดงถึงการเกิดกระบวนการออกซิเดชันเด่น ซึ่งเป็นผลของภูมิประเทศซึ่งเป็นที่ดอน (Buol *et al.*, 2011) โดยพืดอน 1 ที่ช่วงความลึก 0-240 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลแก่ ในขณะที่พืดอน 2 และพืดอน 3 ช่วงความลึก 0-180 เซนติเมตร และ 0-210 เซนติเมตร ตามลำดับ ดินมีสีน้ำตาลปนเหลืองและสีแดง พืดอน 4 ช่วงความลึก 0-160 เซนติเมตรดินส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลและสีแดงปนเหลือง เมื่อพิจารณาพร้อมกับสภาพภูมิประเทศซึ่งเป็นที่ดอนบนสัณฐานภูมิประเทศลูกคลื่นลอนชัน จึงมีความเป็นไปได้ที่หน้าตัดดินนี้อาจจะเกิดมวลสารพอกของเหล็กชั้นในดิน ส่วนพืดอน 5 ที่ช่วงความลึก 0-170 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลปนเหลือง ส่วนชั้นวัตถุต้นกำเนิดดิน (C) และชั้นหินผุ (Cr) ดินมีสีแตกต่างจากส่วนที่เป็นดิน และแตกต่างกันในแต่ละหน้าตัดดิน แต่โดยส่วนใหญ่เป็นสีน้ำตาล แดง เทา และความรุนแรงของการผุพังของชั้นหินผุลดลงตามความลึก ชั้นส่วนหยาบของทุกหน้าตัดดินไม่เชื่อมติดกัน ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเจริญเติบโตและการไซซอนของรากไม่มากนัก

การแจกกระจายของขนาดอนุภาคดินและชั้นเนื้อดิน (เฉพาะส่วนที่เป็นดินผง) ส่วนที่เป็นดินของพืดอน 2 และ 4 มีเนื้อละเอียดที่สุด (อนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 16.44-47.70 และ 28.74-47.55 เป็นดินร่วนกับดินเหนียว และดินร่วนเหนียวกับดินเหนียว ตามลำดับ) รองลงมาได้แก่ พืดอน 1 (อนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 16.01-45.47 เป็นดินดินร่วนปนทราย ดินร่วนเหนียว ดินเหนียวปนทรายและดินเหนียว) และ 5 (อนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 28.00-40.89 เป็นดินร่วนเหนียวและดินเหนียว) ในขณะที่พืดอน 3 เป็นดินร่วนปนทรายและดินร่วนเหนียวปนทราย (อนุภาคขนาดดินเหนียวร้อยละ 17.06-30.64) และมีอนุภาคขนาดทรายมากกว่าที่พบในหน้าตัดดินอื่น ส่วนชั้นวัตถุต้นกำเนิดดิน และชั้นหินผุของพืดอน 1 ส่วนใหญ่เป็นดินร่วนเหนียว พืดอน 2 เป็นดินเหนียวและดินร่วนเหนียว พืดอน 3 เป็นดินร่วนเหนียวปนทราย และดินร่วนปนทราย พืดอน 4 ส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวกับดินร่วนปนทรายแบ่ง ในขณะที่พืดอน 5 ส่วนใหญ่เป็นดินทรายร่วนภายในส่วนที่เป็นดิน อนุภาคขนาดดินเหนียวของทุกหน้าตัดดินเพิ่มขึ้นตามความลึก บ่งชี้ว่ามีการเคลื่อนย้ายอนุภาคดินเหนียว (Bt) แสดงให้เห็นถึงดินมีพัฒนาการ (Buol, *et al.*, 2011) ในขณะที่ชั้นวัตถุต้นกำเนิดดินกับชั้นหินผุ มีการแจกกระจายของอนุภาคดินไม่สม่ำเสมอ และมีอนุภาคขนาดดินเหนียวลดลงตามความลึก (Figure 1)

สมบัติทางเคมีบางประการ มีเพียงความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของทุกพืดอนเท่านั้นที่แจกกระจายตามความลึกสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว (Figure 1) ในขณะที่เบสแลกเปลี่ยนได้ของพืดอน 1 และ 4 แจกกระจายตามความลึกสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว ตอนบนของพืดอน 3 และ 5 มีเบสแลกเปลี่ยนได้สูงตามปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Table 1) ส่วนช่วงความลึกอื่นเป็นไปตามอนุภาคขนาดดินเหนียว ในขณะที่พืดอน 2 เบสแลกเปลี่ยนได้ลดลงตามความลึก เช่นเดียวกับที่พบในอินทรีย์วัตถุ สมบัติทางเคมีอื่นของส่วนที่เป็นดิน เช่น ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และจุลธาตุที่สกัดได้ค่อนข้างลดลงตามความลึก สอดคล้องกับการแจกกระจายของอินทรีย์วัตถุ และไม่แตกต่างกันมากนักสำหรับชั้นที่เป็นวัตถุต้นกำเนิดดินและชั้นหินผุ จึงนำเสนอเป็นค่าเฉลี่ยของแต่ละชั้นดิน (Table 1) ซึ่งจะเห็นว่าชั้นวัตถุต้นกำเนิดดินและชั้นหินผุมีสมบัติทางเคมีค่อนข้างต่างจากที่พบในส่วนที่เป็นดิน ทุกพืดอนมีปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pHw 4.62-5.73) มีเพียงพืดอน 5 เท่านั้นที่ปฏิกิริยาดินลดลงตามความลึก ในขณะที่หน้าตัดดินอื่นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกหรือไม่แตกต่างกันมากนัก ส่วนปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยสารละลายไฮโปทิสเซียมคลอไรด์ (pHK) มีค่าต่ำกว่าปฏิกิริยาดินที่วัดด้วยน้ำ แสดงว่าประจุสุทธิที่ผิวของแร่ดินเหนียวเป็นลบ (เพิ่มพูน, 2529) อย่างไรก็ตาม บริเวณนี้อยู่ในเขตภูมิอากาศมรสุมเขตร้อนที่ฝนตกชุก กระบวนการชะละลายจึงเกิดได้มาก ทำให้ไอออนประจุบวกที่เป็นต่างสูญเสียไปจากหน้าดิน และมีไอออนประจุบวกที่เป็นกรดอยู่มากในดิน ดังจะเห็นได้จากดินมีผลรวมเบสแลกเปลี่ยนได้ต่ำมากเมื่อเทียบกับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (0.103-2.581 เซนติโมล/กิโลกรัม และ 1.87-11.13 เซนติโมล/กิโลกรัม ตามลำดับ) อินทรีย์วัตถุของชั้นดินบนมีปริมาณสูงที่สุด ทำให้จุลธาตุประจุบวกของชั้นดินบนสูงตามไปด้วย ส่วนฟอสฟอรัสมีปริมาณต่ำกว่า 10 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แทบทั้งหมด โดยที่พืดอน 3 มีปริมาณสูงที่สุด ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินต่ำกว่า 100 ไมโครซีเมนส์/เซนติเมตร เป็นส่วนใหญ่สำหรับชั้นดินล่าง ในขณะที่ชั้นดินบนมีค่าไม่เกิน 200 ไมโครซีเมนส์/เซนติเมตร แสดงว่าพืชที่ปลูกไม่ได้รับความเสียหายจากความเค็มเบสแลกเปลี่ยนได้และจุลธาตุที่สกัดได้ของชั้นดินบนที่มีปริมาณสูงที่สุด และลดลงตามความลึก เช่นเดียวกับฟอสฟอรัส และอินทรีย์วัตถุ แสดงว่าอินทรีย์วัตถุที่มีอิทธิพลสมบัติทางเคมีดังกล่าวของดิน ทุกหน้าตัดดินมีเหล็กที่สกัดได้มากที่สุด รองลงมาได้แก่ แมงกานีส ในขณะที่ทองแดง กับสังกะสี ต่ำมากเมื่อเทียบกับเหล็ก และแมงกานีส พืดอน 3 มีอนุภาคขนาดดินเหนียว น้อยที่สุด จึงมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำที่สุด อย่างไรก็ตาม พบว่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของทุกหน้าตัดดินมีปริมาณต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับอนุภาคขนาดดินเหนียว (Figure 1) แสดงว่าที่ผิวของสารคอลลอยด์ดินมีประจุลบไม่มากนัก นั่นคือดินผ่านการสลายตัวผุพังค่อนข้างรุนแรง ทำให้แร่ดินเหนียวที่เด่นเป็นพวกที่มีประจุลบน้อย (Brady and Weil, 2008)

เบสแลกเปลี่ยนได้ แม้ว่าจะมีปริมาณไม่มากนัก แต่ทุกหน้าตัดดินมีแคลเซียม สูงที่สุด รองลงไปได้แก่ แมกนีเซียม ในขณะที่โซเดียมมีปริมาณต่ำที่สุด ซึ่งสิ่งเหล่านี้เกิดจาก กระบวนการผุพังอยู่กับที่แบบ Incongruent dissolution ที่ H^+ จากกระบวนการ hydrolysis ไปแทนที่ไอออนประจุบวกในโครงสร้างผลึกของแร่เริ่มต้น ทำให้ Cations ที่เคลื่อนที่ได้ดีที่สุด ซึ่งได้แก่ Na^+ K^+ สูญเสียไปก่อน แล้วตามด้วยตามด้วย Divalent cations : Ca^{2+} Mg^{2+} (Thomas, 1996) อย่างไรก็ตามจะเห็นว่า โดยส่วนใหญ่ แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม แจกกระจายตามความลึกในรูปแบบที่ค่อนข้างคล้ายคลึงกัน และแตกต่างจากโซเดียมที่ไม่ค่อยสม่ำเสมอจนกระทั่งหน้าตัดดิน (Figure 2)

ในการประเมินความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินตามเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน (อ้างโดยเอิบ, 2541) พบว่า พืดอน 3 อยู่ในเกณฑ์ต่ำ ส่วนหน้าตัดดินอื่นอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ ส่วนเบสแลกเปลี่ยนได้อยู่ในเกณฑ์ต่ำมากทุกธาตุ เมื่อเรียงลำดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยพิจารณาจากค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และเบสแลกเปลี่ยนได้พบว่า พืดอน 2 และพืดอน 4 อุดมสมบูรณ์กว่าพืดอน 1 และพืดอน 5 ส่วนพืดอน 3 อุดมสมบูรณ์น้อยที่สุด อย่างไรก็ตาม เมื่อใช้การประเมินความเหมาะสมของดินสำหรับปลูกยางพารา ตามข้อเสนอของขุนรรณ (2551) โดยพิจารณาเฉพาะส่วนที่เป็นดิน ทั้งดินบนและดินล่าง พบว่า ปฏิภานดินอยู่ในเกณฑ์เหมาะสมทั้งดินบนและดินล่างแทบทุกหน้าตัดดิน โดยชั้นดินบนของพืดอน 5 สูงกว่าเกณฑ์เหมาะสมเล็กน้อย ชั้นดินบนของพืดอน 2, 3 และ 4 มีอินทรีย์วัตถุอยู่ในเกณฑ์เหมาะสม ในขณะที่ชั้นดินล่างต่ำกว่าเกณฑ์ ส่วนพืดอน 1 และ 5 อินทรีย์วัตถุต่ำกว่าเกณฑ์ตลอดช่วงที่เป็นดิน ในส่วนของธาตุอาหารพืชพบว่า มีเพียงฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์กับแมกนีเซียมที่สกัดได้ต่ำกว่าเกณฑ์ที่เหมาะสมทุกพืดอน ส่วนธาตุอาหารพืชอื่น ส่วนใหญ่อยู่ในเกณฑ์เหมาะสมสำหรับดินบน และต่ำกว่าเกณฑ์ในดินล่าง ยกเว้นแคลเซียมที่สกัดได้ของพืดอน 2 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ ส่วนหน้าตัดดินอื่นสูงกว่าเกณฑ์ที่เหมาะสมตลอดช่วงที่เป็นดิน เหล็กที่สกัดได้ของพืดอน 3 แมงกานีสที่สกัดได้ของพืดอน 2 และทองแดงที่สกัดได้ของพืดอน 1 ถึง 4 ต่ำกว่าเกณฑ์ที่เหมาะสม มีน้อยมากที่ชั้นดินบนจะมีจุลธาตุที่สกัดได้ธาตุสูงกว่าเกณฑ์ที่เหมาะสม



Table 1. Chemical properties of coarse fragment-containing profiles of the studied area.

Horizon	Depth (cm)	pH _f	pH _w	pH _k	EC 1:5 (uS cm ⁻¹)	OM (%)	Avail P (-----mg kg ⁻¹ -----)	Avail K (-----cmol ₍₊₎ kg ⁻¹ -----)	Sum Bases ^a	CEC pH7.0	Fe	Mn	Cu	Zn
Pedon 1 Location : UTM 47P 0774157 1430025														
Apc*	0-40	6.5	4.79	3.96	117	0.85	10.07	50.88	1.053	4.37	55.69	8.40	0.62	0.51
BAc	40-60	4.5	4.72	3.84	97.3	1.03	5.22	28.94	0.552	5.43	65.67	2.43	0.61	0.45
Btc*	60-240	5.3	4.76	3.80	89.3	0.73	3.51	53.48	0.684	9.03	24.68	2.71	0.92	0.73
Cr1*	240-330	6.0	4.98	3.75	40.3	0.35	4.33	35.81	0.458	9.99	5.81	1.30	0.46	0.53
Cr2*	330-450	6.2	5.06	3.78	37.7	0.26	7.46	23.60	0.202	7.34	4.26	0.37	0.40	0.62
Pedon 2 Location : UTM 47P 0781091 1423538														
Apc	0-20	6.0	4.62	3.91	126	1.84	5.42	51.56	0.344	5.27	94.58	2.50	0.69	0.92
Btc*	20-180	5.9	4.98	3.84	61.7	0.48	3.17	28.41	0.217	10.77	7.68	0.33	0.29	0.47
Cc*	180-260	5.5	5.22	3.80	41.0	0.27	3.66	31.96	0.182	11.13	3.25	0.17	0.24	0.33
Cr1	260-300	5.5	4.93	3.80	37.9	0.08	12.88	23.49	0.167	7.39	1.81	0.14	0.31	0.41
Cr2	300-350	6.5	5.05	4.05	40.9	0.20	15.16	28.19	0.153	3.24	1.01	0.12	0.22	0.80
Pedon 3 Location : UTM 47P 0780297 1423943														
Ap*	0-30	6.5	5.1	4.5	143.8	1.0	10.5	23.7	1.8	4.0	25.2	4.0	0.5	1.2
Btc*	30-210	5.9	5.15	4.21	94.7	0.37	9.89	20.68	1.048	4.33	6.07	1.60	0.24	0.34
Cc1*	210-300	6.0	5.13	4.03	114	0.39	9.59	25.25	0.901	4.33	5.14	2.67	0.24	0.40
Cc2*	300-570	5.6	5.25	3.91	42.8	0.10	8.60	4.50	0.146	3.19	1.84	1.11	0.32	0.64
Cc3*	570-810	5.6	5.47	3.67	29.7	0.05	8.05	4.01	0.194	2.97	1.61	0.49	0.29	0.47
C*	810-900	5.3	5.23	3.76	42.0	0.03	7.97	6.55	0.103	1.87	1.17	0.13	0.21	0.39
Pedon 4 Location : UTM 47P 0780173 1435571														
Apc	0-20	5.8	4.70	3.91	127	1.42	3.05	75.02	1.240	6.75	79.78	3.20	0.37	0.43
Btc	20-160	5.4	4.88	3.86	102	0.84	1.30	87.33	1.028	9.21	17.96	1.74	0.39	0.34
Cr1	160-270	5.3	4.50	3.81	86.8	0.47	1.66	61.25	0.660	9.65	7.76	0.80	0.41	0.47
Cr2	270-440	5.3	4.94	4.01	83.9	0.36	3.39	45.29	0.444	3.73	4.96	0.56	0.35	0.48
Pedon 5 Location : UTM 0780897 1434535														
Apc	0-20	5.0	5.73	3.82	54.0	0.90	2.38	51.35	2.581	9.94	22.62	10.80	0.90	0.45
Bc*	20-80	5.0	5.51	3.71	63.5	1.03	6.33	29.77	1.728	9.39	61.32	5.27	0.79	0.44
Btc*	80-170	5.0	5.24	3.60	76.5	0.70	4.10	24.60	0.844	9.73	32.39	2.51	0.65	0.35
Cr1*	170-250	4.8	5.60	3.72	40.2	0.24	4.93	19.83	0.829	6.91	11.35	0.84	0.46	0.29
Cr2*	250-350	5.1	5.67	3.82	54.6	0.06	6.68	48.87	0.621	4.31	3.42	0.72	0.29	0.22
Optimum range**		4.5-5.5		No data		1.0-2.5	11-30	> 40	No data		30-35	2-4	0.8-1.0	0.4-0.8

Note ^a: for details, see Figure 1 and 2 ; * : presented in average values.

** : Nutchart (2008, in Thai), and the other items are Ca and Mg (> cmol₍₊₎ kg⁻¹).

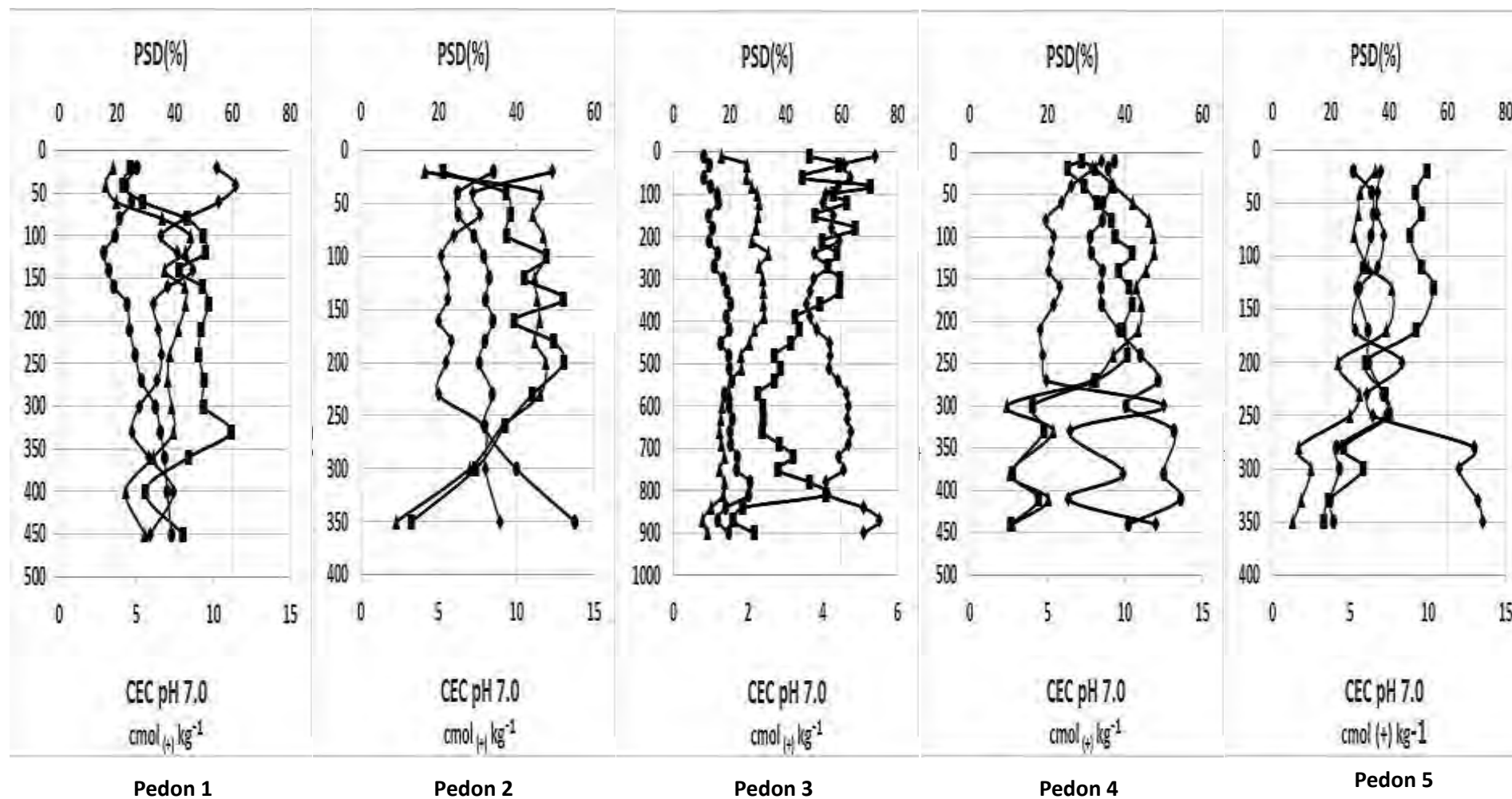


Figure 1 Distribution trend with depth of particle size distribution in studied areas

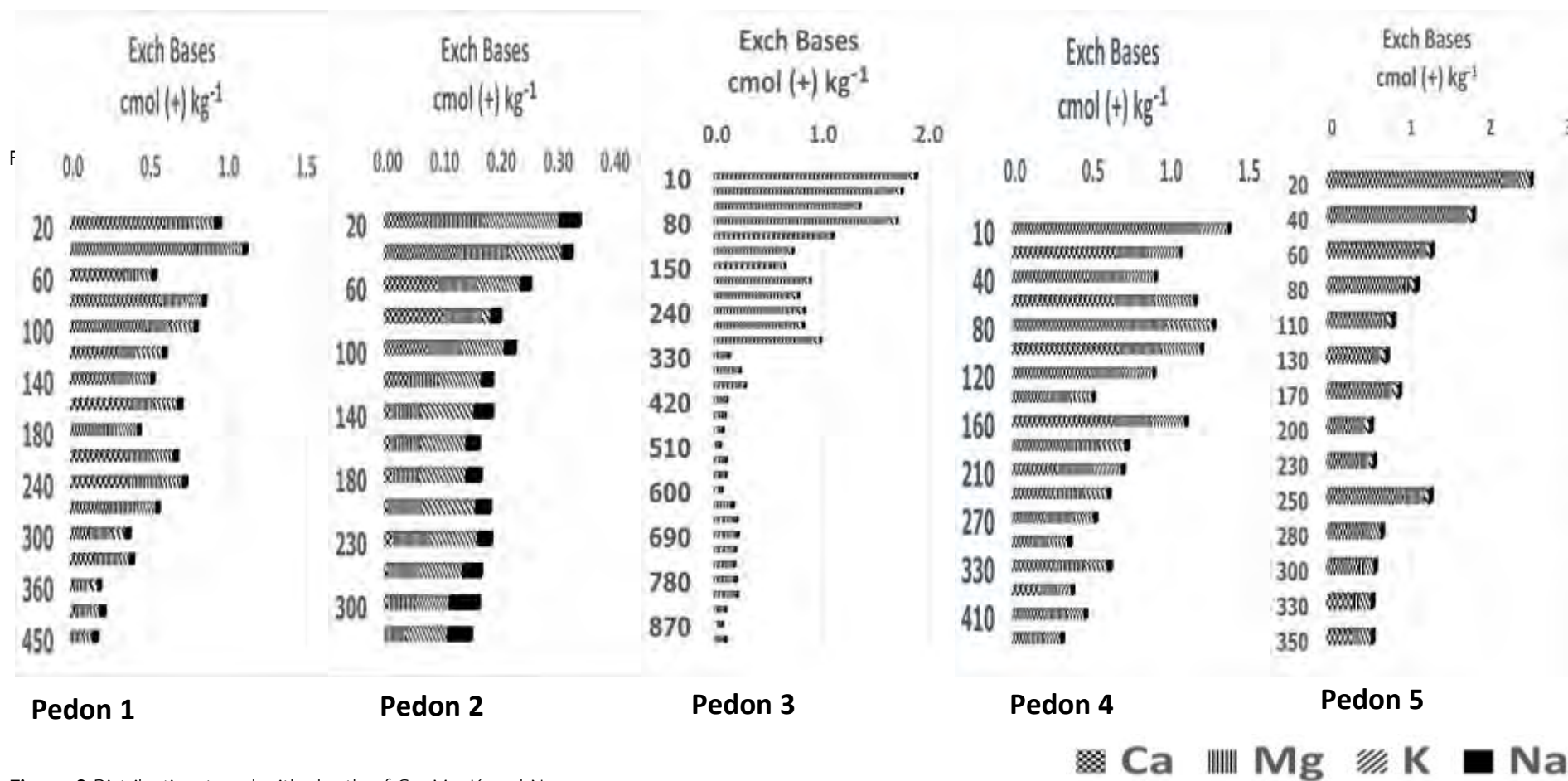


Figure 2 Distribution trend with depth of Ca, Mg, K and Na



สรุปและข้อเสนอแนะ

ชั้นส่วนหยาบที่พบในดินประกอบด้วย กรวดก้อนเหลี่ยม กับมวลสารพอกของเหล็ก และหินผุ (พีดอน 1 และ 2) กรวดก้อนกลม (พีดอน 3) และ เศษหินหลายเหลี่ยมกับหินผุ (พีดอน 4 และ 5) ได้รับอิทธิพลจากวัตถุต้นกำเนิดดิน ชั้นส่วนหยาบไม่เชื่อมตัวกันจึงไม่ขัดขวางการเจริญเติบโตและการไซซอนของรากพืชมากนัก ในขณะที่ภูมิประเทศและภูมิอากาศมีอิทธิพลต่อสัณฐานและสมบัติทางเคมีของดิน ดินส่วนใหญ่มีสีเนื้อละเอียดและเนื้อปานกลาง เป็นดินกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง อนุภาคขนาดดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนแจกกระจายตามความลึกสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียว ในขณะที่เบสแลกเปลี่ยนได้มีทั้งสอดคล้องกับอนุภาคขนาดดินเหนียวและอินทรีย์วัตถุ ส่วนสมบัติอื่นของดินค่อนข้างสอดคล้องกับอินทรีย์วัตถุ เบสแลกเปลี่ยนได้ต่ำมากเมื่อเทียบกับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ถึงแม้ว่าปฏิกิริยาดินอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารพืชในดินส่วนใหญ่จะอยู่ในเกณฑ์เหมาะแก่การปลูกยางพารา แต่ทุกหน้าตัดดินมีฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมที่สกัดได้ และบางหน้าตัดดินมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่าเกณฑ์ที่เหมาะสม ดังนั้นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส ปุ๋ยโพแทสเซียม และการใส่ปูนโลไมท์อาจเป็นแนวทางหนึ่งในการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุดังกล่าว

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณหลักสูตรปริญญาโท สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนอุปกรณ์และห้องปฏิบัติการในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบคุณนักศึกษาทุกท่านที่ช่วยเป็นแรงกายในการออกภาคสนามและเป็นแรงใจให้ผู้วิจัยค้นคว้าข้อสนเทศใหม่มาประกอบกับความรู้เดิมที่มีอยู่ ทั้งนี้เพื่อการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน

เอกสารอ้างอิง

- กองธรณีวิทยา. 2527. แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน 1:250,000 ราวาง ND 47-16 (จังหวัดระยอง) กองธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรมกรุงเทพฯ. 1 แผ่น.
- คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมปฐพีวิทยา. 2551. พจนานุกรมปฐพีวิทยา. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 229 หน้า.
- นุชนารถ กังพิศดาร. 2551. คู่มือการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์: สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.
- พรทิวา กัญยวงศ์หา และณัฐรา แสงแก้ว. 2549. สภาวะความอุดมสมบูรณ์ของดินปลูกยางพาราในจังหวัดระยอง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 37 (6) (พิเศษ) : 573-576.
- พรทิวา กัญยวงศ์หา และอนงนาฏ ศรีประโชติ. 2556. สมบัติของหน้าตัดดินที่มีคัลแลงในเขตภูมิอากาศมรสุมเขตร้อนของประเทศไทย. แก่นเกษตร ฉบับพิเศษ (2) 2556: 155-164.
- เพิ่มพูน กิริตกลีกร. 2529. เคมีของดิน. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น. 203 หน้า.
- สถาบันวิจัยการยาง. 2560. พื้นที่ปลูกยางพาราของไทย. เข้าถึงได้จาก: www.rubberthai.com. [เข้าถึงเมื่อ 12 กรกฎาคม 2560]
- สมิตรา ภู่วโรตม. 2549. ปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. ไม่เรียงเลขหน้า.
- เอิบ เขียววันรมย์. 2541. มือปฏิบัติการสำรวจดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 192 หน้า.
- Blackmore, L.C., P.L. Searle and B.K. Daly. 1987. Method for Chemical Analysis of Soils. NZ Soil Bureau Scientific Report 80. NZ Soil Bureau, Department of Scientific and Industrial Research, Lower Hutt, New Zealand. 103 p.



- Brady, N.C. and R.R. Weil. 2008. The Nature and Properties of Soil. Revised 14th Edition. Prentice -Hall, Inc., Upper Shaddle River, New Jersey, USA. 975 p.
- Buol, S.W., R.J. Southard, R.C. Graham and P. A. McDaniel. 2011. Soil Genesis and Classification. 6th edition, Wiley-Blackwell, John Wiley and Sons, Ltd., Iowa, USA. 543 p.
- IITA. 1979. Selected Methods for Soil and Plant Analysis. 2nd revised Edition, Manual Series No.1. International Institute of Tropical Agriculture. Ibadan, Nigeria. 68 p.
- Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-size Analysis, pp 383-441. *In* A. Klute (ed.). Method of Soils Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods, 2nd edition. No.9 in Agronomy. Soil Sci. Soc. Am., Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Rhoades, J.D. 1996. Salinity : Electrical Conductivity and Total Dissolved Soil, pp.417- 435. *In* D.L Sparks *et al. (eds)* Method of Soils Analysis Part 3. Chemical Methods. No.5 in The Soil Sci. Soc. Am. Book series. Soil Sci. Soc. Am., Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- Soil Survey Division. 1980. Detailed Reconnaissance Soil Map of Rayong Province, Scale 1:100,000. Soil Survey Division, Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok. 3 sheets.
- Soil Survey Staff. 1992. Soil Survey Laboratory Method Manual. Soil Survey Investigation Report No. 42. Version 2.0. United State Department of Agriculture, Washington, USA. 400 p.
- Thomas, M.F. 1996. Geomorphology in the Tropics: A study of weathering and denudation in low latitudes. Reprinted. John Wiley and Sons, Inc. New York. USA. 460 p.
- van Wambeke, A. 1992. Soil of the Tropics : Properties and Appraisal. McGraw-Hill, Inc. New York, USA.



การใช้ตะกรันเหล็กเป็นวัสดุปรับปรุงดินกรดจัดในพื้นที่ปลูกข้าวนาชลประทานจังหวัดฉะเชิงเทรา

The use of steel slag as a soil amendment of acid sulfate soil in irrigated paddy rice field at chachoengsao province

นพดล ประยูรสุข¹, เยาวลักษณ์ เนตรสิงห์¹ และเสาวนุช ถาวรพุกษ์²

Noppadol Prayoonsuk¹, Yaowalak Netsing¹ and Saowanuch Tawornpruek²

บทคัดย่อ

การนำตะกรันเหล็กซึ่งเป็นวัสดุจากอุตสาหกรรมเหล็กมาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรในการเป็นวัสดุปรับปรุงดินมีวัตถุประสงค์เพื่อยกระดับปฏิกิริยาดินที่เป็นกรดให้สูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้ข้าวที่ปลูกในดินกรดหรือดินกรดจัดสามารถให้ผลผลิตที่สูงขึ้นได้ โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD 5 กรรมวิธี 3 ซ้ำ ใช้พันธุ์ข้าว กข57 ปลูกโดยวิธีหว่านน้ำตม ดำเนินการทดลองในปี 2558 และปี 2559 ในพื้นที่นาชลประทาน มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวกรดจัด จากผลการทดลองพบว่า การใส่ตะกรันเหล็กทำให้ค่าปฏิกิริยาดินเพิ่มสูงขึ้นและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่ได้ใส่ทุกกรรมวิธี และทั้งแปลงที่ใส่ EAF slag LR (T2) และ Caster slag LR (T3) ในอัตราเทียบเท่ากับปริมาณความต้องการปูนของดินจะเพิ่มค่าปฏิกิริยาดินได้สูงที่สุด สำหรับปริมาณผลผลิตในปี 2558 พบว่าแปลงที่ใส่ EAF slag LR (T2) ให้ผลผลิตสูงที่สุดเท่ากับ 1,209 กิโลกรัมต่อไร่ และในปี 2559 แปลงที่ใส่ EAF slag (T4) และ Caster slag (T5) ให้ผลผลิตที่เท่ากันและสูงสุดเท่ากับ 654 กิโลกรัมต่อไร่ แต่เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ทั้งปี 2558 และปี 2559 ทุกกรรมวิธีให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่หากพิจารณาค่าปฏิกิริยาดินประกอบจะเห็นแนวโน้มผลผลิตข้าวเพิ่มขึ้นจากการใส่ตะกรันเหล็กเพื่อเป็นวัสดุปรับปรุงดินที่เป็นกรดหรือกรดจัดทั้งในปี 2558 และปี 2559

คำสำคัญ: ตะกรันเหล็ก, ดินกรดจัด, วัสดุปรับปรุงดิน, พื้นที่ปลูกข้าว

Abstract

The utilization of basic slag was a material from steel industry for agriculture as a soil amendment aimed at increasing soil reaction of the acid sulfate soil. These will influence rice production in acid sulfate soil for increasing yield. The field experiment was carried out on randomized complete block design with 5 treatments and 3 replications. The rice cultivar is RD57. The plantation used rice sowing of paddy field. This experiment was conducted in 2015-2016 at irrigated paddy field in Chachoengsao province. The soil texture was heavy clay. The results found that the application of slags (EAF slag LR (T2) and Caster slag LR (T3)) were significantly increase soil reaction. For the yield, in 2015, the application of EAF slag LR (T2) had a highest yield which was 1,209 kilogram per rai and in 2016 the application of EAF slag (T4) and Caster slag (T5) obtain equal yield which was a highest yield (654 kilogram per rai) but they were non-significantly different from others. However, it had a tendency of yield increase with increasing soil reaction after the slags application in both years.

Keywords: Steel Slag, Acid Sulfate Soil, Soil Amendment, Irrigated Rice Field

¹ ศูนย์วิจัยข้าวฉะเชิงเทรา อ.บางน้ำเปรี้ยว จ.ฉะเชิงเทรา 24170

Chachoengsao Rice Research Center, Bang Nam Priao, Chachoengsao 24170

² ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

* Corresponding author : noppadol.p@rice.mail.go.th

บทนำ

ตะกรันเหล็ก (Steel Slag) เป็นผลผลิตที่เกิดจากกระบวนการปรับปรุงสมบัติของน้ำเหล็ก ในการหลอมเศษเหล็ก เศษเหล็กที่เป็นวัตถุดิบมักจะมีปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบเกินกว่ามาตรฐานที่ต้องการเสมอ เช่น คาร์บอน ซิลิกอน แมงกานีส ไททาเนียม ฟอสฟอรัส และซิลเฟอร์ เป็นต้น การทำให้น้ำเหล็กมีองค์ประกอบตามต้องการ ต้องมีการกำจัดหรือลดปริมาณสารเจือปนเหล่านี้ออกไป โดยผ่านกระบวนการทางเคมีด้วยการใส่สารสร้างตะกรัน เช่น หินปูนหรือปูนขาวเข้าไป ตะกรันเหล็กแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ ตะกรันที่เกิดขึ้นในเตาหลอมเหล็กด้วยไฟฟ้า (EAF slag) มีปริมาณเหล็กออกไซด์เจือปนค่อนข้างสูงประมาณร้อยละ 25-40 โดยน้ำหนัก มีแคลเซียมออกไซด์ และซิลิกอนออกไซด์ที่ประมาณร้อยละ 30 และ 15 ตามลำดับ มีสีดำค่อนข้างเข้ม จัดเป็นวัสดุเหลือใช้ที่ไม่มีพิษ และตะกรันที่เกิดขึ้นในเตาถลุงน้ำเหล็ก (Ladle furnace Slag หรือ Caster Slag) มีฤทธิ์เป็นด่างมากกว่า เนื่องจากมีอัตราส่วนระหว่างแคลเซียมออกไซด์ต่อซิลิกาค่อนข้างสูง มีแคลเซียมออกไซด์อยู่ประมาณร้อยละ 35-60 โดยน้ำหนัก มีสีเทาเข้ม แฉก และมักมีเหล็กเจือปนมาด้วย (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, มปป.) ดังนั้นทั้งตะกรันเหล็กที่เกิดขึ้นในเตาถลุงน้ำเหล็กและเตาหลอมเหล็กด้วยไฟฟ้าเป็นวัสดุเหลือใช้ที่มีสมบัติเป็นด่าง ที่ไม่มีพิษจากธาตุโลหะหนัก (Table 1) การนำไปใช้ประโยชน์ในหลายด้าน เช่น ด้านงานก่อสร้างเป็นส่วนผสมของการทำถนน (กรมทางหลวง, 2547) และในด้านการเกษตรใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดิน ซึ่งมีค่า CCE ประมาณร้อยละ 67-71 (กรมพัฒนาที่ดิน, มปป.) จึงเป็นที่มาในการนำมาศึกษาการนำตะกรันเหล็กซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้มาใช้ให้เป็นประโยชน์ทางการเกษตรโดยนำมาเป็นวัสดุปรับปรุงดินกรดจัดในพื้นที่ปลูกข้าวจังหวัดฉะเชิงเทรา

อุปกรณ์และวิธีการ

คัดเลือกพื้นที่ทำการทดลองที่เป็นดินกรดจัดในเขตนาชลประทาน โดยเก็บตัวอย่างดินเพื่อวัดค่าปฏิกิริยาดินก่อนวางแผนการแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) 5 กรรมวิธีดังนี้ กรรมวิธีที่ 1 ควบคุม (ไม่ใส่ตะกรันเหล็ก) กรรมวิธีที่ 2 EAF slag LR เทียบกับปริมาณความต้องการปูนของดินเท่ากับ 10.4 ตันต่อเฮกตาร์ (1,664 กิโลกรัมต่อไร่) กรรมวิธีที่ 3 Caster slag LR เทียบกับปริมาณความต้องการปูนของดินเท่ากับ 10.3 ตันต่อเฮกตาร์ (1,648 กิโลกรัมต่อไร่) กรรมวิธีที่ 4 EAF slag เท่ากับ 2.4 ตันต่อเฮกตาร์ (384 กิโลกรัมต่อไร่) และกรรมวิธีที่ 5 Caster slag เท่ากับ 2.4 ตันต่อเฮกตาร์ (384 กิโลกรัมต่อไร่) และทำการเตรียมแปลงแบ่งเป็นแปลงย่อย กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ใส่วัสดุตะกรันเหล็กชนิดและอัตราตามแผนการทดลองก่อนปลูก 2 สัปดาห์ เมื่อปลูกใช้พันธุ์ข้าว กข57 ด้วยวิธีหว่านข้าววงอก อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยเคมีในอัตราตามค่าวิเคราะห์ดินในทุกกรรมวิธี ดังนี้ ครั้งที่ 1 ที่ข้าวอายุ 20 วัน อัตรา ($N-P_2O_5-K_2O$) 6.4-3.2-0 กิโลกรัมต่อไร่ และครั้งที่ 2 ที่ข้าวอายุ 50 วัน อัตรา ($N-P_2O_5-K_2O$) 3.7-0-0 กิโลกรัมต่อไร่ ทำการเก็บตัวอย่างดินหลังการทดลองเพื่อวิเคราะห์สมบัติดิน ดังนี้ 1) วิเคราะห์เนื้อดิน โดยวิธี Pipette method (Kilmer and Alexander, 1949) 2) ปฏิกิริยาดินใช้อัตราดินต่อน้ำ 1:1 และวัดค่าด้วยเครื่อง pH meter (National Soil Survey Center, 1996) 3) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน โดยวิธี Walkley and Black titration (Walkley and Black, 1934) 4) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง Spectrophotometer 5) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ โดยใช้ 1 M NH_4OAc pH 7.0 (Pratt, 1965) แล้ววัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer 6) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Chapman, 1965) และ 8) อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (คำนวณจากค่าของปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ทั้งหมดหารด้วยความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนคูณด้วย 100 (National Soil Survey Center, 1996) และเก็บตัวอย่างข้าว เพื่อหาปริมาณผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิต

ผลและวิจารณ์

สมบัติดิน

ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0- 30 เซนติเมตร พบว่า มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.35 ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงเฉลี่ย 41.3 กรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ค่อนข้างสูงเฉลี่ย 16.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงมากเฉลี่ย 216 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงเฉลี่ยเท่ากับ 29.4 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสปานกลางเฉลี่ยเท่ากับ 49.10 จากผลการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินตามหลักเกณฑ์การให้คะแนน (กองสำรวจดิน, 2523) มีคะแนนเท่ากับ 13 คะแนนเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง (Table 2)

การเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิต

ในฤดูนาปี 2558 ปลุกข้าววันที่ 2 สิงหาคม 2558 และเก็บเกี่ยววันที่ 19 ธันวาคม 2558 ซึ่งข้าวมีอายุ 108 วัน และฤดูนาปี 2559 วันที่ 22 กรกฎาคม 2559 และเก็บเกี่ยววันที่ 13 พฤศจิกายน 2559 ซึ่งข้าวมีอายุ 114 วัน โดยทั้ง 2 ฤดูที่ทำการทดลองใช้เมล็ดพันธุ์ข้าว กข 57 อัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่และปลูกด้วยวิธีหว่านน้ำตม ในฤดูนาปี 2558 ข้าวมีการเจริญเติบโตดีเป็นปกติตลอดช่วงระยะการเจริญเติบโต แต่ในฤดูนาปี 2559 ข้าวถูกหนูเข้าทำลายในช่วงโน้มรวงจนถึงระยะสุกแก่ทำให้ผลผลิตข้าวลดลงอย่างชัดเจน

จากองค์ประกอบผลผลิตของทุกกรรมวิธีการทดลองในฤดูนาปี 2558 และฤดูนาปี 2559 ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกัน จะมีเพียงจำนวนต้นต่อพื้นที่ และจำนวนรวงต่อพื้นที่ในฤดูนาปี 2559 ที่มีจำนวนลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับฤดูนาปี 2558 เนื่องมาจากการเข้าทำลายของหนูซึ่งยังส่งผลให้ผลผลิตข้าวลดลงในทุกกรรมวิธีอีกด้วย แต่เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบผลผลิตทางสถิติพบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 3) เช่นเดียวกับการทดลองการใช้ตะกรันเหล็กเป็นวัสดุปรับปรุงดินในอ้อย และมันสำปะหลัง ที่องค์ประกอบผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้น (เสาวนุช, 2559) โดยองค์ประกอบผลผลิตมีค่าเฉลี่ยดังนี้ จำนวนต้นต่อพื้นที่เท่ากับ 406 ต้น จำนวนรวงต่อพื้นที่เท่ากับ 346 รวง จำนวนเมล็ดต่อรวงเท่ากับ 107 เมล็ด จำนวนเมล็ดล้นต่อรวงเท่ากับ 23 เมล็ด ร้อยละการติดเมล็ดเท่ากับ 82 และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดเท่ากับ 28 กรัม (Table 3)

ค่าปฏิกริยาดินและผลผลิต

การใส่ตะกรันเหล็ก ทั้ง 2 ชนิดมีผลทำให้ค่าปฏิกริยาดินเพิ่มขึ้นจากเดิมทุกกรรมวิธี โดยในปี 2558 ก่อนใส่ตะกรันเหล็กดินมีค่าปฏิกริยาดินเท่ากับ 4.2 ซึ่งแปลงที่ใส่ตะกรันเหล็กจากเตาหลอมไฟฟ้า (T2, T4) อัตรา 1,664 และ 384 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าปฏิกริยาดินเพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.5 และ 5.1 ตามลำดับ และแปลงที่ใส่ตะกรันเหล็กจากเตาอู่น้ำเหล็ก (T3, T5) อัตรา 1,648 และ 384 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าปฏิกริยาดินเพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.5 และ 5.0 ตามลำดับ และในปี 2559 ก่อนใส่ตะกรันเหล็กดินมีค่าปฏิกริยาดินเท่ากับ 4.5 ซึ่งแปลงที่ใส่ตะกรันเหล็กจากเตาหลอมไฟฟ้า (T2, T4) อัตรา 1,664 และ 384 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าปฏิกริยาดินเพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.9 และ 5.3 ตามลำดับ และแปลงที่ใส่ตะกรันเหล็กจากเตาอู่น้ำเหล็ก (T3, T5) อัตรา 1,648 และ 384 กิโลกรัมต่อไร่ มีค่าปฏิกริยาดินเพิ่มขึ้นเท่ากับ 5.9 และ 5.5 ตามลำดับ โดยที่การใส่ตะกรันเหล็กทั้ง 2 ชนิดในปริมาณเทียบเท่ากับปริมาณความต้องการปูนของดินมีผลทำให้ค่าปฏิกริยาดินเพิ่มขึ้นสูงสุดทั้งปี 2558 และ 2559 การที่ดินมีค่าปฏิกริยาดินเพิ่มสูงขึ้น มีสาเหตุมาจากตะกรันเหล็กที่ใส่ในแปลงทดลองมีสมบัติที่เป็นด่างสูง เมื่อนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินจึงมีผลทำให้ดินมีค่าปฏิกริยาเพิ่มขึ้น แต่ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของตะกรันเหล็กและอัตราที่ใส่ด้วย เมื่อนำมาค่าปฏิกริยาดินมาวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่าค่าปฏิกริยาดินที่เพิ่มขึ้นจากแปลงที่ใส่ตะกรันเหล็กมีค่าสูงกว่าและแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่ได้ใส่ตะกรันเหล็ก (Table 4)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตในปี 2558 แปลงที่ใส่ตะกรันเหล็กจากเตาหลอมเหล็กด้วยไฟฟ้า เทียบกับปริมาณความต้องการปูนของดิน (T2) ให้ผลผลิตสูงสุดเท่ากับ 1,209 กิโลกรัมต่อไร่ และในปี 2559 แปลงที่ใส่ตะกรันเหล็กจากเตาหลอมเหล็กด้วยไฟฟ้า (T4) และตะกรันจากเตาอู่น้ำเหล็ก (T5) ในปริมาณเท่ากับ 2.4 ตันต่อเฮกตาร์ (384 กิโลกรัมต่อไร่) ให้ผลผลิตที่เท่ากันและสูงสุดเท่ากับ 654 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า ทั้งปี 2558 และปี 2559 ทุกกรรมวิธีให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ จากการสังเกตจะเห็นได้ว่า ในปี 2559 ปริมาณผลผลิตที่ได้ไม่เป็นไปตามสมมติฐานการทดลอง ส่วนนี้อาจเป็นผลมาจากการเข้าทำลายของศัตรูข้าวที่ส่งผลต่อผลผลิตข้าวโดยตรง แต่หากพิจารณาค่าปฏิกริยาดินประกอบจะเห็นแนวโน้มที่ผลผลิตข้าวจะเพิ่มขึ้นจากการใส่ตะกรันเหล็กเพื่อเป็นวัสดุปรับปรุงดินที่เป็นกรดหรือกรดจัดทั้งปี 2558 และปี 2559 ได้ ซึ่งหากเปรียบเทียบระหว่างข้าวกับอ้อยพบว่า มีผลไปในทิศทางที่จะให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่ในอ้อยมีผลที่ชัดเจนกว่าโดยกรรมวิธีที่ใส่ตะกรันเหล็กจากเตาหลอมเหล็กด้วยไฟฟ้า และจากเตาอู่น้ำเหล็กให้ผลผลิตเท่ากับ 8,416 และ 9,040 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่ได้ใส่ตะกรันเหล็ก สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khan *et al.* (2008) ที่พบว่าการใช้ตะกรันเหล็กช่วยปรับค่าปฏิกริยาดินที่ต่ำให้เพิ่มสูงขึ้นได้ ทำให้ข้าวมีผลผลิตเพิ่มขึ้น



Table 1 Properties and chemical composition of EAF slag and Caster slag

Properties	EAF slag	Caster slag
pH (1:1)	10.7	11.5
EC (dSm ⁻¹)	0.36	2.57
CCE (%) (*)	86.50	82.00
Total Ca (%)	16.72	19.70
Total Mg (%)	4.55	4.75
Total Zn (mg kg ⁻¹)	328	344
Total Pb (mg kg ⁻¹)	nd	nd
Total Cd (mg kg ⁻¹)	8.10	6.40
Total Cr (mg kg ⁻¹)	4,934	4,338
Total Hg (μg kg ⁻¹)	nd	nd
Total As (mg kg ⁻¹)	2.05	8.47
Soluble Si (%)	0.50	0.14

Remark: Analysis by laboratory Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University

Table 2 Paddy soil properties of experiment area at Chachoengsao province in 2015-2016

Year	Soil texture	pH (1:1)	OM (g kg ⁻¹)	Avai. P (mg kg ⁻¹)	Avai. K (mg kg ⁻¹)	CEC (cmol kg ⁻¹)	BS (%)	Score ^{1/}
2015	Clay	4.20	35.0	14.0	240	29.0	46.59	12
2016	Clay	4.50	47.5	18.0	193	29.8	51.61	13
Average	Clay	4.35	41.3	16.0	216	29.4	49.10	13

Remark: pH : Soil reaction OM : Organic Matter Avai. P : Available Phosphorus

Avai. K : Available Potassium CEC : Cation Exchange Capacity

BS : Base Saturation Percentage

^{1/} Soil Survey Division (1980)

Table 3 Yield of components of the experiment plots

Year	Treatment ^{1/}	Plant per area (m ²)	Panicles per area (m ²)	Filled grains per panicle	Blighted grains per panicle	Percentage of filled grains	1,000 grains weight (g)
2015	T1	505	373	91	20	82	27
	T2	521	373	86	18	83	27
	T3	456	341	102	19	83	27
	T4	465	381	94	20	83	27
	T5	496	379	102	21	83	27
F-test ^{2/}		ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV		12.40	10.14	21.14	12.77	2.40	1.50
2016	T1	289	285	133	30	82	29
	T2	297	296	116	28	81	29
	T3	405	403	115	20	85	30
	T4	301	300	113	25	82	29
	T5	324	324	117	30	80	29
F-test ^{2/}		ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV		26.00	27.64	15.11	11.31	2.75	2.85

Remark: ^{1/} T1: Control (no slag), T2: EAF slag (10.4 ton/ha), T3: Caster slag (10.3 ton/ha), T4: EAF slag (2.4 ton/ha), T5: Caster slag (2.4 ton/ha)

^{2/} Means within the same column and grouping followed by the same letter are not different according to Tukey's test P=0.05. Treatment effects were significant at 5% or nonsignificant (ns)

**Table 4** Soil pH and yield of the experiment plots

Treatment ^{1/}	Soil pH after trial		Yields (kg ra ⁻¹)	
	2015	2016	2015	2016
T1 (control)	4.3c	4.5c	1,087	506
T2 (EAF slag LR)	5.5a	5.9a	1,209	452
T3 (Caster Slag LR)	5.5a	5.9a	965	639
T4 (EAF slag)	5.1b	5.3b	1,129	654
T5 (Caster slag)	5.0b	5.5ab	1,069	654
F-test ^{2/}	**	**	ns	ns
%CV	1.85	2.41	10.14	24.76

Remark: ^{1/} T1: Control (no slag), T2: EAF slag (10.4 ton/ha), T3: Caster slag (10.3 ton/ha), T4: EAF slag (2.4 ton/ha), T5: Caster slag (2.4 ton/ha)

^{2/} Means within the same column and grouping followed by the same letter are not different according to Tukey's test P=0.05. Treatment effects were significant at 5% or nonsignificant (ns)

สรุป

การใช้ตะกรันเหล็กทั้ง 2 ชนิดเป็นวัสดุปรับปรุงดินหรือดินกรดจัดสามารถยกระดับปฏิกิริยาดินให้สูงขึ้นได้ซึ่งจะส่งผลให้ข้าวมีแนวโน้มผลผลิตที่สูงขึ้นไปด้วย ซึ่งหากพิจารณาจากค่าปฏิกิริยาดินที่เพิ่มขึ้นร่วมกับปริมาณผลผลิตที่ได้จากการทดลองในปี 2558 จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นไปในทิศทางเดียวกัน แต่ผลการทดลองในปี 2559 ยังไม่ชัดเจนเนื่องจากผลผลิตบางส่วนถูกศัตรูข้าวเข้าทำลายทำให้ผลผลิตลดลงอย่างมาก ทั้งนี้เห็นว่าควรจะศึกษาให้ต่อเนื่องอีก 1-2 ฤดูปลูกเพื่อดูผลการเปลี่ยนแปลงของระบบดินและเน้นการควบคุมปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อผลทดลองให้เข้มงวดมากขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ คุณพิชญ์นันท์ กังแฮ นักวิชาการเกษตรชำนาญการ ศูนย์วิจัยข้าวแพร่ และคุณจิตตานันท์ รังสิมัตตชาติ นักวิชาการส่งเสริมการเกษตรชำนาญการ ศูนย์เมล็ดพันธุ์ข้าวราชบุรี ที่ได้ให้คำแนะนำด้านการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ และคุณสิทธิศักดิ์ วิทยางกูร ผู้จัดการทั่วไปฝ่ายพัฒนาธุรกิจ (เอเชีย) บริษัท สยาม สตีล มิลล์ วิสเชส จำกัด ที่ได้สนับสนุนวัสดุในการดำเนินการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

- กรมทางหลวง. 2547. มาตรฐานพื้นทางตะกรันเหล็กไม่. กระทรวงคมนาคม, กรุงเทพฯ
- กรมพัฒนาที่ดิน. ไม่ปรากฏปีที่ตีพิมพ์. การใช้วัสดุปูนเพื่อการเกษตร ในการปรับปรุงดิน. เข้าถึงได้จาก: <http://r01.ddd.go.th/bkk/Links/service/องค์ความรู้ส่วนดินเปรี้ยว.pdf> [เข้าถึงเมื่อ 6 เมษายน 2560].
- กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. ไม่ปรากฏปีที่ตีพิมพ์. เทคโนโลยีการรีไซเคิลตะกรันจากเตาอาร์คไฟฟ้าและเตาอุณหภูมิลึก โครงการส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีการนำวัสดุเหลือใช้และกากของเสียมาใช้ประโยชน์. เข้าถึงได้จาก: <http://www.dpim.go.th/recycling/article?catid=228&articleid=3500> [เข้าถึงเมื่อ 4 เมษายน 2560].
- กองสำรวจดิน. 2523. คู่มือจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ. กรมพัฒนาที่ดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ
- เสาวนุช ถาวรฤกษ์. 2559. รายงานการวิจัยโครงการการใช้ประโยชน์จาก Slag ด้านการเกษตรในประเทศไทย. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. Soil Sci. 59: 39-45.
- Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity. In Method of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Properties (ed. C.A. Black), pp. 891-901. Agron. No. 9. Madison. Wisconsin: Amer. Soc. of Agron. Inc..



- Khan, M.H.R., S.M. Kabir. M.M.A. Bhuiyan, H.P. Blume, Y. Oki and T. Adachi. 2008. Reclamation of a Badarkhali hot spot of acid sulfate soil in relation to rice production by basic slag and aggregate size treatments under modified plain-ridge-ditch techniques. Soil Science and Plant Nutrition 54: 574-586.
- Kilmer, V.J. and L.T. Alexander. 1949. Method of making mechanical analysis of soils. Soil Sci. 68: 15-24.
- National Soil Survey Center. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0. Natural Conservation Service, USDA.
- Pratt, P.E. 1965. Potassium. In Method of Soil Analysis, Part II. Chemical and Microbiological Properties (ed. C.A. Black), pp. 1023-1031. Wisconsin: Agron. No. 9 Amer. Soc. Of Agron Inc., Madison, Wadison.
- Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of digestion method for determining soil organic matter: a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-35.



การสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณอินทรีย์คาร์บอน ในดินเค็มเนื้อทรายภายใต้การใส่วัสดุอินทรีย์ต่างชนิดกัน

Soil organic carbon and carbon dioxide evolution in sandy salt affected soil under different organic residue application

ศกุนตลา สุภาสัย^{1*}, วิทยา ตรีโลเกศ¹ และอรรณพ พุทธโส²

Sakuntala Supasai^{1*}, Vidhya Trelo-ges¹ and Aunnop Puttas²

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้วัสดุอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบทางเคมีต่างกันต่อการสลายตัวการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในนาดินเค็มเนื้อทราย บ้านจัวเก่า ตำบลโนนประดู่ อำเภอสิดา จังหวัดนครราชสีมา วางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 6 กรรมวิธีการทดลอง โดยใช้วัสดุอินทรีย์ที่ทำได้ในท้องถิ่น ได้แก่ ไม่ใส่วัสดุอินทรีย์ (ดำรับควบคุม) ชากถั่วลิสง ใบหญ้าแฝก ฟางข้าว ใบยูคาลิปตัส และแกลบ ใส่ในอัตรา 2 t ra⁻¹ ผลการศึกษาอัตราการสลายตัวพบว่า อัตราการสลายตัวเกิดขึ้นเร็วในช่วงแรก โดยใบหญ้าแฝกมีอัตราการสลายตัวมากที่สุด และแกลบมีอัตราการสลายตัวต่ำสุด ผลการศึกษาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) เกิดขึ้นสูงสุดในสัปดาห์ที่ 1 โดยมีการปลดปล่อยสูงสุดในดินที่ใส่ชากถั่วลิสง ในขณะที่ดินที่ไม่ใส่วัสดุอินทรีย์มีการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ต่ำสุดตลอด 26 สัปดาห์ นอกจากนี้ พบว่าการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความชื้นดินโดยเฉพาะช่วง 8 สัปดาห์แรกของการสลายตัว ($r = 0.36 - 0.89$) ดินที่ใส่ยูคาลิปตัสมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์สูงสุด รองลงมาคือ ใบหญ้าแฝก ฟางข้าว ชากถั่วลิสง ส่วนดินที่ใส่แกลบมีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนต่ำสุด และพบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินกับองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์โดยเฉพาะคาร์บอน ($r = 0.694^{**}$) และเซลลูโลส ($r = -0.653^{**}$) นอกจากนี้ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินยังมีความสัมพันธ์ทางลบกับปริมาณการปลดปล่อยก๊าซ CO₂ ที่สูงส่งผลทำให้มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสะสมในดินต่ำ โดยเฉพาะสัปดาห์ที่ 8 - 26

คำสำคัญ: ดินเค็ม อัตราการสลายตัว อินทรีย์คาร์บอนในดิน วัสดุอินทรีย์

Abstract

The objective of this study was to investigate the effect application of different organic residues chemical composition on decomposition, carbon dioxide evolution and soil organic carbon in sandy salt affected soil which located at Ban Ngio Kao, Tambon Non Pradu, Sida district, Nakhon Ratchasima province. A randomized completely block design with 3 replications and 6 treatments were employed. All organic residues such groundnut stover, leaf of vetiver grass leaves, rice straw eucalyptus and rice Husk, were applied at the rate of 2 t ra⁻¹. The results showed that the high decomposition rate was found at the early stage with highest in vetiver grass leaves and slowest in rice husk. We also found at 1 weeks after incorporation, carbon dioxide (CO₂) evolution was highest in soil treated with groundnut and lowest in the control (no addition) throughout 26 weeks. In addition, CO₂ evolution was positive correlated with soil moisture content especially in the first 8 weeks after decomposition stage ($r = 0.36 - 0.89$). Result of study on soil organic carbon at 26 weeks, we found that soil treated with eucalyptus was

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร สาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

¹ Department of Plant Sciences and Agricultural Resources, Land Resources and Environment Division, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen Thailand 40002

* Corresponding author. E-mail: tidtee09@hotmail.com

highest (4.65 g kg^{-1}) followed by vetiver grass, rice straw and groundnut stover. While that soil treated with rice husk had lowest soil organic carbon content. We found the relationship between soil organic carbon content and residue chemical composition such as carbon ($r= 0.694^{**}$) and cellulose ($r= -0.653^{**}$). The soil organic carbon was also negative correlated to CO_2 evolution which the high CO_2 evolution led to decrease organic carbon accumulation in soil, especially week 8 - 26.

Keywords: salt affected soil, decomposition rate, soil organic carbon, organic material

บทนำ

ดินที่ได้รับอิทธิพลจากเกลือจนกลายเป็นปัญหาที่สำคัญในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งความเค็มของดินในแต่ละพื้นที่ไม่มีความสม่ำเสมอ และความเค็มจะเปลี่ยนไปสะสมในชั้นดินต่างๆ ไม่เท่ากันตามฤดูกาล ประกอบกับเนื้อดินส่วนใหญ่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดินทรายยิ่งส่งผลต่อการแพร่กระจายของความเค็มจากความสามารถในการซึมผ่านได้ของน้ำในดิน บุปผา (2549) กล่าวว่า ผลเสียหายของดินเค็มต่อการเกษตรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เกิดจากการมีชั้นเกลือสะสมอยู่ในดินมาก จนเป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของพืช บริเวณใดที่ชั้นหน้าดินมีปริมาณเกลือไม่สูงมาก ก็จะมีพืชทนเค็มขึ้นได้ แต่ถ้าบริเวณใดที่มีปริมาณเกลือสูงมากเกินไป พื้นที่ดินจะถูกเกษตรกรทิ้งไว้ว่างเปล่า นอกจากปัญหาที่มีเกลือสะสมอยู่ในดินมากแล้ว ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือยังเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีปริมาณธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชและปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ การที่มีเกลืออยู่ในดินมากยังทำให้ปริมาณและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินกลุ่มที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น ไนโตรฟายอิงแบคทีเรียมีปริมาณน้อยลงไปอีกด้วย (Patcharapreecha *et al.*, 1989; Topark-ngarm, 1988) นอกจากนี้สมบัติทางฟิสิกส์ที่ไม่ดีของดิน เช่น เนื้อดินมีโครงสร้างแน่นทึบ การมีชั้นดินดานที่ไม่ยอมให้น้ำไหลผ่านทำให้การชะล้างเกลือโดยน้ำฝนเกิดขึ้นได้ยาก ในระหว่างฤดูแล้งและฤดูฝนมีการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาดิน (pH ของดิน) อยู่ในช่วงกว้าง โดยในฤดูแล้งจะมีปฏิกิริยาดินต่ำ ดินเป็นกรดจัด และมีปฏิกิริยาดินสูง (ดินเป็นด่าง) ในฤดูฝน ระดับน้ำใต้ดินอยู่ในระดับตื้นและมีความเค็มสูง จากปัญหาทั้งหมดที่ได้กล่าวมานี้ทำให้วิธีการจัดการแก้ไขและปรับปรุงดินเค็มมีความยุ่งยากและต้องคำนึงถึงปัญหาหลายอย่างในเวลาเดียวกัน การฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มโดยการใช้วัสดุอินทรีย์ที่หาได้ในพื้นที่เป็นวิธีหนึ่งที่ยั่งยืนและสะดวกต่อเกษตรกรในการจัดหาได้ในท้องถิ่น การใช้วัสดุอินทรีย์ส่งผลต่อสมบัติของดินทั้งทางฟิสิกส์ เคมี และชีวภาพ บุปผา (2549) รายงานว่าวัสดุอินทรีย์ที่มีคุณภาพต่างกัน มีผลทำให้จุลินทรีย์เกิดกิจกรรมในการย่อยสลายและมีการปลดปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ได้ในอัตราที่แตกต่างกันซึ่งส่งผลต่อการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดิน การศึกษาที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้วัสดุอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบทางเคมีต่างกันต่ออัตราการสลายตัว การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในนาดินเค็มเนื้อทราย

อุปกรณ์และวิธีการ

พื้นที่ศึกษาและการวางแผนงานทดลอง: ดำเนินการศึกษาในพื้นที่นาดินเค็ม บ้านจิ้งเก๋ ตำบลโนนประดู่ อำเภอสีดา จังหวัดนครราชสีมา แปลงทดลองขนาด $3 \times 4 \text{ m}$. โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD แปลงทดลองขนาด $3 \times 4 \text{ m}$. จำนวน 3 ซ้ำ ใน 6 กรรมวิธีการทดลอง ซึ่งประกอบไปด้วย ไม่ใส่วัสดุอินทรีย์ (ตัวควบคุม) และใส่เศษซากวัสดุอินทรีย์ 5 ชนิด ได้แก่ ซากถั่วลิสง ใบหญ้าแฝก ฟางข้าว แกลบ และยูคาลิปตัส ในอัตรา 2 t rai^{-1} เตรียมวัสดุอินทรีย์โดยสับเป็นท่อนเล็ก ๆ ให้มีขนาด 5-10 ซม. สำหรับถั่วลิสง หญ้าแฝก ฟางข้าว และยูคาลิปตัส ใส่วัสดุอินทรีย์บริเวณหน้าดินอย่างสม่ำเสมอแล้วกลบลงในดินลึกประมาณ 15 ซม. วัสดุอินทรีย์ส่วนหนึ่งเก็บไว้สำหรับวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี

การศึกษาอัตราการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์: ศึกษาการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ด้วยวิธีถุงตาข่าย (litterbag) โดยการเตรียมถุงบรรจุวัสดุอินทรีย์ขนาด $20 \times 20 \text{ ซม.}$. บรรจุวัสดุอินทรีย์ตามกรรมวิธีทดลอง (2 t rai^{-1}) ในถุงตาข่ายเย็บปิดปากถุงแล้วนำไปเพื่อกลบในดิน และเก็บถุงตาข่ายเพื่อติดตามน้ำหนักที่เหลือโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทำนายอัตราการสลายตัวจากข้อมูลวัสดุอินทรีย์ที่เหลือ

การศึกษาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ใช้ตามวิธีของ Anderson (1982) โดยติดตั้งอุปกรณ์ทรงกระบอกทอพีวีซีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 15 ซม. สูง 30 ซม. ผึงอุปกรณ์ลงในดินลึกจากผิวดิน 5 ซม. สำหรับเก็บตัวอย่างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นตัวดักจับ CO_2 ตั้งไว้เป็นเวลา 24 ชม. แล้วนำ NaOH มาไทเทรต



กับกรด (HCl) เพื่อคำนวณปริมาณ CO_2 หรือ $\text{CO}_2\text{-C}$ (mg) จากสูตร $\text{CO}_2\text{-C}$ (mg) = (B-V) NE ; โดยที่ B คือ ปริมาณ (ml) ของกรด HCl สำหรับการไทเทรตกับ Blank, V คือ ปริมาณ (ml) ของกรด HCl สำหรับการไทเทรตกับ sample, N คือ ความเข้มข้นของ HCl และ E คือน้ำหนักสมมูลของ $\text{CO}_2\text{-C}$

การเก็บตัวอย่าง: เก็บตัวอย่างดินตามระยะและก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เวลา 1, 2, 4, 8, 16 และ 26 สัปดาห์หลังใส่วัสดุอินทรีย์ เก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังการทดลองแบบวิธีรบกวนดินที่ความลึก 0 - 15 ซม. สำหรับวิเคราะห์สมบัติดินต่อไป

การวิเคราะห์ตัวอย่าง: ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน ได้แก่ ความชื้นในดิน ความหนาแน่นของดินโดยวิธีกระบอกเก็บดิน เนื้อดินด้วยวิธีปิเปต พีเอชดิน ค่าสภาพการนำไฟฟ้า อินทรีย์คาร์บอนในดินโดยร่อนผ่านตะแกรง 1 มิลลิเมตร โดยวิธี Walkely and Black ไนโตรเจนทั้งหมดด้วยวิธี Micro Kjeldahl ปริมาณประจุบวกที่เป็นต่าง (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) โดยวิธีการชะล้างด้วย 1 N NH_4OAc (pH 7.0) แล้ววัดปริมาณประจุบวกที่เป็นต่างโดยวิธี Atomic Adsorption Spectrophotometry (AAS) และวิเคราะห์ ค่าความจุแลกเปลี่ยนประจุบวกในดิน (CEC) วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) โดยวิธี Bray II และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) วิเคราะห์วัสดุอินทรีย์ ได้แก่ ปริมาณ C และ N ทั้งหมดในวัสดุอินทรีย์โดยวิธีการเผาไหม้ และวัดด้วยเครื่องวิเคราะห์ Elemental analyzer (NA 1500, Carlo Erba, Milan, Italy) ลิกนิน และเซลลูโลส และลิกนิน (lignin) โดยวิธี Acid detergent lignin (Van Soest and Wine, 1968; and Anderson and Ingram, 1993)

การวิเคราะห์ข้อมูล: ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance) ตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และเปรียบเทียบความแตกต่างปัจจัยศึกษาโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD) วิเคราะห์ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างปัจจัย และการศึกษาสมการถดถอย โดยใช้ระบบโปรแกรมสำเร็จรูป Statistix 8.0 และ SigmaPlot® นำไปสู่การวิเคราะห์ อภิปราย และสรุปผล

ผลและวิจารณ์

สมบัติดินเบื้องต้น และวัสดุอินทรีย์ก่อนการศึกษา

เนื้อดินที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นดินทรายปนดินร่วน โดยมีปริมาณอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว เท่ากับ 71.53, 24.34 และ 4.13 % ตามลำดับ มีค่าพีเอชดินเท่ากับ 6.5 ค่าสภาพการนำไฟฟ้าเท่ากับ 0.015 mS cm^{-1} ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินเท่ากับ 1.4 g kg^{-1} ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดเท่ากับ 0.1 g kg^{-1} ซึ่งมีอยู่ในระดับต่ำ และมีอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนเท่ากับ 14 ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เท่ากับ 42.8 mg kg^{-1} ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม เท่ากับ 1.21, 0.20, 1.63 และ $0.02 \text{ cmol kg}^{-1}$ ตามลำดับ มีความจุแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินเท่ากับ $4.18 \text{ cmol kg}^{-1}$ ดินมีความหนาแน่นรวมเท่ากับ 1.63 g cm^{-3} (Table 1)



Table 1 Initial physical and chemical properties of topsoil (0-15 cm) at before organic residue incorporation in the initial year (2015)

Soil properties	
Sand content (%)	71.53
Silt content (%)	24.34
Clay content (%)	4.13
Soil texture	Sandy loam
Bulk density (g cm^{-3})	1.63
Soil moisture at FC (%)	13.48
Soil moisture at PWP (%)	5.64
Soil pH (1:1, soil:H ₂ O)	6.50
Soil EC (1:5, soil: H ₂ O) mS cm ⁻¹	0.015
Organic matter (g kg^{-1})	2.35
Total nitrogen (total N), (g kg^{-1})	0.12
Available phosphorus (ppm)	42.8
Exchangeable potassium (Ca), (cmol kg^{-1})	1.21
Exchangeable potassium (Mg), (cmol kg^{-1})	0.20
Exchangeable potassium (Na), (cmol kg^{-1})	1.63
Exchangeable potassium (K), (cmol kg^{-1})	0.02
Cation exchange capacity (CEC), (cmol kg^{-1})	4.18

จากการศึกษาครั้งนี้ได้เลือกใช้วัสดุอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบทางเคมีต่างกัน ได้แก่ ชากถั่วลิสง ใบหญ้าแฝก ฟางข้าว แกลบ และใบยูคาลิปตัส โดยวัสดุอินทรีย์ดังกล่าวมีปริมาณคาร์บอนทั้งหมดอยู่ในช่วง 309.8 – 388.8 g kg^{-1} โดยพบสูงสุดใน ใบยูคาลิปตัส และต่ำสุดในแกลบ (Table 2) ปริมาณไนโตรเจนพบสูงสุดในชากถั่วลิสง (14.8 g kg^{-1}) วัสดุอินทรีย์มีอัตราส่วน คาร์บอนต่อไนโตรเจนสูงสุดในฟางข้าว รองลงมา คือ ใบยูคาลิปตัส และใบหญ้าแฝก ปริมาณลิกนินพบสูงสุดในแกลบเท่ากับ 148.1 g kg^{-1} วัสดุอินทรีย์มีปริมาณเซลลูโลสอยู่ในช่วง 241.8 – 480.5 g kg^{-1} โดยพบต่ำสุดในใบยูคาลิปตัส และสูงสุดใน แกลบ (Table 2)

Table 2 Chemical quality characteristics of organic residue locally available in Northeast Thailand

Residues	C (g kg^{-1})	N (g kg^{-1})	C/N	Lignin (g kg^{-1})	Lignin/N	Cellulose (g kg^{-1})
Groundnut stover	310.2	14.8	20.9	90.2	4.3	374.5
Vetiver grass ; leaf	342.4	9.2	37.2	66.6	7.2	351.9
Rice straw	325.1	4.5	72.2	27.2	6.0	425.1
Rice husk	309.8	9.8	31.6	148.1	15.1	480.5
Eucalyptus	388.8	8.6	45.2	82.0	9.5	241.8

อัตราการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ และการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ผลการศึกษาการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์เมื่อเวลา 26 สัปดาห์ หลังการใส่ พบว่าวัสดุอินทรีย์ทุกชนิดเริ่มมีการ สลายตัวในทุกวัสดุอินทรีย์ โดยที่เวลา 1 สัปดาห์หลังใส่ มีน้ำหนักร้อยเหลืออยู่ในช่วง 50 – 78 % ของน้ำหนักเริ่มต้น (Figure 1) โดยใบยูคาลิปตัส ฟางข้าว และแกลบมีน้ำหนักร้อยเหลืออยู่ใกล้เคียงกัน เมื่อเวลาผ่านไป 8 สัปดาห์ พบว่า น้ำหนักของวัสดุ อินทรีย์ลดลงต่ำกว่า 50% ของน้ำหนักเริ่มต้น ยกเว้นในส่วน ฟางข้าว และแกลบ โดยเฉพาะแกลบ มีน้ำหนักร้อยเหลือมากที่สุด

(74% ของน้ำหนักเริ่มต้น) เมื่อสิ้นสุดการทดลองในสัปดาห์ที่ 26 น้ำหนักของซากถั่วลิสงเหลือน้อยสุดเท่ากับ 13.34% ของน้ำหนักเริ่มต้น และสูงสุดคือ แกลบ เมื่อพิจารณาอัตราการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ทั้ง 5 ชนิด หลังการใส่ในดินเป็นระยะเวลา 26 สัปดาห์ จะเห็นว่า วัสดุอินทรีย์ทุกชนิด ยกเว้น แกลบ มีอัตราการสลายตัวเร็วในช่วงแรก และล่าช้าในช่วงหลัง (k_2) โดยใบหญ้าแฝก ซากถั่วลิสง และฟางข้าว มีอัตราการสลายตัวในช่วงช่วงแรก (k_1) ใกล้เคียงกัน รองลงมา คือ ใบยูคาลิปตัส ส่วนแกลบมีอัตราการสลายช้ามากที่สุด สำหรับการสลายตัวในช่วงหลังจะเห็นว่า ซากถั่วลิสง และฟางข้าวมีอัตราการสลายเร็วกว่าวัสดุอินทรีย์อื่นๆ จากผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสลายตัวทั้ง 2 ช่วงกับองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์ (Table 1) จะเห็นว่า ในช่วงแรกของการสลายตัวพบความสัมพันธ์ในระดับต่ำกับองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์ แต่เมื่อพิจารณาในช่วงหลังของการสลายตัวนั้นอัตราการสลายตัวมีความสัมพันธ์ในทางลบกับปริมาณเซลลูโลส ($r = -0.969^*$) โดยวัสดุอินทรีย์ที่มีปริมาณเซลลูโลสสูงส่งผลให้เกิดการสลายตัวได้เร็วกว่าวัสดุอินทรีย์ที่มีปริมาณเซลลูโลสต่ำ และ การศึกษานี้ไม่ได้พบความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการสลายตัวที่ชัดเจนกับลิกนินซึ่งเป็นสารต้านทานการสลายตัว

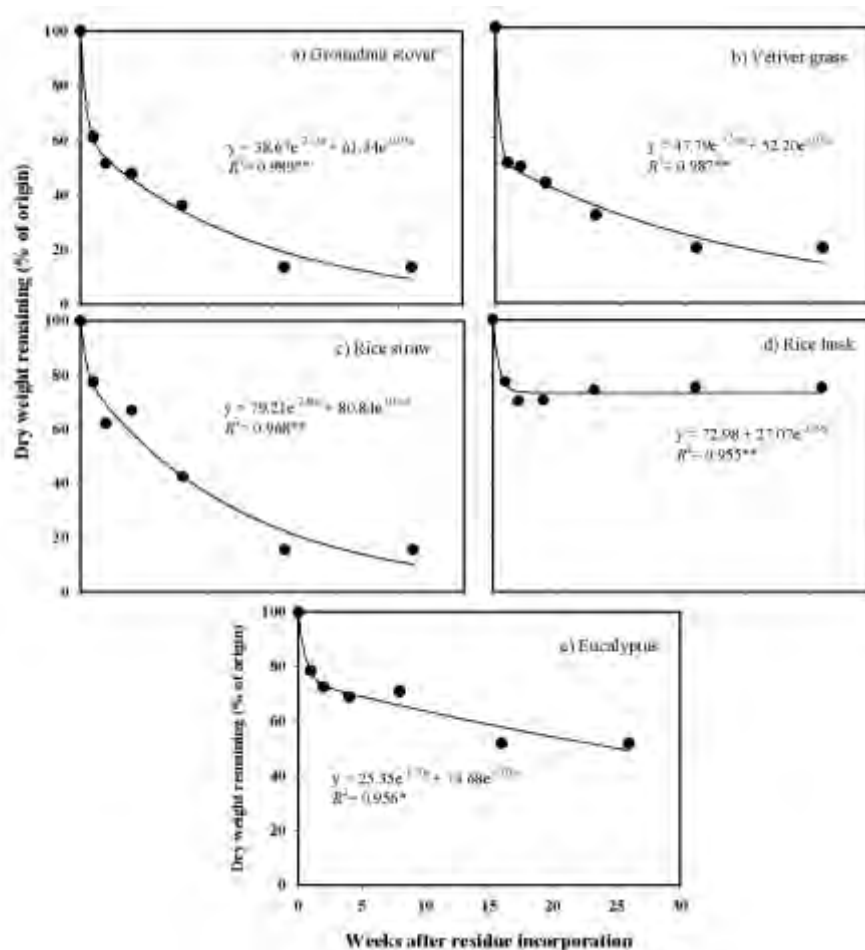


Figure 1 Dry weight remaining (% of original) of organic residue of different chemical composition after incorporation in soil

เมื่อพิจารณาการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงของการสลายตัว พบว่า เมื่อ 1 วันหลังใส่สารอินทรีย์ มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง โดยสูงสุดในดินที่ใส่ซากถั่วลิสง ($31.8 \text{ mg kg}^{-1} \text{ day}^{-1}$) รองลงมาคือ แกลบ และใบหญ้าแฝก ตามลำดับ ต่ำสุดคือ ดินที่ไม่ใส่วัสดุอินทรีย์ ($5 \text{ mg kg}^{-1} \text{ day}^{-1}$) และหลังจากนั้นในสัปดาห์ที่ 1 ปริมาณการปลดปล่อยลดลง และยังพบปริมาณการปลดปล่อยสูงสุดในดินที่ใส่ซากถั่วลิสง และต่ำสุดในดินที่ไม่ใส่วัสดุอินทรีย์ (Figure 2) หลังจากนั้น มีการปลดปล่อยเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 2 และลดลงในสัปดาห์ที่ 4 ในทุกกรรมวิธี แต่จะเห็นว่า ในสัปดาห์ที่ 4 ในดินที่ใส่ฟางข้าวมีปริมาณการปลดปล่อยสูงสุด รองลงมาคือ ซากถั่วลิสง และใบหญ้าแฝก หลังจากสัปดาห์ที่ 4 พบว่า มีการ

ปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น โดยพบสูงสุดในดินที่ใส่ฟางข้าว และใบหญ้าแฝก รองลงมาคือ ใบยูคาลิปตัส ส่วนดินที่ไม่ใส่วัสดุอินทรีย์ มีระดับการปลดปล่อยต่ำที่สุดตลอดระยะเวลา 8 สัปดาห์ และการปลดปล่อยลดลงในสัปดาห์ที่ 16 ในทุกกรรมวิธีทดลอง และเพิ่มขึ้นในสัปดาห์สิ้นสุดการทดลอง (26 สัปดาห์) โดยดินที่ใส่ยูคาลิปตัสมีการปลดปล่อยสูงสุด ($12.3 \text{ mg kg}^{-1} \text{ day}^{-1}$) รองลงมาคือ ซากถั่วลิสง ($9.1 \text{ mg kg}^{-1} \text{ day}^{-1}$) ส่วนดินที่ใส่วัสดุอินทรีย์อื่นๆ มีระดับการปลดปล่อยใกล้เคียงกัน ดังแสดงใน Figure 2 จากผลการศึกษาดังกล่าวยังไม่พบความสัมพันธ์ชัดเจนกับองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์ แต่พบความสัมพันธ์ในทางบวกระหว่างปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในแต่ละช่วงเวลากับความชื้นในดินโดยเฉลี่ย (9 – 20%) ตลอดช่วงของการสลายตัว 8 สัปดาห์ ($r = 0.36 - 0.89$) นอกจากนี้ ยังพบว่า ที่สัปดาห์ที่ 16 หลังใส่วัสดุอินทรีย์ มีความชื้นของดินเพิ่มขึ้น แต่กลับพบปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ไม่สูงเท่าไรนัก ทั้งนี้ เนื่องจากเกิดสภาพน้ำขังในดินส่งผลให้เกิดการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระดับต่ำ

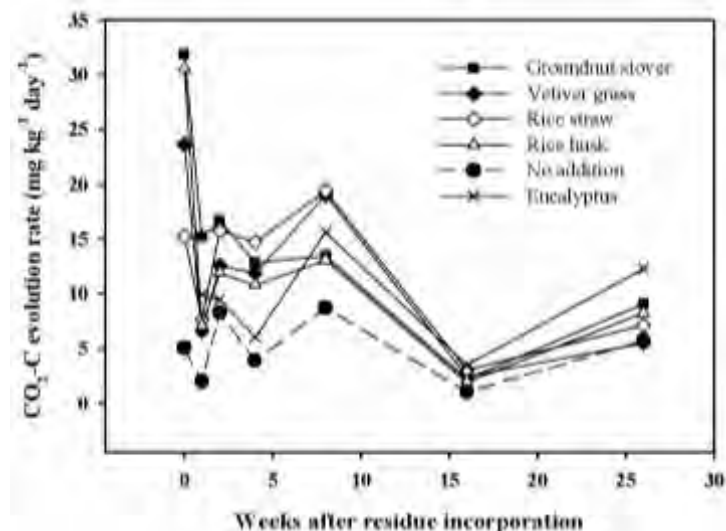


Figure 2 Carbon dioxide carbon ($\text{CO}_2\text{-C}$) evolution ($\text{mg kg}^{-1} \text{ day}^{-1}$) as affected by different organic residue incorporation

ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน

จากผลการศึกษาปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน (<1 มม.) หลังการใส่วัสดุอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบทางเคมีต่างกัน พบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ใส่วัสดุอินทรีย์ มีค่าอยู่ในช่วง $2.30 - 4.65 \text{ g kg}^{-1}$ โดยพบสูงสุดในดินที่ใส่ยูคาลิปตัส รองลงมาในระดับใกล้เคียงกันคือ ใบหญ้าแฝก (3.25 g kg^{-1}) และฟางข้าว (3.2 g kg^{-1}) ส่วนดินที่ไม่ใส่วัสดุอินทรีย์มีปริมาณต่ำสุดเท่ากับ 1.82 g kg^{-1} นอกจากนี้ ยังพบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุอินทรีย์นั้นๆ (Table 3) โดยมีสหสัมพันธ์ทางบวกกับปริมาณคาร์บอนทั้งหมดในพืช ($r = 0.694^{**}$) และทางลบกับปริมาณเซลลูโลส ($r = -0.653^{**}$) ซึ่งเป็นคาร์บอนในรูปที่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย (Mungai and Motavalli, 2006; Puttaso *et al.*, 2011) จะเห็นได้ว่า วัสดุอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบคาร์บอนปริมาณสูง ปริมาณเซลลูโลสต่ำ ส่งผลให้มีปริมาณการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินสูง

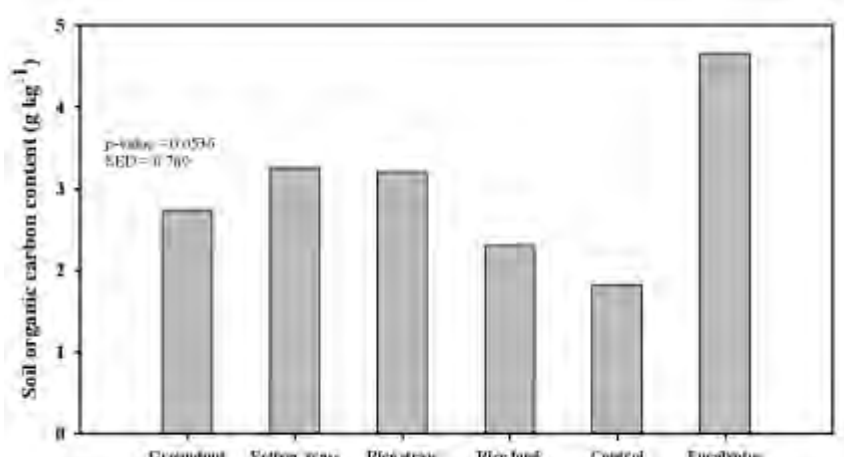


Figure 3 Soil organic carbon content at 26 week after different organic residue incorporation

นอกจากนี้ ยังพบว่า ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินที่ใส่วัสดุอินทรีย์มีความสัมพันธ์กับปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยเฉพาะสหสัมพันธ์ในทางลบในช่วงสัปดาห์ที่ 8 – 26 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (r) ระหว่าง -0.592 ถึง -0.716 ดังแสดงใน Table 4 ผลนี้ชี้ให้เห็นว่า ดินที่มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสะสมในดินต่ำ เนื่องจากอินทรีย์คาร์บอนสูญหายไปจากดินในรูปก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

Table 3 Pearson correlation coefficients (r) between residue chemical composition and soil organic carbon after residue incorporation

Parameters	C	N	C/N	Lignin	Lignin/N	Cellulose
Soil organic C	0.694**	-0.222	0.247	-0.295	-0.124	-0.653**

** Significantly different at $p < 0.01$

Table 4 Pearson correlation coefficients (r) between CO₂ evolution and soil organic carbon after residue incorporation

Parameters	CO ₂ evolution, weeks after organic residue incorporation					
	1	2	4	8	16	26
Soil organic C	0.216	-0.335	0.203	-0.592	-0.704	-0.716

สรุปผล

จากการศึกษาการใช้วัสดุอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่ต่างกันต่อการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์ การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินเค็มเนื้อทราย จะเห็นได้ว่า อัตราการสลายตัวเกิดขึ้นเร็วในช่วงแรก และล่าช้าในช่วงหลังการสลายตัว โดยช่วงแรกใบหญ้าแฝกซากถั่วลิสง และฟางข้าว มีแนวโน้มสลายตัวเร็วกว่ายูคา ลิปดัส และแกลบ ซึ่งในช่วงการสลายตัวของวัสดุอินทรีย์มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นสูงสุดที่เวลา 1 วันหลังใส่วัสดุอินทรีย์ โดยเฉพาะซากถั่วลิสงและแกลบ หลังจากมีปริมาณการปลดปล่อยลดลงในช่วงหลังของการสลายตัว โดยเฉพาะสัปดาห์ที่ 16 – 26 ซึ่งดินที่ใส่ยูคาลิปดัสมีแนวโน้มปลดปล่อยสูงสุด จากผลชี้ให้เห็นว่า ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความชื้นในดินโดยเฉลี่ยความชื้นที่มีการปลดปล่อยสูงที่ 9 - 20% สำหรับ



ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดิน จะเห็นว่า ดินที่ได้รับการใส่ยูคาลิปตัสมีปริมาณการสะสมอินทรีย์คาร์บอนสูงสุด ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณคาร์บอนและเซลลูโลสในวัสดุอินทรีย์ นอกจากนี้ ผลการศึกษานี้ สะท้อนให้เห็นว่า ดินที่มีปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงส่งผลทำให้ดินมีปริมาณการสะสมอินทรีย์คาร์บอนในดินต่ำ

คำขอบคุณ

ทุนวิจัยจากงบประมาณวิจัยประจำปี 2560 กรมพัฒนาที่ดิน ภายใต้แผนงานวิจัย การบูรณาการเทคโนโลยีเพื่อฟื้นฟูและพัฒนาการใช้ประโยชน์พื้นที่ดินเค็มบริเวณแอ่งโคราชและแอ่งสกลนคร และขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่มอบทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ประจำปี 2560

เอกสารอ้างอิง

- บุปผา ไตภาคงาม. 2549. ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 255 น.
- Anderson, J.M., and J.S.I. Ingram. 1993. Tropical Soil Biology and Fertility: A Handbook of methods. CAB International. Wallingford, UK.
- Anderson, J.P.E. 1982. Soil respiration, pp. 831-871. In Page, A.L., R.H. Miller, and D.R. Keeney (eds.), Agronomy Monograph Number 9, Part II. Chemical and Biological Properties, 2nd edn. American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison.
- Mungai, N.W. and P.P. Motavalli. 2006. Litter quality effects on soil carbon and nitrogen dynamics in temperate alley cropping systems. Appl. Soil Ecol. 31: 32 – 42.
- Pacharapreecha, P., B. Topark-ngarm, I. Goto, and M. Kimura, 1989. Studies on saline soils in Khon Kaen Region, Northeast Thailand. I. Physical and chemical properties of saline soil. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 35, 171-179.
- Puttaso, A., P. Vityakon, P. Saenjan, V. Tre-loges and G. Cadisch. 2011. Relationship between residue quality, decomposition patterns, and soil organic matter accumulation in a tropical sandy soil after 13 years. *Journal of Nutrient Cycling in Agroecosystem* 89: 159 - 174
- Van Soest, P.J., and E.H. Wine. 1968. Determination of lignin and cellulose in acid detergent fibre with permanganate. *J. Assoc. Offic. Anal. Chem.* 51:780-785.



ผลของออกซินและไซโตไคนินต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหญ้าแฝกกลุ่มและดอน

Effect of auxin and cytokinin on tissue culture of vetiver grass

พัชรินทร์ นันทากุล^{1*}, พิทยากร ลิ้มทอง², ภุชญา รุ่งโรจน์วนิชย์¹ และพงศ์พันธุ์ เขียรศิริ¹

Patcharin Nuntakul^{1*}, Pitayakon Limtong², Krisana Rungrojwanich¹ and Pongpan Thienhirun¹

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของออกซินและไซโตไคนิน ที่เหมาะสมต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหญ้าแฝกกลุ่มและหญ้าแฝกดอน โดยความเข้มข้นของออกซินที่ 0 และ 0.5 มก./ล. และไซโตไคนินที่ ความเข้มข้น 0, 0.5 และ 1.0 มก./ล. โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ Completely Randomized Design (CRD) ประกอบด้วย 12 ตำรับจำนวน 3 ซ้ำ ที่ห้องปฏิบัติการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหญ้าแฝก กรมพัฒนาที่ดิน โดยนำหน่อหญ้าแฝกกลุ่ม (พันธุ์สุราษฎร์ธานี) และหญ้าแฝกดอน (พันธุ์ราชบุรี) มาเลี้ยงในสูตรอาหาร MS เติมฮอร์โมนออกซินและไซโตไคนินที่ ความเข้มข้นของแต่ละตำรับทดลอง ผลการศึกษพบว่าการใช้ออกซิน 0.5 มก./ล. ทำให้ความสูงของหญ้าแฝกกลุ่มและหญ้าแฝกดอนเพิ่มขึ้นแตกต่างกับการไม่ใส่ออกซินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การใช้ไซโตไคนิน 0.5 และ 1.0 มก./ล. ทำให้ความสูงของต้นหญ้าแฝกทั้ง 2 ชนิดลดลง แสดงถึงการยับยั้งการเจริญทางด้านความสูง แม้ว่าจะใช้ร่วมกับออกซินก็ตาม สำหรับจำนวนหน่อของหญ้าแฝกเมื่อใส่ไซโตไคนิน 0.5 และ 1.0 มก./ล. ช่วยกระตุ้นให้จำนวนหน่อเพิ่มขึ้น แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่ใส่ไซโตไคนิน นอกจากนั้นการใส่ออกซินร่วมกับไซโตไคนินมีผลทำให้จำนวนหน่อของหญ้าแฝกกลุ่มเพิ่มมากยิ่งขึ้น ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่ใส่ออกซินร่วมด้วย แต่การตอบสนองของหญ้าแฝกดอนต่อการใช้ฮอร์โมนน้อยกว่าในหญ้าแฝกกลุ่ม สำหรับการใส่ออกซินและไซโตไคนิน มีผลต่อจำนวนใบของต้นหญ้าแฝกทั้ง 2 ชนิดเป็นไปในทางเดียวกับจำนวนหน่อของหญ้าแฝก

คำสำคัญ หญ้าแฝก, ออกซิน, ไซโตไคนิน, การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ, การขยายพันธุ์

Abstract

The objective of this research was to find the suitable concentration of auxin and cytokinin for growth promotion of upland and lowland vetiver grass in tissue culture. The 12 treatments of combination consisted of 2 vetiver grass cultivars, 2 auxin concentrations (0 and 0.5 mg/l) and 2 cytokinin concentrations (0, 0.5 and 1.0 mg/l), which were arranged in Completely Randomized Design (CRD) with 3 replications. The trial was conducted at vetiver laboratory, Land Development Department. Both, *Vetiveria zizanioides* (Suratani ecotype) and *V. nemoralis* (Ratchaburi ecotype) were cultivated in MS media and adding auxin and cytokinin at the given concentration in each treatment. The height of stem, number of shoot and leaf of vetiver grass in each treatment were recorded and subjected to statistical analyzed. The mean different was compared by Duncan's multiple range test (DMRT). The result of this experiment revealed that application of auxin 0.5 mg/l clearly induced height of vetiver grass in both ecotypes and significantly different from control. But application of cytokinin 0.5 and 1.0 mg/l suppressed the stem height of vetiver grass, and it still more suppression when applied cytokinin with auxin. Cytokinin at 0.5 and 1.0 mg/l markedly increased shoot number of vetiver grass, and significantly different

¹ คณะส่งเสริมการเกษตรและสหกรณ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นนทบุรี 11120

² กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กทม. 109001

¹ School of Agriculture and Cooperatives Sukhothai Thammathirat Open University

² Land Development Department Ministry of Agriculture and Cooperatives

* corresponding author :patcha866@gmail.com



from without cytokinin. Moreover, cytokinin application with auxin increased shoot number, where lowland ecotype was stimulated more than lowland ecotype, and were significantly different from control. In case of number of leaf was changed in the similar trend of auxin and cytokinin effects on number of shoot were noted in each treatment.

Keywords: Vetiver grass, Auxin, Cytokinin, Tissue culture, Propagation

บทนำ

หญ้าแฝก (Vetiver grass) เป็นพืชตระกูลหญ้าที่มีความสำคัญด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ และการฟื้นฟูทรัพยากรดิน เนื่องจากหญ้าแฝกมีลักษณะทางกายภาพและสัณฐานวิทยาเหมาะสมในการรักษาสภาพแวดล้อม และยังสามารถใช้หญ้าแฝกในระบบอนุรักษ์ดินและน้ำทั้งที่เป็นระบบพืชและร่วมกับวิธีกล (ปอล เตรีง และคณะ, 2556) โดยหญ้าแฝกมีระบบรากที่ยาวสานกันแน่นสามารถช่วยยึดดิน และยังเป็นที่ยึดของเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์หลายชนิด ดังนั้นบทบาทของหญ้าแฝกต่อการลดการชะล้างพังทลายของดิน และลดความเร็วของการไหลบ่าของน้ำ เพิ่มความชื้นในดิน เพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน มีประสิทธิภาพมาก (พิทยากร, 2551) ในปัจจุบันมีการส่งเสริมการใช้หญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างต่อเนื่องและกว้างขวาง อีกทั้งยังมีการนำหญ้าแฝกมาใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ มากมาย ทำให้การขยายพันธุ์หญ้าแฝกมีความจำเป็นมากขึ้นเป็นลำดับ อย่างไรก็ตามหน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนนิยมใช้การขยายพันธุ์หญ้าแฝกโดยการเพาะเลี้ยงให้แตกหน่อแล้วนำมาแยกหน่อและชำในถุงพลาสติก และนำไปขยายพันธุ์ในแปลงขนาดใหญ่เพื่อเป็นต้นกล้าหญ้าแฝกต่อไป (กรมพัฒนาที่ดิน, 2555) โดยการทำงานของออกซินส่งเสริมการขยายตัวและการแบ่งเซลล์ของพืช กระตุ้นการเกิดแคลลัสและรากสำหรับไฮโดโคตินินกระตุ้นให้เกิดการแบ่งเซลล์และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพืช ช่วยเกิดตาตื้นข้างให้เป็นใบ และพัฒนาให้เกิดคลอโรพลาสต์ช่วยให้ใบสีเขียวขึ้น โดยมักใช้ร่วมกับออกซิน (ลิลลี่ และคณะ, 2552) นอกจากนี้การขยายพันธุ์หญ้าแฝกอาจทำได้โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ โดยงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหญ้าแฝก เนื่องจากจะเป็นข้อมูลสนับสนุนทางด้านการขยายพันธุ์แล้ว ยังเป็นข้อมูลสำคัญต่อการเก็บรักษาพันธุ์หญ้าแฝกด้วย

การขยายพันธุ์หญ้าแฝกด้วยเทคนิคการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจและหลายหน่วยงานเริ่มให้ความสำคัญกับวิธีการดังกล่าวนี้ อย่างไรก็ตามการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อยังคงมีปัญหาอยู่ โดยเฉพาะส่วนประกอบของอาหารที่ใช้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อเพื่อการขยายพันธุ์ และเพื่อการเก็บรักษาพันธุ์ การใช้ฮอร์โมนออกซินและไฮโดโคตินิน เป็นแนวทางหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโต เนื่องจากหญ้าแฝกกลุ่มและหญ้าแฝกตอนมีการเจริญเติบโตต่างกัน กล่าวคือหญ้าแฝกตอนที่มีการเจริญเติบโตที่ช้ากว่าก็ต้องกระตุ้นให้มีการเจริญเติบโตในช่วงแรกๆ ช้ำ และหญ้าแฝกบางพันธุ์แตกหน่อค่อนข้างยาก หรือไม่ค่อยเจริญเติบโต จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องศึกษาระดับความเข้มข้นของฮอร์โมนที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตในขั้นตอนของการขยายพันธุ์เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ รวมถึงการศึกษาเปรียบเทียบขั้นตอนที่เหมาะสมต่อการนำต้นหญ้าแฝกมาขยายพันธุ์ในสภาพเนื้อเยื่อ ส่วนการรวบรวมพันธุ์หญ้าแฝกในสภาพการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อควรเร่งให้มีการเจริญเติบโตในช่วงแรก เมื่อตั้งตัวได้แล้ว จึงควบคุมการเจริญให้ช้าลง เพื่อให้สามารถเก็บรักษาพันธุ์ได้ยาวนานขึ้น ทำให้ไม่ต้องเปลี่ยนถ่ายขวดเนื้อเยื่อบ่อยครั้ง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของฮอร์โมนทั้ง 2 ชนิดและปริมาณที่เหมาะสมต่อการขยายพันธุ์และการรวบรวมพันธุ์หญ้าแฝกกลุ่มและหญ้าแฝกตอนในสภาพการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การวางแผนการทดลอง

การทดลองนี้วางแผนการทดลองทางสถิติแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD) โดยมีปัจจัยการทดลอง ดังนี้

- 1.1 หญ้าแฝก 2 ชนิด ได้แก่ หญ้าแฝกกลุ่ม (พันธุ์สุราษฎร์ธานี) และหญ้าแฝกตอน (พันธุ์ราชบุรี)
- 1.2 ฮอร์โมน 2 ชนิด (ออกซิน และไฮโดโคตินิน)
- 1.3 ความเข้มข้นของฮอร์โมน
 - ออกซิน 0 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร
 - ไฮโดโคตินิน 0, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

1.4 การรับการทดลอง รวม 12 ดำรับ จำนวน 3 ซ้ำ

ดำรับที่ 1 = หญ้าแฝกลุ่ม + ไมโครโมโน

ดำรับที่ 2 = หญ้าแฝกลุ่ม + โซโดโคนิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ดำรับที่ 3 = หญ้าแฝกลุ่ม + โซโดโคนิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ดำรับที่ 4 = หญ้าแฝกลุ่ม + ออกซิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ดำรับที่ 5 = หญ้าแฝกลุ่ม + ออกซิน 0.5 + โซโดโคนิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ดำรับที่ 6 = หญ้าแฝกลุ่ม + ออกซิน 0.5 + โซโดโคนิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ดำรับที่ 7 = หญ้าแฝกดอน + ไมโครโมโน

ดำรับที่ 8 = หญ้าแฝกดอน + โซโดโคนิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ดำรับที่ 9 = หญ้าแฝกดอน + โซโดโคนิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

ดำรับที่ 10 = หญ้าแฝกดอน + ออกซิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ดำรับที่ 11 = หญ้าแฝกดอน + ออกซิน 0.5 + โซโดโคนิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร

ดำรับที่ 12 = หญ้าแฝกดอน + ออกซิน 0.5 + โซโดโคนิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร

2. การเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหญ้าแฝก

สำหรับการเตรียมอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหญ้าแฝก และวิธีการเตรียมหน่อหญ้าแฝกที่ใช้ในการทดลองดำเนินการดังนี้

2.1 เตรียมสารละลายอาหารแข็งสูตร MS (Murashige and Skoog, 1962) กวนให้เข้ากัน แล้วใส่ฮอร์โมนตามที่กำหนดในการทดลอง ได้แก่ ออกซิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และโซโดโคนิน 2 ระดับ ได้แก่ 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ปรับค่า pH ของอาหารให้อยู่ในช่วง 5.7-5.8 นำไปนึ่งฆ่าเชื้อ ด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15-20 นาที



Figure 1: Process of Vetiver grass tissue cultivation with and without hormone in each treatment

2.2 การเตรียมหน่อหญ้าแฝก โดยคัดเลือกต้นพันธุ์ ตัดใบและรากทิ้ง ให้เหลือแต่หน่อ แล้วนำหน่อมาล้างด้วยน้ำแช่ด้วยแอลกอฮอล์ 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 3 นาที ตามด้วยสารละลายคลอโรกซ์ 15 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 15 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น จำนวน 3 ครั้งๆ ละ 5 นาที ตัดชิ้นส่วนหน่อหญ้าแฝกให้เหลือ 1.5 -2.5 เซนติเมตร โดยพิจารณาเลือกชิ้นหน่อหญ้าแฝกที่มีขนาดใกล้เคียงกัน ภายใต้สภาพที่ปลอดเชื้อ นำชิ้นส่วนที่ตัดใส่ในขวดอาหารที่มีสูตร MS และฮอร์โมนตามดำรับทดลอง (อาทิพย์ และคณะ, 2537)

2.3 นำหน่อหญ้าแฝกลุ่ม และหญ้าแฝกดอนที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว มาเลี้ยงในอาหารสูตร MS เติมออกซิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร และเติมโซโดโคนิน 2 ระดับ คือ 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร นำไปเลี้ยงภายใต้สภาพที่ได้รับแสงความเข้ม 40 ไมโครโมลต่อตารางเมตรต่อวินาที นาน 16 ชั่วโมงต่อวัน และช่วงมืด 8 ชั่วโมงต่อวัน อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน

3. การเก็บข้อมูลและบันทึก

การเก็บข้อมูลและบันทึกความสูงของต้นหญ้าแฝก (จากโคนถึงปลาย โดยวัดเฉพาะยอดที่มีความสูงตั้งแต่ 0.5 เซนติเมตรขึ้นไป) โดยวัดความสูงของต้นหญ้าแฝกแต่ละต้นรับการทดลองที่อายุ 3 เดือน นับจำนวนหน่อ และจำนวนใบ ทำการนับในแต่ละต้นรับการทดลองที่อายุ 3 เดือน และเก็บรวบรวมข้อมูลของการทดลอง วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ



Figure 2: Vetiver grass tissue cultivation in temperature and light controlled room

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ความสูงของต้นหญ้าแฝก

จากผลการศึกษาความสูงของหญ้าแฝกดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 5 พบว่าหญ้าแฝกตอนมีความสูงของต้นมากกว่าหญ้าแฝกลุ่ม เมื่อมีการใส่ฮอร์โมนไซโตไคนินที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น 0, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตำรับที่ 1, 2 และ 3) ทำให้ความสูงของต้นหญ้าแฝกลุ่มลดลงจาก 7.0 เซนติเมตร เหลือ 4.17 และ 4.10 เซนติเมตร ตามลำดับ ความสูงของต้นหญ้าแฝกตอนลดลงในแนวทางเดียวกัน กล่าวคือลดลงจาก 9.43 เซนติเมตร เหลือ 8.17 และ 7.00 เซนติเมตร (ตำรับที่ 7, 8 และ 9) ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นชัดเจนว่าการใส่ไซโตไคนินที่เพิ่มขึ้นจาก 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้ความสูงของต้นหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกตอนลดลงอย่างชัดเจน Mazid et al. (2011) รายงานว่า การใช้ไซโตไคนินในอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชมีผลทำให้ความสูงและจำนวนรากของพืชทดลองลดลงอย่างชัดเจน การเพิ่มความเข้มข้นของไซโตไคนินจาก 0.5 เป็น 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ยิ่งทำให้ความสูงและจำนวนรากลดลงเป็นลำดับ

การใส่ออกซินที่ 0 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร กับหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกตอน พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของฮอร์โมนออกซิน มีผลทำให้ความสูงของต้นหญ้าแฝกลุ่มเพิ่มขึ้นจาก 7.00 เซนติเมตร เป็น 11.17 เซนติเมตร (ตำรับที่ 1 และ 4) ซึ่ง พีรเดช (2537) กล่าวถึงออกซินมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช สำหรับความสูงของต้นหญ้าแฝกตอนเมื่อมีการใส่ฮอร์โมนออกซิน ในระดับความเข้มข้นดังกล่าวเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยเพิ่มขึ้นจาก 9.43 เซนติเมตร เป็น 12.00 เซนติเมตร (ตำรับที่ 7 และ 10) ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นชัดเจนว่าการใส่ออกซินที่ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้ความสูงของต้นหญ้าแฝกทั้งลุ่มและตอนเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สำหรับการใส่ไซโตไคนิน 0, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับออกซิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร กับหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกตอน พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของไซโตไคนินที่ 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ความสูงของต้นหญ้าแฝกลุ่มลดลงจาก 11.17 เซนติเมตร เหลือ 4.40 และ 4.27 เซนติเมตร (ในตำรับที่ 4, 5 และ 6) Rahman (2007) รายงานว่า ฮอร์โมนบางชนิดมีผลต่อการยับยั้งการเจริญของพืชได้เช่นกัน ในขณะที่หญ้าแฝกตอนก็มีผลเช่นเดียวกันกับหญ้าแฝกลุ่ม โดยความสูงของต้นหญ้าแฝกตอนลดลงจาก 12.00 เซนติเมตร เหลือ 5.40 และ 5.50 เซนติเมตร ตามลำดับ (ในตำรับที่ 10, 11 และ 12) จะเห็นได้ว่าการใส่ออกซินที่ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับการใส่ไซโตไคนิน 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีผลทำให้ความสูงของต้นหญ้าแฝกทั้งลุ่มและตอนเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าผลของไซโตไคนินสามารถควบคุมให้ความสูงของต้นหญ้าแฝกทั้ง 2 ชนิดลดลงถึงแม้ว่าจะมีการใส่ออกซินที่ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตรก็ตาม แต่เมื่อมีการใส่ออกซินที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวเพียงอย่างเดียวมีผลทำให้ความสูงของต้นหญ้าแฝกทั้ง 2 ชนิด เพิ่มขึ้นตามที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น หญ้าแฝกลุ่ม (ตำรับที่ 1 และ 4) และหญ้าแฝกตอน (ตำรับที่ 7 และ 10)



เมื่อเปรียบเทียบผลของการใส่ไฮโดรโคโรนต่อความสูงของหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอน พบว่าการใส่ไฮโดรโคโรน 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้ความสูงของต้นหญ้าแฝกลุ่มลดลงมากกว่าหญ้าแฝกดอน เนื่องจากความสูงของต้นหญ้าแฝกลุ่มลดลง 41.00 และ 41.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ในขณะที่ความสูงของต้นหญ้าแฝกดอนลดลง 13.36 และ 25.77 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อมีการใส่ออกซินที่ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับไฮโดรโคโรนที่ความเข้มข้นดังกล่าวก็ยังมีผลทำให้ความสูงของต้นหญ้าแฝกดอนเพิ่มขึ้น โดยความสูงของต้นหญ้าแฝกลุ่มลดลง 60.61 และ 61.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ในขณะที่ความสูงของต้นหญ้าแฝกดอนลดลง 55.00 และ 54.17 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าผลของการใส่ไฮโดรโคโรนในระดับความเข้มข้นที่ศึกษา มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตโดยเฉพาะความสูงของต้นหญ้าแฝกลุ่มมากกว่าหญ้าแฝกดอน และเมื่อพิจารณาถึงผลของออกซิน พบว่าฮอร์โมนออกซินมีผลทำให้ส่งเสริมการเจริญเติบโต โดยเฉพาะของต้นหญ้าแฝกลุ่มที่เพิ่มขึ้น 59.57 เปอร์เซ็นต์มากกว่าหญ้าแฝกดอน ที่ความสูงของต้นเพิ่มขึ้น 46.88 เปอร์เซ็นต์

2. จำนวนหน่อของหญ้าแฝก

สำหรับการเจริญเติบโตจากการนับจำนวนหน่อของต้นหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอน เมื่อมีการใส่ฮอร์โมนออกซินและไฮโดรโคโรนที่ความเข้มข้นแตกต่างกันตามแต่ละตำราการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 6 พบว่าจำนวนหน่อของหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอนที่ไม่มีการใส่ฮอร์โมนทั้ง 2 ชนิดไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือมีจำนวนหน่อ 1.33 หน่อ การใส่ไฮโดรโคโรนที่ระดับความเข้มข้นเพิ่มขึ้น 0, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตำราที่ 1, 2 และ 3) ทำให้จำนวนหน่อของต้นหญ้าแฝกลุ่มเพิ่มขึ้นจากเดิม 1.33 หน่อ เป็น 5.00 และ 6.33 หน่อ ตามลำดับ และเมื่อมีการใส่ไฮโดรโคโรนที่ระดับความเข้มข้นดังกล่าวจำนวนหน่อของหญ้าแฝกดอนก็เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันจาก 1.33 หน่อ เป็น 6.33 และ 5.0 หน่อ ตามลำดับ (ในตำราที่ 7, 8 และ 9) ผลของไฮโดรโคโรนต่อการเพิ่มการแตกหน่อชัดเจนในรายงานของอาทิตย์ และคณะ (2537) ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นชัดเจนว่า ไฮโดรโคโรนในระดับความเข้มข้นที่ศึกษาช่วยกระตุ้นให้จำนวนหน่อเพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ใส่ไฮโดรโคโรนทั้งในหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอน

สำหรับการใส่ออกซินที่ 0, 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า มีผลทำให้จำนวนหน่อของต้นหญ้าแฝกลุ่มเพิ่มขึ้นจาก 1.33 หน่อ เป็น 7.00 หน่อ (ตำราที่ 1 และ 4) ส่วนหญ้าแฝกดอนมีจำนวนหน่อเพิ่มขึ้นเช่นกัน โดยเพิ่มขึ้นจาก 1.33 เป็น 3.00 หน่อ (ตำราที่ 7 และ 10) แสดงให้เห็นชัดเจนว่าการใส่ออกซินที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้จำนวนหน่อของต้นหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอน เพิ่มขึ้นจากการไม่ใส่ออกซินอย่างชัดเจน อย่างไรก็ตามออกซินช่วยเสริมการเจริญของการแตกหน่อเช่นเดียวกัน อภิชาติ และคณะ (2551)

ในกรณีที่มีการใส่ไฮโดรโคโรน 0, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับออกซิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าจำนวนหน่อของต้นหญ้าแฝกลุ่มเพิ่มมากขึ้นจาก 7.00 หน่อ เป็น 12.00 และ 11.00 หน่อตามลำดับ (ตำราที่ 4, 5 และ 6) สำหรับ Shobhana (1993) รายงานถึงการใช้ออกซินร่วมกับไฮโดรโคโรนช่วยให้มีการแตกหน่อเพิ่มขึ้นเช่นกัน ในขณะที่จำนวนหน่อของต้นหญ้าแฝกดอนไม่แตกต่างกันจาก 3.00, 2.33 และ 3.33 หน่อ ตามลำดับ (ตำราที่ 10, 11 และ 12) ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อใส่ออกซินร่วมกับไฮโดรโคโรน โดยเฉพาะในหญ้าแฝกลุ่มมีผลทำให้จำนวนหน่อเพิ่มมากขึ้นกว่าการไม่ใส่ออกซินร่วมด้วย Rixkita et al. (2013) รายงานการใส่ฮอร์โมนในการเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชเพื่อให้มีการแตกหน่อมากและรวดเร็ว ซึ่งผลดังกล่าวเห็นผลอย่างชัดเจนในหญ้าแฝกลุ่ม แต่ไม่เห็นผลดังกล่าวเมื่อทำการทดลองในหญ้าแฝกดอน

เมื่อเปรียบเทียบผลการใส่ไฮโดรโคโรนต่อจำนวนหน่อของต้นหญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอน พบว่าไฮโดรโคโรนที่ระดับ 0.5 และ 1.0 ทำให้จำนวนหน่อของต้นหญ้าแฝกลุ่มเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับในหญ้าแฝกดอน โดยจำนวนหน่อของต้นหญ้าแฝกลุ่มเพิ่มขึ้น 275.94 และ 375.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่จำนวนหน่อของต้นหญ้าแฝกดอนเพิ่มขึ้น 375.94 และ 275.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อมีการใส่ออกซินที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับไฮโดรโคโรนที่ความเข้มข้นดังกล่าว ในหญ้าแฝกลุ่มมีผลทำให้จำนวนหน่อของต้นหญ้าแฝกลุ่ม ยังเพิ่มมากขึ้นจากเดิมอีก 140.00 และ 73.78 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ แต่ในหญ้าแฝกดอนเมื่อมีการใส่ฮอร์โมนทั้ง 2 ชนิดร่วมกันในระดับความเข้มข้นดังกล่าวไม่มีผลทำให้จำนวนหน่อเพิ่มขึ้นมากนัก ซึ่งค่อนข้างแตกต่างกันกับในหญ้าแฝกลุ่ม

3. จำนวนใบของหญ้าแฝก

สำหรับจำนวนใบของต้นหญ้าแฝกกลุ่มและหญ้าแฝกดอน เมื่อมีการใส่ออกซินและไซโตไคนิน ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกันตามแต่ละตำรับการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 1 และภาพที่ 7 พบว่าจำนวนใบของหญ้าแฝกกลุ่มและหญ้าแฝกดอนที่ไม่มีการใส่ฮอร์โมนทั้ง 2 ชนิด ไม่แตกต่างกันทางสถิติ การใส่ไซโตไคนินที่ 0, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (ตำรับที่ 1, 2 และ 3) พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของไซโตไคนิน ทำให้จำนวนใบของต้นหญ้าแฝกกลุ่มเพิ่มขึ้นจากเดิม 10.33 ใบ เป็น 25.67 และ 31.67 ใบ ตามลำดับ สำหรับหญ้าแฝกดอนพบว่าจำนวนใบของต้นหญ้าแฝกดอนก็เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน จาก 9.00 ใบ เป็น 19.67 และ 30.33 ใบ ตามลำดับ (ตำรับที่ 7, 8 และ 9) เมื่อมีการใส่ไซโตไคนินที่ความเข้มข้นดังกล่าวเพิ่มขึ้น ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นชัดเจนว่าการใส่ไซโตไคนินที่ระดับความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ช่วยกระตุ้นให้จำนวนใบทั้งหญ้าแฝกกลุ่มและหญ้าแฝกดอนเพิ่มมากขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใส่ไซโตไคนิน

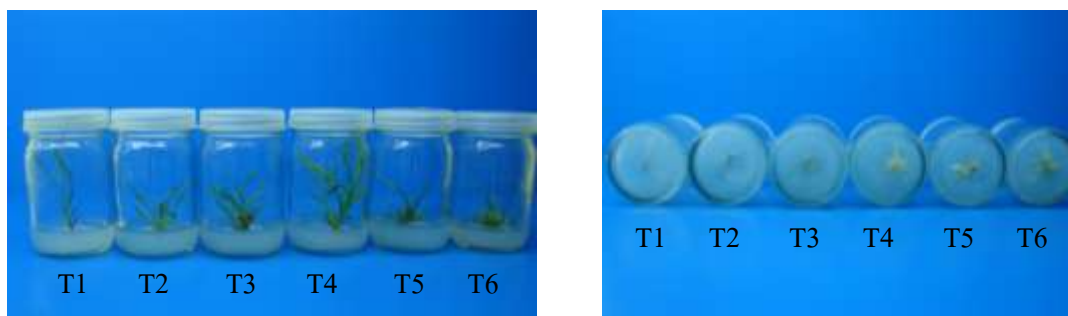


Figure 3: Comparison growth of Surattani ecotype with different concentrations of 2 hormones in each treatment

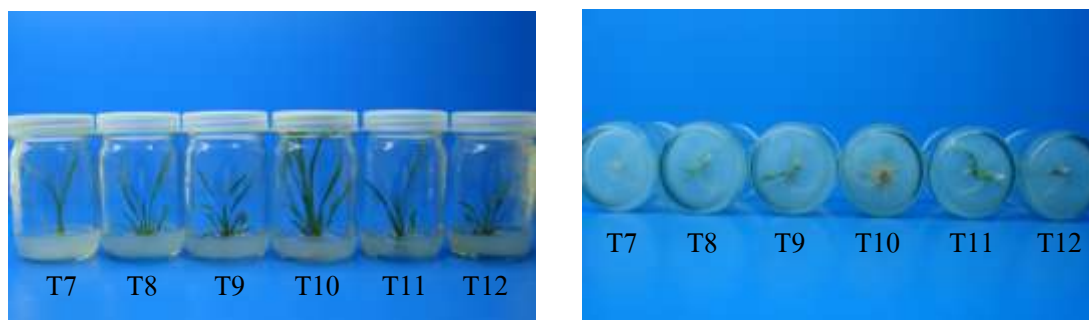


Figure 3: Comparison growth of Ratchaburi ecotype with different concentrations of 2 hormones in each treatment

การใส่ออกซินที่ 0 และ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้จำนวนใบของต้นหญ้าแฝกกลุ่มเพิ่มขึ้นจาก 10.33 ใบ เป็น 32.67 ใบ (ตำรับที่ 1 และ 4) เมื่อใส่ออกซินในระดับความเข้มข้นดังกล่าวกับหญ้าแฝกดอน มีผลทำให้จำนวนใบเพิ่มขึ้นเช่นกัน จาก 9.00 ใบ เป็น 20.33 ใบ (ตำรับที่ 7 และ 10) แสดงให้เห็นว่าการใส่ออกซินที่ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลทำให้จำนวนใบของต้นหญ้าแฝกกลุ่มและหญ้าแฝกดอน เพิ่มขึ้นจากการไม่ใส่ออกซินอย่างชัดเจน

ในการใส่ไซโตไคนินที่ 0, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับออกซินความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของออกซินที่ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อมีการใส่ร่วมกับไซโตไคนิน 0, 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้จำนวนใบของต้นหญ้าแฝกกลุ่มเพิ่มมากขึ้นจาก 32.67 ใบ เป็น 39.67 และ 43.67 ใบตามลำดับ (ตำรับที่ 4, 5 และ 6) ในขณะที่จำนวนใบหญ้าแฝกดอนมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย จาก 20.33, 18.00 และ 18.00 ใบ ตามลำดับ (ตำรับที่ 10, 11 และ 12) ผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าการใส่ออกซิน เมื่อใส่ร่วมกับไซโตไคนินมีผลทำให้จำนวนใบของต้นหญ้าแฝกกลุ่ม เพิ่มขึ้นยิ่งขึ้นกว่าการไม่ใส่ออกซินร่วมด้วย ซึ่งผลดังกล่าวเห็นผลอย่างชัดเจนในหญ้าแฝกกลุ่ม แต่ไม่เห็นผลดังกล่าวเมื่อทำการ



ทดลองในหญ้าแฝกตอน จากรายงานของ Ngomuo et al. (2013) พบว่าการใช้ออกซินและไซโตไคนินมีผลต่อการเจริญของต้นในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เมื่อใช้ฮอร์โมนทั้ง 2 ชนิดร่วมกัน พบว่าฮอร์โมนที่ใส่มีผลให้ความสูงและจำนวนรากลดลงเช่นเดียวกับผลของฮอร์โมนไซโตไคนิน แสดงว่าไซโตไคนินมีผลต่อการเจริญเติบโตของหญ้าแฝกมากกว่าออกซิน

เมื่อเปรียบเทียบผลของการใส่ไซโตไคนินต่อจำนวนใบของต้นหญ้าแฝกกลุ่มและหญ้าแฝกตอน พบว่าการใส่ไซโตไคนิน 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้จำนวนใบของต้นหญ้าแฝกกลุ่มเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับหญ้าแฝกตอน โดยจำนวนใบของต้นหญ้าแฝกกลุ่มเพิ่มขึ้น 148.50 และ 206.58 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่จำนวนใบของต้นหญ้าแฝกตอนเพิ่มขึ้น 118.56 และ 237.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อมีการใส่ออกซิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับไซโตไคนินที่ความเข้มข้นดังกล่าวมีผลทำให้จำนวนใบของต้นหญ้าแฝกกลุ่มยังเพิ่มมากขึ้นจากเดิมอีก 54.54 และ 70.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ไม่มีผลทำให้จำนวนใบหญ้าแฝกตอนเพิ่มขึ้นมากนัก ซึ่งค่อนข้างแตกต่างกันกับในหญ้าแฝกกลุ่ม

Table 1: Comparison growth of Vetiver grass in each treatment

	Treatment	Height (cm.)	Shoot number (number)	Leaf number (number)
1	<i>V. zizanioides</i>	7.00 ^c	1.33 ^d	10.33 ^{ef}
2	<i>V. zizanioides</i> + Cytokinin 0.5 mg/l	4.17 ^{de}	5.00 ^{bc}	25.67 ^{cd}
3	<i>V. zizanioides</i> + Cytokinin 1.0 mg/l	4.10 ^{de}	6.33 ^b	31.67 ^{bc}
4	<i>V. zizanioides</i> + Auxin 0.5 mg/l	11.17 ^a	7.00 ^b	32.67 ^{bc}
5	<i>V. zizanioides</i> + Auxin 0.5 mg/l + Cytokinin 0.5 mg/l	4.40 ^{de}	12.00 ^a	39.67 ^{ab}
6	<i>V. zizanioides</i> + Auxin 0.5 mg/l + Cytokinin 1.0 mg/l	4.27 ^{de}	11.00 ^a	43.67 ^a
7	<i>V. nemoralis</i>	9.43 ^b	1.33 ^d	9.00 ^f
8	<i>V. nemoralis</i> + Cytokinin 0.5 mg/l	8.17 ^{bc}	6.33 ^b	19.67 ^d
9	<i>V. nemoralis</i> + Cytokinin 1.0 mg/l	7.00 ^c	5.00 ^{bc}	30.33 ^c
10	<i>V. nemoralis</i> + Auxin 0.5 mg/l	12.00 ^a	3.00 ^{cd}	20.33 ^d
11	<i>V. nemoralis</i> + Auxin 0.5 mg/l + Cytokinin 0.5 mg/l	5.40 ^{de}	2.33 ^d	18.00 ^{de}
12	<i>V. nemoralis</i> + Auxin 0.5 mg/l + Cytokinin 1.0 mg/l	5.50 ^d	3.33 ^{cd}	18.00 ^{de}
	F- Test	*	*	*
	CV (%)	12.00	24.59	20.94

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

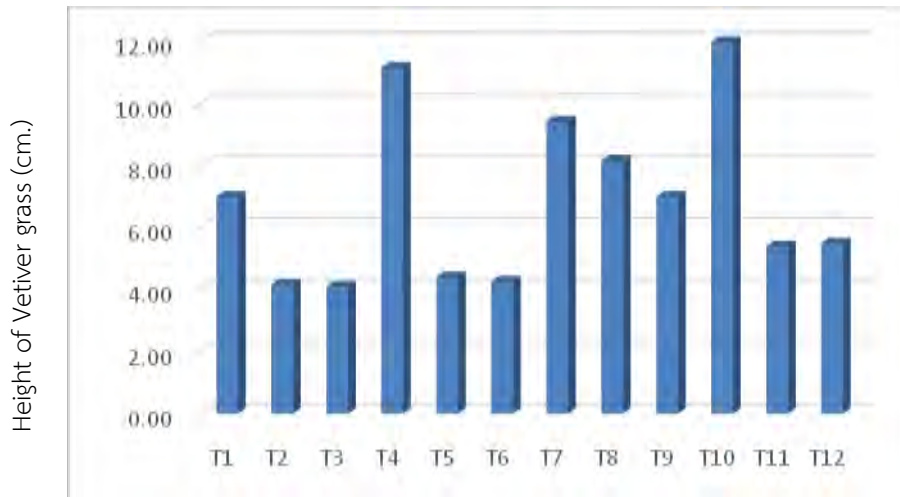


Figure 5: Average height of Vetiver grass (cm.) in each treatment

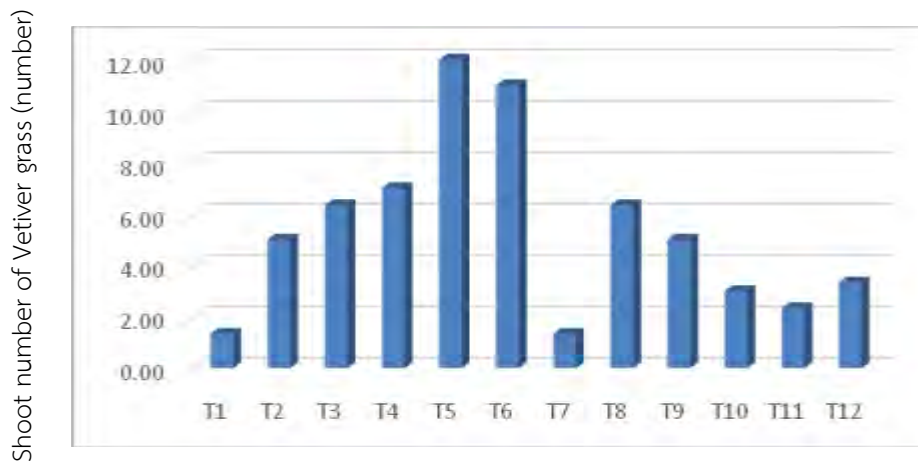


Figure 6: Average shoot number of Vetiver grass (number) in each treatment

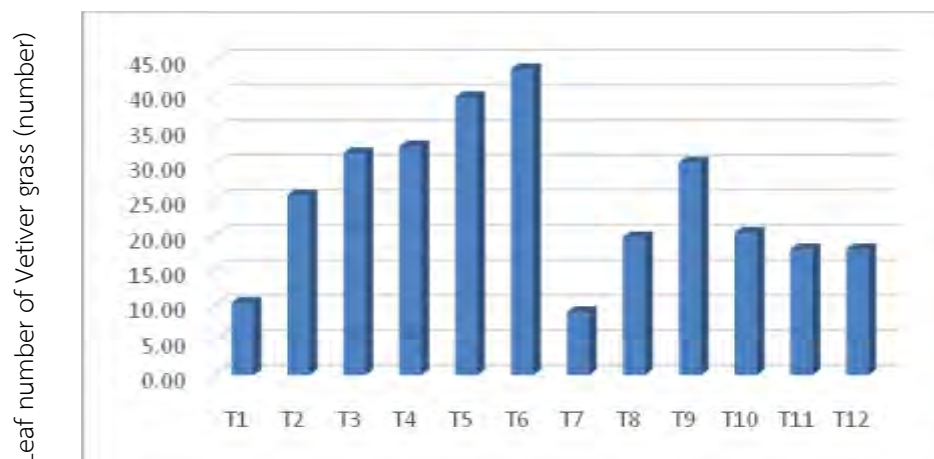


Figure 7: Average leaf number of Vetiver grass (number) in each treatment



สรุปผลการทดลอง

การใช้ออกซิน 0.5 มก./ล. ทำให้ความสูงของหน่อย้ำแผลกลุ่มและหน่อย้ำแผลตอนเพิ่มขึ้นสูงสุด แตกต่างกับการไม่ใส่ออกซินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การใช้ไซโตไคนิน 0.5 และ 1.0 มก./ล. ทำให้ความสูงของต้นหน่อย้ำแผลทั้ง 2 ชนิดลดลง แสดงถึงการยับยั้งการเจริญทางด้านความสูง แม้ว่าจะใช้ร่วมกับออกซินก็ตาม สำหรับจำนวนหน่อของหน่อย้ำแผลเมื่อใส่ไซโตไคนิน 0.5 และ 1.0 มก./ล. ช่วยกระตุ้นให้จำนวนหน่อเพิ่มขึ้นแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่ใส่ไซโตไคนิน นอกจากนั้นการใส่ออกซินร่วมกับไซโตไคนินมีผลทำให้จำนวนหน่อของหน่อย้ำแผลกลุ่มเพิ่มมากยิ่งขึ้น ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับการไม่ใส่ออกซินร่วมด้วย สำหรับการใช้ออกซิน 0.5 มก./ล. ทำให้ความสูงหน่อย้ำแผลตอนสูงสุดเช่นเดียวกับในหน่อย้ำแผลกลุ่ม และการใส่ไซโตไคนินมีผลทำให้จำนวนของหน่อย้ำแผลตอนเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน สำหรับการใส่ออกซินและไซโตไคนิน มีต่อจำนวนใบของต้นหน่อย้ำแผลทั้ง 2 ชนิดเป็นไปในทางเดียวกับจำนวนหน่อของหน่อย้ำแผล ผลการทดลองนี้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการขยายพันธุ์หน่อย้ำแผลหรือเร่งการเจริญเติบโตของหน่อย้ำแผลควรใช้ออกซินที่ระดับ 0.5 มก./ล. และเมื่อต้องการเก็บรักษาพันธุ์ในสภาพเนื้อเยื่อควรเร่งการเจริญในช่วงแรกทั้งการแตกหน่อและความสูง หลังจากนั้นควรใช้ไซโตไคนิน 0.5 และ 1.0 มก./ล. เพื่อไม่ให้มีการเจริญเติบโตมากเกินไปและสามารถเก็บรักษาพันธุ์ได้นานขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ผลการวิจัยมีความชัดเจนในการกำหนดชนิดและอัตราการใช้ฮอร์โมนในสูตรอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหน่อย้ำแผล สำหรับการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อหน่อย้ำแผลเพื่อการเก็บรักษาพันธุ์ และเพื่อการขยายพันธุ์ จึงควรนำไปใช้ในห้องปฏิบัติการทางด้านนี้ จะทำให้กิจกรรมดังกล่าวมีประสิทธิภาพและตรงตามวัตถุประสงค์ในการขยายพันธุ์ และการเก็บรักษาพันธุ์หน่อย้ำแผลมากยิ่งขึ้น

2. หน่อย้ำแผลแต่ละพันธุ์มีอัตราการเจริญเติบโตที่ต่างกันในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ จึงควรพิจารณาฮอร์โมนที่มีชนิดและอัตราการใช้ที่เหมาะสม สำหรับกลุ่มพันธุ์หน่อย้ำแผลที่มีการเจริญเติบโตและการแตกหน่อค่อนข้างช้า รวมถึงเพาะเลี้ยงได้ยาก

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน และบริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน). 2555. คู่มือการขยายพันธุ์และปลูกหน่อย้ำแผลเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ. พิมพ์ครั้งที่ 4. บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.
- ปอล เตรีอง, วีรชัย ณ นคร, ทราน ตาน วาน, และ เอลีส ฟินเนอร์. 2556. การใช้ประโยชน์หน่อย้ำแผล. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักงานคณะกรรมการพิเศษเพื่อประสานงานโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ, กรุงเทพฯ.
- พิทยากร ลิ้มทอง. 2551. หน่อย้ำแผล: การใช้ประโยชน์ในการอนุรักษ์ดินและน้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- พีรเดช ทองอำไพ. 2537. ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย. ไดนามิคการพิมพ์, กรุงเทพฯ.
- ลิลลี่ กาวีตะ, มาลี ณ นคร, ศรีสม สุวรรณวงศ์ และสุริยา ตันติวิวัฒน์. 2552. สรีรวิทยาของพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อภิชาติ ชิตบุรี, พงศ์ยุทธ นวลบุญเรือง, และพิทักษ์ พุทธวรชัย. 2551. การขยายพันธุ์แบบจุลภาคของหนอนตายหายากในสภาพปลอดเชื้อ. วารสารเกษตร, 24(1): 31-36.
- อาทิตย์ สุขเกษม, วิฑูร ชินพันธุ์ และเล็ก มอญเจริญ. 2537. เทคนิคการเพิ่มปริมาณต้นพันธุ์หน่อย้ำแผลโดยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.
- Mazid, M., T. A. Khan and F. Mohammad. 2011. Cytokinins, a classical multifaceted hormone in plant system. Journal of Stress Physiology and Biochemistry. 7 (4): 348-353.
- Murashige, T. and F. Skoog. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. Physiologia Plantarum . Plant. 15: 473-497.



- Ngomuo, M., E. Mneney and P. Ndakidemi. 2013. The effects of Auxins and Cytokinin on growth and development of (*Musa* sp.) var. “Yangambi” explants in tissue culture. *American Journal of Plant Sciences*. 4: 2174-2180.
- Rahman, A., A. Bannigan, W. Sulaman, P. Pechter, B. E. Blancaflor and I. T. Baskin. 2007. Auxin, actin and growth of the *Arabidopsis thaliana* primary root. *The Plant. Journal*. 50:514-528.
- Rixkita, R., E. Iriawati and O. Marisadora. 2013. Vetiver oil production from root culture of *Vetivaria zizanioides*. *International Scholarly and Scientific Research and Innovation*. 7(9): 863-866.
- Shobhana, A. and P.K. Rajeevan. 1993. In vitro multiple shoot production in *Dendrobium* as influenced by cytokinins. *Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants*. 1:1-5.



ผลของยิปซัมและโดโลไมท์ต่อผลผลิตของถั่วลิสงที่ปลูกในดินทุ่งหว้า

Effect of gypsum and dolomite on yield of peanuts, grown in thung wa soil

อมรรัตน์ ชุมทอง^{1*}

Amornrat Chumthong^{1*}

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลของการใช้ยิปซัมและโดโลไมท์ต่อผลผลิตของถั่วลิสง ที่ปลูกในชุดดินทุ่งหว้า ณ สถานีปฏิบัติการพืชไร่ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Complete Block Design ; RCBD) แบ่งการทดลองเป็น 4 ดำรับการทดลอง ๆ ละ 4 ซ้ำ โดยดำรับการทดลองที่ 1 ใส่ยิปซัมในอัตรา 100 กก./ไร่ ดำรับการทดลองที่ 2 ใส่โดโลไมท์ ในอัตรา 100 กก./ไร่ สิ่งทดลองที่ 3 ใส่ยิปซัม 50 กก./ไร่ และโดโลไมท์ 50 กก./ไร่ และสิ่งทดลองที่ 4 ชุดควบคุม (ไม่ใส่ยิปซัมและโดโลไมท์) พบว่าการใช้ยิปซัมร่วมกับโดโลไมท์ทำให้ถั่วลิสงมีจำนวนฝักต่อต้น จำนวนฝักดีต่อต้น และน้ำหนักฝักต่อไร่มากที่สุด (18.11 ฝัก 13.19 ฝัก และ 560.00 กก. ตามลำดับ) การใช้ยิปซัมเพียงอย่างเดียวทำให้ถั่วลิสงมีจำนวนเมล็ดต่อฝัก และน้ำหนักเมล็ดดีต่อต้นมากที่สุด คือ 1.83 เมล็ด และ 13.33 ก. ตามลำดับ และมีจำนวนฝักสืต่อต้นน้อยที่สุด คือ 2.15 ฝัก ส่วนชุดควบคุม พบว่า ถั่วลิสงมีจำนวนฝักดีต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก น้ำหนักเมล็ดดีต่อต้น และน้ำหนักฝักต่อไร่ น้อยที่สุด (7.98 ฝัก 1.70 เมล็ด 8.30 ก. และ 333.33 กก. ตามลำดับ)

คำสำคัญ: ยิปซัม, โดโลไมท์, ผลผลิต, ถั่วลิสง

Abstract

This study aims to compare the effect of gypsum and dolomite applications on yield of peanuts, grown on Thung Wa soil series at the Field Crops Practice Station, Faculty of Agricultural Technology, Songkhla Rajabhat University, Muang district, Songkhla province. The experimental design was Randomized Complete Block Design (RCBD) divided into four treatments with four replications. The treatments were 1) using of gypsum at the rate of 100 kg/rai, 2) using of dolomite at the rate of 100 kg/rai, 3) using of the rate of 50 kg gypsum/rai and 50 kg dolomite/rai and 4) control (no using of gypsum and dolomite). The results showed that using of gypsum with dolomite gave the highest number of pods per plant, number of full pods per plant and weight pods per rai (18.11 pods, 13.19 pods and 560.00 kg, respectively). Using only gypsum showed the most of number of seeds per pod and seed weight per plant (1.83 seeds and 13.33 g, respectively). In addition, only gypsum using showed the least of number of pop pods per plant (2.15 pods). While, control had the least of number of pods per plant, number of seeds per pod, weight seeds per plant and weight pods per rai (7.98 pods, 1.70 seeds, 8.30 g and, 333.33 kg, respectively).

Keywords: Gypsum, Dolomite, Yield, Peanuts

¹คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

Faculty of Agricultural Technology, Songkhla Rajabhat University, Amphoe Muang, Songkhla, 90000

* Corresponding author: amorn_3@yahoo.com โทร. 087-3907887

บทนำ

ถั่วลิสง (*Arachis hypogaea* L.) ถือได้ว่าเป็นพืชอีกชนิดหนึ่งที่สร้างรายได้ให้กับเกษตรกร ซึ่งถั่วลิสงมีประโยชน์มากมาย และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายรูปแบบ เช่น เมล็ดใช้บริโภคโดยตรงในรูปของถั่วต้ม ถั่วคั่ว ถั่วอบ ถั่วทอด หรือทำขนมต่างๆ และยังสามารถนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้ เช่น เนยถั่วลิสง หรือสกัดเป็นน้ำมันพืชสำหรับปรุงอาหาร นอกจากนี้ต้นถั่วลิสงที่ปลิดฝักแล้วยังสามารถนำไปเลี้ยงสัตว์หรือไถกลบเป็นปุ๋ยบำรุงดินได้ (สุภกัญญา, 2556) แต่ในปัจจุบันการปลูกถั่วลิสงของเกษตรกรโดยส่วนใหญ่จะต้องพบเจอกับปัญหามากมายไม่ว่าจะเป็นโรคและแมลงที่เข้าทำลายถั่วลิสง และที่สำคัญคือผลผลิตที่ได้ไม่มีคุณภาพตามที่เกษตรกรหรือผู้บริโภคต้องการก็คือ เมล็ดลีบและไม่เต็มฝัก ซึ่งสถานีปฏิบัติการพืชไร่ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ก็ประสบกับปัญหาดังกล่าว ทั้งนี้เนื่องจากพื้นที่แปลงเกษตรของสถานีปฏิบัติการพืชไร่เป็นดินทุ่งหญ้า มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย มีสีน้ำตาลปนเทา ดินเป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง (pH 5.5-6.0) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ (5.5-6.5 ก./กก.) มีไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียม (NH_4^+) อยู่ในระดับต่ำ (1-5 มก./กก.) ไนโตรเจนในรูปไนเตรท (NO_3^-) อยู่ในระดับต่ำมาก (1-10 มก./กก.) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลาง (4-6 มก./กก.) และมีปริมาณธาตุอาหารโพแทสเซียมอยู่ในระดับต่ำ (0-40 มก./กก.) (รุตดาและอุทุมพร, 2556) การนำยิปซัม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) และโดโลไมท์ ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) มาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินในการปลูกถั่วลิสงเป็นแนวทางหนึ่งที่น่าสนใจที่ช่วยปรับปรุงสภาพดินและบำรุงดินให้ดีขึ้น สามารถเพิ่มคุณภาพและผลผลิตของถั่วลิสงได้ เนื่องจากยิปซัมเป็นสารประกอบแร่ชนิดหนึ่งที่พบได้ในธรรมชาติและมีการนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตร ก็คือเป็นสารปรับปรุงสภาพดินกรดและดินเค็ม ลดภาวะแน่นทึบของดิน ทำให้ดินมีความร่วนซุย (दनัย, 2546; นุจรินทร์, 2554) ส่วนโดโลไมท์มีการนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตร ก็คือช่วยปรับปรุงบำรุงดินให้ร่วนซุย เนื่องจากโดโลไมท์เป็นแร่ที่มีลักษณะพรุนช่วยให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก ทำให้จุลินทรีย์ในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ ทำให้พืชผลมีคุณภาพที่ดี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) นอกจากนี้ทั้งแคลเซียมและกำมะถันจากยิปซัมและแคลเซียมกับแมกนีเซียมจากโดโลไมท์ ยังเป็นปุ๋ยที่ให้อาตุอาหารที่สำคัญของถั่วลิสง (Shamshuddin *et al.*, 2009) ซึ่งถั่วลิสงจะใช้ธาตุแคลเซียมเพื่อพัฒนาคุณภาพและความสมบูรณ์ของฝักและเมล็ด หรือทำให้ได้ถั่วที่มีเมล็ดเต็มและไม่ลีบ อีกทั้งยิปซัมและโดโลไมท์ยังเป็นสารปรับปรุงดิน ทำให้ดินมีสมบัติเหมาะสมกับการเพาะปลูกหรือการเกษตร พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดี เป็นการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตร และช่วยแก้ไขปัญหาคความเสื่อมโทรมของดิน สามารถบรรเทาปัญหาดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำได้ อีกทั้งจะทำให้เกิดความยั่งยืนต่อการพัฒนาการเกษตรของประเทศ

ดังนั้นการศึกษาผลของการใช้ยิปซัมและโดโลไมท์ต่อผลผลิตของถั่วลิสงนั้น จะเป็นแนวทางการปลูกถั่วลิสงที่ดีเพื่อช่วยเพิ่มคุณภาพและผลผลิตของถั่วลิสงให้ดีขึ้น ทั้งยังสามารถทำให้ดินร่วนซุยและเป็นการฟื้นฟูดินได้อีกทางหนึ่งด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการเตรียมดิน ณ สถานีปฏิบัติการพืชไร่ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา อำเภอเมืองจังหวัดสงขลา ซึ่งเป็นดินทุ่งหญ้า เนื้อดินร่วนปนทราย มีสภาพความเป็นกรดเป็นด่าง 5.5 โดยการไถดะ 1 ครั้ง พลิกหน้าดินตากดินทิ้งไว้ 7 วัน เพื่อให้เชื้อโรคและวัชพืชตาย แบ่งพื้นที่เป็น 4 แปลงใหญ่ๆ ละ 4 แปลงย่อย หลังจากนั้นยกร่องขนาดแปลงย่อยกว้าง 1 ม. ยาว 5 ม. ระยะห่างระหว่างแปลง 50 ซม. จำนวน 16 แปลงย่อย ทำการปลูกถั่วลิสงพันธุ์ไทนาน 9 ระหว่างเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2559 หยอดเมล็ดถั่วลิสงเป็นหลุมๆ ละ 2-3 เมล็ด ระยะห่างระหว่างหลุม 30 ซม. ระหว่างแถว 30 ซม. ลึกประมาณ 0.5-1.5 ซม. เว้นหัวแปลงข้างละ 50 ซม. ทำการถอนแยกให้เหลือหลุมละ 1 ต้น เมื่อต้นกล้ามีอายุได้ 7 วัน หลังออก โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ในบล็อก (Randomized Complete Block Design; RCBD) แบ่งการทดลองเป็น 4 ตำรับการทดลอง ๆ ละ 4 ซ้ำ ดังนี้ 1) ใส่ยิปซัมในอัตรา 100 กก./ไร่ 2) ใส่โดโลไมท์ในอัตรา 100 กก./ไร่ 3) ใส่ยิปซัม 50 กก./ไร่ และโดโลไมท์ 50 กก./ไร่ 4) ชุดควบคุม (ไม่ใส่ยิปซัมและโดโลไมท์) ทุกสิ่งทดลองใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กก./ไร่ เมื่อต้นกล้ามีอายุ 15 วัน หลังออก โดยจะใส่รอบๆ บริเวณโคนต้น ส่วนสิ่งทดลองที่ใส่ยิปซัมและโดโลไมท์ให้ใส่ในอัตราที่กำหนด เมื่อถั่วลิสงเริ่มออกดอกอายุ 15 วัน ในเดือนแรกให้น้ำทุก 7 วัน หลังจากนั้นให้น้ำทุก 10 วัน การกำจัดวัชพืชใช้วิธีแบบเขตรกรรมแบบต่างๆ เช่น การถอนด้วยมือ การใช้เครื่องมือ เป็นต้น ทำการเก็บข้อมูลผลผลิตถั่วลิสงที่อายุ 95 วันหลังปลูก โดยบันทึกข้อมูล จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อฝัก จำนวนฝักต่อต้น จำนวนฝักลีบต่อต้น และน้ำหนักเมล็ดต่อต้น นำข้อมูลไปวิเคราะห์ทางสถิติ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลและวิจารณ์

จากการศึกษาการเปรียบเทียบผลของการใช้ปุ๋ยซั่มและโดโลไมท์ต่อผลผลิตของถั่วลิสง โดยทำการทดลอง ณ สถานีปฏิบัติการพืชไร่ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา พบว่า จำนวนฝักต่อต้นของถั่วลิสงมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ โดยการใช้ปุ๋ยซั่มร่วมกับโดโลไมท์ทำให้ถั่วลิสงมีจำนวนฝักมากที่สุด (18.11 ฝัก) รองลงมาคือ การใช้ปุ๋ยซั่ม และชุดควบคุม (14.06 และ 12.28 ฝัก ตามลำดับ) ส่วนการใช้โดโลไมท์ทำให้ถั่วลิสงมีจำนวนฝักต่อต้นน้อยที่สุด คือ 10.64 ฝัก (Table 1) ในขณะที่ผลวิจัยการตอบสนองของถั่วลิสงต่อการปรับปรุงดินและปุ๋ยซั่มของกมล (2550) พบว่า จำนวนฝักต่อต้นของถั่วลิสงพันธุ์พานาน 9 ของสิ่งทดลองที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ คือ 17.90 ฝักต่อต้น และสิ่งทดลองที่ใส่ปุ๋ยซั่มและปุ๋ยอินทรีย์ คือ 17.50 ฝักต่อต้น ซึ่งสูงกว่าสิ่งทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ย คือ 17.00 ฝักต่อต้น

สำหรับจำนวนฝักต่อต้นของถั่วลิสง พบว่า การใช้ปุ๋ยซั่มร่วมกับโดโลไมท์ทำให้ถั่วลิสงมีจำนวนฝักมากที่สุด (13.19 ฝัก) รองลงมาคือ การใช้ปุ๋ยซั่ม และการใช้โดโลไมท์ (11.91 และ 8.45 ฝัก) ส่วนชุดควบคุมนั้นทำให้ถั่วลิสงมีจำนวนฝักน้อยที่สุด คือ 7.98 ฝัก (Table 1) และจากการทดลองพบว่า จำนวนฝักต่อต้นของถั่วลิสงมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ โดยการใช้ปุ๋ยซั่มร่วมกับโดโลไมท์ทำให้ถั่วลิสงมีจำนวนฝักมากที่สุด (4.92 ฝัก) รองลงมาคือ ชุดควบคุมและการใช้โดโลไมท์ (4.30 และ 2.19 ฝัก ตามลำดับ) ส่วนการใช้ปุ๋ยซั่มนั้นทำให้ถั่วลิสงมีจำนวนฝักน้อยที่สุด คือ 2.15 ฝัก (Table 1) ทั้งนี้เนื่องจากปุ๋ยซั่มเป็นแหล่งธาตุอาหารแคลเซียม (Ca) และกำมะถัน (S) ซึ่งจัดเป็นธาตุอาหารรองสำหรับพืช และมีความจำเป็นสำหรับถั่วลิสงในการสร้างฝักและเมล็ด (ดูลิต, 2544)

Table 1 Effect of gypsum and dolomite on number of pods, full pods and number of pop per plant of peanuts

Treatment	number of pods (pod/plant)	number of full pods (pod/plant)	number of pop pods (pod/plant)
Gypsum (100 kg/rai)	14.06 ab ^{1/}	11.91 ab	2.15 b
Dolomite (100 kg/rai)	10.64 b	8.45 b	2.19 b
Gypsum (50 kg/rai) + Dolomite (50 kg/rai)	18.11 a	13.19 a	4.92 a
Control	12.28 ab	7.98 b	4.30 a
F-test	*	*	*
C.V. (%)	23.55	7.51	13.21

^{1/} Means followed by the same letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test at $p \leq 0.05$

ส่วนจำนวนเมล็ดต่อฝักนั้นทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใช้ปุ๋ยซั่มมีแนวโน้มให้ถั่วลิสงมีจำนวนเมล็ดต่อฝักมากที่สุด 1.83 เมล็ด รองลงมาคือ การใช้ปุ๋ยซั่มร่วมกับโดโลไมท์ และการใช้โดโลไมท์เพียงอย่างเดียว (1.77 และ 1.76 เมล็ด) ส่วนชุดควบคุมนั้นให้ถั่วลิสงมีจำนวนเมล็ดน้อยคือ 1.70 เมล็ด (Table 2) ส่วนงานวิจัยของกมล (2550) พบว่า สิ่งทดลองที่ใส่ปุ๋ยซั่มและปุ๋ยอินทรีย์ ให้จำนวนเมล็ดต่อฝักสูงสุด คือ 1.9 เมล็ดต่อฝัก และสิ่งทดลองที่ไม่ใส่ปุ๋ย และไม่ใส่ปุ๋ยซั่ม มีจำนวนเมล็ดต่อฝักน้อยสุด คือ 1.70 เมล็ดต่อฝัก

สำหรับน้ำหนักเมล็ดต่อต้น พบว่า การใช้ปุ๋ยซั่มเพียงอย่างเดียวทำให้ถั่วลิสงมีน้ำหนักเมล็ดมากที่สุด (13.33 ก.) รองลงมาคือ การใช้ปุ๋ยซั่มร่วมกับโดโลไมท์ และการใช้โดโลไมท์เพียงอย่างเดียว (11.30 และ 9.45 ก. ตามลำดับ) ในส่วนของชุดควบคุม พบว่า ถั่วลิสงมีน้ำหนักเมล็ดน้อยสุด คือ 8.30 ก. (Table 2) และการเก็บข้อมูลในส่วนของน้ำหนักฝักต่อไร่ของถั่วลิสง พบว่า ทุกสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ $p \leq 0.05$ โดยการใช้ปุ๋ยซั่มร่วมกับโดโลไมท์ทำให้ถั่วลิสงมีน้ำหนักฝักมากที่สุด (560.00 กก.) รองลงมาคือ การใช้ปุ๋ยซั่มและโดโลไมท์ (471.11 และ 346.67 กก. ตามลำดับ) ส่วนชุดควบคุมพบว่า ทำให้ถั่วลิสงมีน้ำหนักฝักน้อยที่สุด คือ 333.33 กก./ไร่ (Table 2) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของวสิรัตน์ และคณะ (2557) ที่ศึกษาการเพิ่มผลผลิตถั่วลิสงพันธุ์ขอนแก่น 6 หลังเก็บเกี่ยวข้าวโดยการจัดการดินในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี พบว่า กรรมวิธีทดสอบโดยการปลูกถั่วลิสงที่คลุมเมล็ดพันธุ์ด้วยโรโซเปียม ใส่โดโลไมท์ และโรยปุ๋ยซั่ม อัตรา 50 กก./ไร่ ได้ผลผลิตฝักสด



413 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่ากรรมวิธีของเกษตรกรที่ได้ผลผลิตฝักสด 397 กก./ไร่ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Patra และ Sinha (2014) ที่ปลูกถั่วลิสงแบบเกษตรอินทรีย์ใส่โดโลไมท์ และโรยยิปซัม ให้น้ำหนักเมล็ดสดของถั่วลิสง คือ 141.29-245.87 กก./ไร่ สูงกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ คือ 57.28-73.82 กก./ไร่

Table 2 Effect of gypsum and dolomite on number of seeds, weight of seeds and weight of pods of peanuts

Treatment	number of seeds (seed/pod)	weight of seeds (g/plant)	weight of pods (kg/rai)
Gypsum (100 kg/rai)	1.83	13.33 a ^{1/}	471.11 ab
Dolomite (100 kg/rai)	1.76	9.45 b	346.67 b
Gypsum (50 kg/rai) + Dolomite (50 kg/rai)	1.77	11.30 ab	560.00 a
Control	1.70	8.30 b	333.33 b
F-test	ns	*	*
C.V. (%)	7.19	4.47	28.86

ns : not significant

^{1/} Means followed by the same letter are not significantly different by Duncan's Multiple Range Test at $p \leq 0.05$

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า การปลูกถั่วลิสงโดยการใส่ยิปซัม 50 กก./ไร่ ร่วมกับโดโลไมท์ 50 กก./ไร่ มีแนวโน้มทำให้ได้ผลผลิตของถั่วลิสงสูง เนื่องจากยิปซัมและโดโลไมท์เป็นแร่ที่สามารถเป็นสารที่ปรับสภาพดินกรดและดินเค็ม ลดภาวะแน่นทึบของดิน ทำให้ดินมีความร่วนซุยได้ นอกจากนี้ทั้งแคลเซียมและกำมะถันจากยิปซัมและโดโลไมท์ยังเป็นปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารที่สำคัญของถั่วลิสง ซึ่งถั่วลิสงจะใช้ธาตุแคลเซียมในการพัฒนาคุณภาพและความสมบูรณ์ของฝักและเมล็ด ทำให้เมล็ดเต็มและไม่ลีบ อีกทั้งยิปซัมและโดโลไมท์ยังมีประโยชน์ในการช่วยเพิ่มผลผลิตของถั่วลิสงและช่วยปรับปรุงดิน สามารถบรรเทาปัญหาพื้นที่ทำกินของเกษตรกรได้ (นุจรินทร์, 2554)

สรุป

จากการศึกษาผลของการใส่ยิปซัมและโดโลไมท์ต่อผลผลิตของถั่วลิสงในแปลงปลูกพบว่าการใช้ยิปซัมร่วมกับการใช้โดโลไมท์อย่างละ 50 กก./ไร่ มีผลทำให้ถั่วลิสงมีจำนวนฝักต่อต้น จำนวนเมล็ดต่อต้น และน้ำหนักฝักต่อไร่มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ดังนั้นการใช้ยิปซัมร่วมกับโดโลไมท์ในการปลูกถั่วลิสงเป็นอีกแนวทางที่น่าสนใจที่สามารถช่วยเพิ่มคุณภาพและผลผลิตของถั่วลิสงได้ อย่างไรก็ตามควรวิเคราะห์ดินหลังเก็บเกี่ยวเพื่อประโยชน์ในการปลูกพืชต่อเนื่องต่อไป

คำขอบคุณ

ขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ที่สนับสนุนวัสดุอุปกรณ์ และสถานที่ในการทำวิจัย และขอขอบคุณนายเฉลิมพงศ์ จองหวัง และนายทันพิสิทธิ์ เนียมรัตน์ ที่ช่วยในการจัดเตรียมวัสดุ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทดลอง ตลอดจนการบันทึกผลการทดลองในงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- กมล ทองคำ. 2550. การตอบสนองของถั่วลิสงต่อการปรับปรุงดินด้วยปุ๋ยอินทรีย์และยิปซัม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. คู่มือการพัฒนาที่ดิน สำหรับหมอดินอาสาและเกษตรกร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ดนัย วรรณวนิช. 2546. การลดความเป็นพิษของอลูมิเนียมในดินกรดโดยใช้ยิปซัมและอินทรีย์วัตถุ. น. 42-51. ใน การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 41 (สาขาพืช สาขาส่งเสริมและนิเทศศาสตร์เกษตร). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.



- ดุสิต จิตตุนนท. 2544. ฟอสฟอริบซัมเพื่อการเกษตร. (เอกสาร). ฝ่ายวิชาการเกษตร, บริษัทปุ๋ยแห่งชาติ จำกัด (มหาชน). กรุงเทพฯ
- นุจรินทร์ ศิริวาลัย. 2554. การปรับปรุงคุณภาพดินโดยใช้ปุ๋ยซัมเพื่อความยั่งยืนทางการเกษตร. ว. วิชาการและวิจัย มทร. พระนครเหนือ. 5 (1): 118-126.
- รุสตา มะลาเฮง และอุทุมพร ยอมเต็ม. 2556. การจัดการดินกรดแบบบูรณาการเพื่อปลูกข้าวโพดหวาน. ปัญหาพิเศษปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา.
- วลีรัตน์ วรกาญจนบุญ, บุญชู สายธนู, เพียว พรหมพันธุ์ใจ, ประดับศรี เงินมัน และกิตติทัต แสนปลื้ม. 2557. การเพิ่มผลผลิตถั่วลิสงหลังเก็บเกี่ยวข้าวโดยการจัดการดินในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานี. ว. แก่นเกษตร 42 (2): 354-358.
- สุภกัญญา กาญจนะคุหะ. 2556. ถั่วลิสง. ว. เศรษฐกิจ การเกษตร. 59 (681): 27.
- Patra, P.S. and A.C. Sinha. 2014. Growth, Net Photosynthesis and Seed Yield of Groundnut (*Arachis hypogaeae* L.) as Influenced by Organic Sources of Nutrient. Legume Res., 37 (5): 520-526.
- Shamshuddin, J., I., Che Fauziah, and L.C., Bell. 2009. Effect of Dolomitic Limestone and Gypsum Applications on Soil Solution Properties and Yield of Corn and Groundnut Grown on Ultisols. MJSS. 13: 1-12.

สัดส่วนกำไรต่อต้นทุนเพิ่มจากปริมาณการใช้ FGD ยิปซัมในอ้อยและถั่วลิสง

Benefit ration on using FGD gypsum in sugar cane and peanut

ปฐิปาน สุทธิกุลบุตร^{1*}, สมชาย องค์ประเสริฐ¹, จิราภรณ์ อินทสาร¹, จักรพงษ์ ไชยวงศ์¹
และวันวิสาข์ จันทิกา¹Pathipan Sutigoolabud^{1*}, Somchai Ongprasert¹, Jiraporn Intasan¹, Chakapong chaiwong¹
and Wanwisa Jantika¹

บทคัดย่อ

ในการทดลองใช้ FGD ยิปซัม จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะเป็นสารปรับปรุงดินเป็นเวลา 3 ปีพบว่าสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตอ้อยถั่วลิสงที่ปลูกในดินที่เป็นกรดจัด ขาด Ca S และ B อย่างไรก็ดีตามสัดส่วนระหว่างกำไรกับต้นทุนเพิ่ม (Benefit/Cost Ratio) จากการใช้ FGD ยิปซัมน่าจะเป็นปัจจัยสำคัญที่เกษตรกรพิจารณาว่าจะยอมรับ FGD ยิปซัมหรือไม่ การวิจัยนี้จึงได้วิเคราะห์สัดส่วนกำไรและต้นทุนเพิ่มจากการใช้ FGD ยิปซัม พบว่าถั่วลิสง ทั้งที่ปลูกในฤดูฝนในที่ดอนและปลูกในฤดูแล้งในที่นา ทั้งเมื่ออยู่ใกล้ (เช่น ในภาคเหนือตอนบน) และไกล (เช่น ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ (ซึ่งมีผลต่อค่าขนส่ง) เป็นพืชที่เมื่อใช้ FGD ยิปซัมโดยใช้ FGD ยิปซัมอัตราต่ำ ปีละ 50 กก./ไร่ ให้ B/C Ratio สูงที่สุด และสูงกว่าการใช้โดโลไมต์ที่ใช้เป็นมาตรฐานอยู่ในปัจจุบันมาก ยกเว้นเมื่อปลูกถั่วลิสงในดินร่วนทรายในที่ดินดอนการใช้ FGD ยิปซัมอัตราต่ำ ได้ผลไม่คุ้มความเสี่ยง จึงต้องใช้อัตราสูงคือปีละ 100 กก./ไร่ สำหรับอ้อยเมื่อพิจารณาจาก B/C Ratio พบว่าการใช้ FGD ยิปซัมกับอ้อยในดินร่วนทราย (อัตรา 1 ตัน/ไร่ ใส่ครั้งเดียวในการปลูก 3 ปี) เป็นสิ่งที่น่าลงทุน ไม่ว่าจะอยู่ใกล้หรือไกลจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ส่วนในดินร่วนเหนียว (อัตรา 2 ตัน/ไร่ ใส่ครั้งเดียวในการปลูก 3 ปี) เป็นสิ่งที่น่าลงทุนเฉพาะเมื่ออยู่ใกล้โรงไฟฟ้าแม่เมาะเท่านั้น

คำสำคัญ: อ้อย, ถั่วลิสง, FGD ยิปซัม, โดโลไมต์, B/C ratio

Abstract

Results of the trial on using of FGD gypsum from Mae Mho Power plant as soil amendment for 3 years revealed that yields of sugar cane and ground nut, grown on acid soils with the deficiency of Ca, S and B positively responded to the gypsum. However, the decision of farmers on the adoption of FGD gypsum probably mainly depends on benefit/cost Ratio of additional input. Therefore, analysis of B/C of the application was done. B/C ratios of using FGD gypsum, 313 -625 kg/ha once a year, on ground nut were relatively high in all cases, rainy season or dry season crop, in the areas near or far from the power plant which affects transportation cost. For sugar cane B/C ratio of using the gypsum in sandy loam soil (6.25 t/ha, once in there year cropping) were worthwhile in both distances from the power plant— in the Upper North or in the Northeast. The application of gypsum for sugar cane on clay loam soil (12.5 t/ha, once in there year cropping) was worthwhile only in the area near the plant, e.g. in the upper North.

Keywords: sugar cane, ground nut, FGD gypsum, Dolomite, B/C ratio

¹สาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

Soil Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

* corresponding author: p12033@gmail.com

คำนำ

ผลการทดลองใช้ FGD ยิปซัมจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะกับอ้อยในดินที่ปลูกอ้อยต่อเนื่องกันมานาน เป็นกรดจัด ขาด Ca และ S เป็นเวลา 3 ปี พบว่ายิปซัมนี้นี้ช่วยเพิ่มผลผลิตอ้อยได้อย่างชัดเจน โดยเฉพาะในดินร่วนทราย (จิราภรณ์ และคณะ 2559) ขณะเดียวกันผลการทดลองกับถั่วลิสงในดินที่เป็นกรดปานกลางถึงเป็นกรดจัด ขาด S และ B ในระยะเวลาเดียวกัน พบว่า FGD ยิปซัมช่วยเพิ่มผลผลิตถั่วลิสงที่ปลูกในที่นาในฤดูแล้งอย่างชัดเจน และมีแนวโน้มช่วยให้ผลผลิตถั่วลิสงที่ปลูกในที่ดอน อาศิยน้าฝนเพิ่มเล็กน้อย สัดส่วนระหว่างกำไรกับต้นทุนเพิ่ม (Benefit/Cost Ratio) จากการใช้ FGD ยิปซัมน่าจะเป็นปัจจัยสำคัญที่เกษตรกรพิจารณาว่าจะยอมรับ FGD ยิปซัมหรือไม่ การวิจัยนี้จึงได้วิเคราะห์สัดส่วนกำไรและต้นทุนเพิ่มจากการใช้ FGD ยิปซัม

วิธีการคำนวณ Benefit/Cost Ratio

รายได้เพิ่มคำนวณจากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ FGD ยิปซัมกับราคาผลผลิตที่เกษตรกรขายได้ ณ ที่ไร่นา ต้นทุนเพิ่มคำนวณจากราคาของ FGD ยิปซัมรวมค่าขนส่งถึงไร่นากับอัตราใช้ กฟผ. ขาย FGD ยิปซัม (ความชื้นประมาณ 15 %) แบบเทกองที่โรงไฟฟ้าแม่เมาะ ต้นละ 20 บาท. ค่าขนส่งของกลุ่มผู้รับส่งสินค้าในภาคเหนือตอนบน เมื่อปี พ.ศ. 2558 คือ 2.5 บาท/ตัน/ระยะทาง 1 กิโลเมตร เมื่อคำนวณตามข้อมูลนี้ จะได้ค่าขนส่งสำหรับระยะทาง 300 กม. เท่ากับ 0.75 บาท/กก. ของยิปซัม. ในที่นี้จึงกำหนดต้นทุนเพิ่มจากการใช้ยิปซัมนั้นในพื้นที่ภาคเหนือตอนบน (ระยะทางไม่เกิน 300 กม.) ไว้ที่ 1.0 บาท/กิโลกรัมยิปซัมแห้ง และในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ระยะทาง 400 - 600 กม.) ไว้ที่ 1.5 บาท/กิโลกรัม ยิปซัมแห้ง. การใส่ FGD ยิปซัมและ/หรือโดโลไมต์ที่ทำให้ผลผลิตพืชทั้ง 2 ชนิดเพิ่มขึ้นนั้น ไม่ทำให้ค่าแรงงานในการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น เนื่องจากค่าแรงเก็บเกี่ยวพืช 2 ชนิดนี้ใช้วิธีการจ้างเหมาเป็นไร่

B/C ratio ของอ้อยคำนวณจากรายได้เพิ่มสะสมจากการปลูกพืชต่อเนื่อง 3 ปี โดยใส่ FGD ยิปซัมและ/หรือโดโลไมต์ครั้งเดียวในปีแรก ส่วน B/C ratio ของถั่วลิสงคำนวณจากรายได้เพิ่มสะสมจากการปลูกพืชต่อเนื่อง 3 ปี โดยใส่ FGD ยิปซัมและ/หรือโดโลไมต์ทุกปีๆ ปีละครั้ง

ผลการคำนวณ Benefit/Cost Ratio

ตารางที่ 1 ถึง 6 แสดง Benefit/Cost Ratio ของการใช้ FGD ยิปซัมและ/หรือโดโลไมต์ในการปลูกพืชแต่ละชนิดในแต่ละเนื้อดิน. ในที่นี้เลือกกำหนด B/C Ratio ตั้งแต่ 3.0 ขึ้นไปจึงจะเป็นกิจกรรมที่นำลงทุนสำหรับการเกษตรที่มีความเสี่ยงสูง โดยเฉพาะการเกษตรอศิยน้าฝน. B/C Ratio มากกว่า 1.0 ขึ้นไปจึงจะเป็นกิจกรรมที่นำลงทุนสำหรับการเกษตรที่มีความเสี่ยงสูง โดยเฉพาะการเกษตรอศิยน้าฝน (สไลด์การสอน อติสร อิศรางกูร ณ อยุธยา คณะพัฒนาการเศรษฐกิจ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์)

อ้อย

สำหรับอ้อย พบว่าในดินร่วนทรายที่มีปัญหา การใช้ FGD ยิปซัมแบบใส่เดี่ยวหรือใส่ผสมกับโดโลไมต์เป็นกิจกรรมที่นำลงทุน แม้ว่าอ้อยอยู่ไกลจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ โดยการใช้อ้อยแบบใส่เดี่ยวอัตราต่ำ (500 กก./ไร่/3 ปี) มี B/C Ratio สูงที่สุดถึง 13.9 และ 9.3 สำหรับเมื่ออยู่ใกล้และไกลจากแม่เมาะ ตามลำดับ. ในดินร่วนเหนียวการใช้อ้อยมี B/C Ratio ในระดับนำลงทุนเฉพาะเมื่อใช้อ้อยอัตราต่ำ (1,000 กก./ไร่/3 ปี) เมื่ออยู่ใกล้โรงไฟฟ้าแม่เมาะเท่านั้น. การใช้โดโลไมต์กับอ้อยทั้งในทั้งสองเนื้อดินเป็นกิจกรรมที่ไม่นำลงทุน คือมี B/C Ratio ระหว่าง 1.3 - 1.5 เท่านั้น (Table 1 และ 2)

เมื่อพิจารณาเฉพาะรายได้เพิ่มที่ได้จากการใช้อ้อยและ/หรือโดโลไมต์ พบว่าในดินร่วนทรายการใช้อ้อยอัตราต่ำผสมกับโดโลไมต์ทำให้มีรายได้เพิ่มสูงที่สุด ตามด้วยการใช้อ้อยอัตราสูง. ในกรณีเช่นนี้ เกษตรกรอาจพิจารณาใช้ FGD ยิปซัมอัตราต่ำผสมกับโดโลไมต์ แทนที่จะใช้ FGD ยิปซัมอย่างเดียวอัตราต่ำที่มี B/C Ratio สูงที่สุด

Table 1 Benefit cost Ratio (B/C Ratio) of FGD gypsum and dolomite use on sandy loam in sugar cane production

Treatment	Yields, ton rai ⁻¹			Additional revenue, Baht rai ⁻¹ 3 years	Cost increase, baht rai ⁻¹		B/C Ratio	
	2556	2557	2558		near*	far**	near	far
Control	8.3	9.9	7.1					
FGD Low rate	9.5	14.4	9.2	6,954	500	750	13.9	9.3
FGD high rate	10	14	10.8	8,233	1,000	1,500	8.2	5.5
Dolomite	8.9	12.4	8.5	3,990	2,713	2,713	1.5	1.5
FGD Low + Dol.	10.4	15.2	11.2	10,029	1,856	2,106	5.4	4.8
Cane price, baht ton ⁻¹	830	960	780					

*near (transport less than 500 km)

**far (transport over than 500 km)

Table 2 Benefit cost Ratio (B/C Ratio) of FGD gypsum and dolomite use on clay loam in sugar cane production

Treatment	Yields ton rai ⁻¹			Additional revenue baht rai ⁻¹ 3 years	Cost increase baht rai ⁻¹		B/C Ratio	
	2556	2557	2558		near	far	near	far
Control	9.4	10.1	7.9					
FGD low rate	10.8	11.5	10.2	4,300	1,000	1,500	4.3	2.9
FGD high rate	10.4	10.9	10.6	3,704	2,000	3,000	1.9	1.2
Dolomite	9.7	11.3	8.7	2,025	1,588	1,588	1.3	1.3
FGD low + Dol.	9.5	9.5	7.7	649	1,794	2,294	-0.4	-0.3
Cane price, baht ton ⁻¹	830	960	780					

ถั่วลิสงฤดูฝนในที่ดอน

ข้อมูลใน Table 3 และ 4 แสดงให้เห็นว่าการใช้ FGD ยิปซัมและ/หรือโดโลไมต์ในการปลูกถั่วลิสงฤดูฝนในที่ดอน พบว่าทุกการทดลอง ยกเว้นการใช้ยิปซัมอัตราต่ำในดินร่วนทราย เป็นกิจกรรมที่นำลงทุน โดยการใช้อยิปซัมอัตราต่ำ (50 กก./ไร่/ปี) ในดินร่วนเหนียวให้ B/C Ratio สูงที่สุด ระหว่าง 8.9 – 13.4. ส่วนในดินร่วนทราย การใช้ยิปซัมอัตราสูง การใช้โดโลไมต์ และการใช้อยิปซัมอัตราต่ำผสมกับโดโลไมต์ต่างให้ B/C Ratio ใกล้เคียงกันระหว่าง 5.5 – 7.4

Table 3 Benefit cost Ratio (B/C Ratio) of FGD gypsum and dolomite use on upland (sandy loam) in peanut production

Treatment	Yields ton rai ⁻¹			Additional revenue baht rai ⁻¹ 3 years	Cost increase baht rai ⁻¹		B/C Ratio	
	2556	2557	2558		near	far	near	far
Control	290	267	72					
FGD low rate	296	270	77	342	150	225	2.3	1.5
FGD high rate	335	308	82	2,285	300	450	7.6	5.1
Dolomite	338	310	92	2,671	375	375	7.1	7.1
FGD low + Dol.	330	319	72	2,180	338	413	6.5	5.3
price, baht kg ⁻¹	22	25	27					

Table 4 Benefit cost Ratio (B/C Ratio) of FGD gypsum and dolomite use on upland (clay loam) in peanut production

Treatment	Yields ton rai ⁻¹			Additional revenue baht rai ⁻¹ 3 years	Cost increase baht rai ⁻¹		B/C Ratio	
	2556	2557	2558		near	far	near	far
Control	310	299	77					
FGD low rate	353	307	109	2,789	150	225	13.4	8.9
FGD high rate	358	337	106	2,079	375	375	7.4	7.4
Dolomite	351	334	89	2,529	375	375	5.5	5.5
FGD low + Dol.	351	336	103	2,010	338	413	7.5	6.1
price, baht kg ⁻¹	22	25	27					

ถั่วลิสงฤดูแล้งในนาข้าว

ข้อมูลใน table 5 และ 6 แสดงให้เห็นว่าการใช้ FGD ยิปซัมและ/หรือโดโลไมต์ทุกตำรับการทดลองในการปลูกถั่วลิสงฤดูแล้งในนาข้าวทั้งดินร่วนปนทรายแฉะและดินร่วนเหนียวปนทรายแฉะ ทั้งอยู่ใกล้และอยู่ไกลโรงไฟฟ้าแม่เมาะเป็นกิจกรรมที่น่าลงทุน โดยการใช้ FGD ยิปซัมอัตราต่ำ (50 กก./ไร่/ปี) ให้ B/C Ratio สูงที่สุด ระหว่าง 21.7 – 32.6 ในดินร่วนปนทรายแฉะ และระหว่าง 17.4 – 26.1 ในดินร่วนเหนียวปนทรายแฉะ

เมื่อพิจารณาเฉพาะรายได้เพิ่มที่ได้จากการใช้ FGD ยิปซัมและ/หรือโดโลไมต์ พบว่าในดินร่วนปนทรายแฉะ และดินร่วนเหนียวปนทรายแฉะ การใช้ FGD ยิปซัมอัตราต่ำทำให้มีรายได้สูงเพิ่มที่สุด เช่นเดียวกับ มี B/C Ratio สูงที่สุด

Table 5 Benefit cost Ratio (B/C Ratio) of FGD gypsum and dolomite use on paddy land (silt loam) in peanut production

Treatment	Yields ton rai ⁻¹		Additional revenue baht rai ⁻¹ 2 years	Cost increase baht rai ⁻¹		B/C Ratio	
	2556/57	2557/58		near	far	near	far
Control	447	192					
FGD low rate	555	223	3,259	100	150	32.6	21.7
FGD high rate	532	209	2,380	200	300	11.9	7.9
Dolomite	467	226	1,310	250	250	5.2	5.2
FGD low + Dol.	490	178	639	225	275	2.8	2.3
price, baht kg ⁻¹	23	25					

Table 6 Benefit cost Ratio (B/C Ratio) of FGD gypsum and dolomite use on paddy land (silt clay loam) in peanut production

Treatment	Yields ton rai ⁻¹		Additional revenue baht rai ⁻¹ 2 years	Cost increase baht rai ⁻¹		B/C Ratio	
	2556/57	2557/58		near	far	near	far
Control	471	403					
FGD low rate	539	445	2,614	100	150	26.1	17.4
FGD high rate	514	441	1,939	200	300	9.7	6.5
Dolomite	511	441	1,870	250	250	7.5	7.5
FGD low + Dol.	548	442	2,746	225	275	12.2	10.0
price, baht kg ⁻¹	23	25					

สรุป

เมื่อพิจารณาจากสัดส่วนรายได้ต่อต้นทุนเพิ่มจากการใช้ FGD ยิปซัมและ/หรือโดโลไมต์ทั้งเมื่ออยู่ใกล้และไกลจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ (Table 7 และ 8) พบว่าถั่วลิสง ทั้งที่ปลูกในฤดูฝนในที่ดอนและปลูกในฤดูแล้งในที่นา เป็นพืชที่เมื่อลงทุนใช้ FGD ยิปซัมและ/หรือโดโลไมต์แล้วให้ผลได้คุ้มกับความเสี่ยงที่สุด โดยใช้ FGD ยิปซัมอัตราต่ำ ปิละ 50 กก./ไร่ให้ B/C Ratio สูงที่สุด และสูงกว่าการใช้โดโลไมต์ที่ใช้เป็นมาตรฐานอยู่ในปัจจุบันมาก ยกเว้นเมื่อปลูกถั่วลิสงในดินร่วนทรายในที่ดอนการใช้ FGD ยิปซัมอัตราต่ำ ได้ผลไม่คุ้มความเสี่ยง ต้องใช้อัตราสูงคือปิละ 100 กก./ไร่ เมื่อพิจารณาเฉพาะรายได้เพิ่มเติมจากการใช้ FGD ยิปซัม พบว่าการใช้ FGD ยิปซัมอัตราต่ำทำให้มีรายได้สูงที่สุด เช่นเดียวกับ มี B/C Ratio สูงที่สุด ยกเว้นการปลูกถั่วลิสงฤดูฝนในที่ดอนในดินร่วนทราย การใช้ FGD ยิปซัมอัตราสูงทำให้มีรายได้ใกล้เคียงกับการใช้โดโลไมต์อย่างเดียวหรือใช้ผสมกับ FGD ยิปซัม แต่มี B/C Ratio สูงที่สุด

สำหรับอ้อย พบว่าการใช้ FGD ยิปซัมกับอ้อยในดินร่วนทรายเป็นสิ่งที่น่าลงทุน ไม่ว่าจะอยู่ใกล้หรือไกลจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ส่วนในดินร่วนเหนียวเป็นสิ่งที่น่าลงทุน เฉพาะเมื่ออยู่ใกล้โรงไฟฟ้าแม่เมาะเท่านั้น หากพิจารณาเฉพาะรายได้เพิ่มเติมจากการใช้ FGD ยิปซัม อ้อยเป็นพืชที่การใช้ FGD ยิปซัมทำให้มีรายได้เพิ่มสูงที่สุด โดยในดินร่วนทรายการใช้ FGD ยิปซัมอัตราต่ำผสมกับโดโลไมต์ และใช้ FGD ยิปซัมอัตราสูง มีรายได้สูงกว่าการใช้ FGD ยิปซัมอัตราต่ำ แต่มี B/C Ratio ต่ำกว่า

Table 7 Benefit cost Ratio (B/C Ratio) of FGD gypsum and dolomite use in 2 plants in the northern Thailand

Treatment	Sugar cane		Peanut in upland)		Peanut in paddy	
	SL	CL	SL	CL	SiL	SiCL
FGD low	13.9	4.3	2.3	13.4	26.1	32.6
FGD high	8.2	1.9	7.6	7.4	9.7	11.9
Dolomite	1.5	1.3	7.1	5.5	7.5	5.2
FGD low+Dol.	5.4	-0.4	6.5	7.5	12.2	2.8

Table 8 Benefit cost Ratio (B/C Ratio) of FGD gypsum and dolomite use in 2 plants in the northeast Thailand

Treatment	Sugar cane		Peanut in upland)		Peanut in paddy	
	SL	CL	SL	SL	CL	SiCL
FGD low	9.3	2.9	1.5	8.9	17.4	21.7
FGD high	5.5	1.2	5.1	7.4	6.5	7.9
Dolomite	1.5	1.3	7.1	5.5	7.5	5.2
FGD low+Dol.	4.8	-0.3	5.3	6.1	10.0	2.3

การศึกษาวิจัย การใช้ FGD ยิปซัมในการเกษตร ได้รับการสนับสนุนจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ที่ได้ดำเนินงานวิจัยโดยได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากหลายฝ่ายของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง พร้อมด้วยหน่วยงานราชการทุกส่วน หน่วยงานเกษตรอำเภอเมือง และอำเภอเสริมงาม จังหวัดลำปาง และเกษตรกรทุกคนที่อนุเคราะห์พื้นที่ทดลองตลอดเวลา 3 ปี คณะผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณ เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

จิรภรณ์ อินทสาร, สมชาย องค์ประเสริฐ, ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร และจักรพงษ์ ไชยวงศ์. 2559. รายงานฉบับสมบูรณ์ การวิจัย การใช้ FGD ยิปซัมในการเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 476 หน้า.
 ประสิทธิ์ ตงยั้งศิริ. 2545. การวางแผนและการวิเคราะห์โครงการ. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
 อติสร อิศรางกูร ณ อยุธยา. มปป. เอกสารประกอบการสอน คณะพัฒนาการเศรษฐกิจ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

ผลของการใช้ปุ๋ยหมักจากวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ทางการเกษตรต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของผักกาดเขียววางตุ้ง

Effect of compost from organic agricultural wastes for the growth and yield of chinese cabbage (*Brassica chinesis Just*)

บัญชา รัตน์ทุ^{1*} และศิริณี วงศ์กระจำ²

Bancha Ratneetoo^{1*} and Siranee Wongkrachang²

บทคัดย่อ

การศึกษาการใช้ปุ๋ยหมักจากวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ทางการเกษตรต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดเขียววางตุ้ง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ ประกอบด้วย 5 สิ่งทดลอง ๆ ละ 4 ซ้ำ คือ 1) ไม่ใส่ปุ๋ย 2) ใส่ปุ๋ยเคมี 3) ใส่ปุ๋ยหมักทะลายปาล์ม 4) ใส่ปุ๋ยหมักกากอ้อย และ 5) ใส่ปุ๋ยหมักก้อนเห็ดเก่า โดยทำการทดลองภาคสนามที่แปลงทดลองภาควิชาพืชศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครราชสีมา มหาวิทยาลัยนครราชสีมาราชชนกนครินทร์ ผลการทดลองพบว่า การใช้ปุ๋ยหมักจากวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ทางการเกษตร ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดเขียววางตุ้งเทียบเท่าการใช้ปุ๋ยเคมีและดีกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย และเมื่อสิ้นสุดการทดลองพบว่า การใช้ปุ๋ยหมักจากวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ทางการเกษตรมีผลทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณธาตุไนโตรเจนทั้งหมด ธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ในดินเพิ่มสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย

คำสำคัญ: วัสดุอินทรีย์ ปุ๋ยหมัก ผักกาดเขียววางตุ้ง การเจริญเติบโต ผลผลิต

Abstract

This study is related to using of compost from organic agricultural wastes on the growth and yield of Chinese cabbage (*Brassica chinensis Just*). The experiment was set as randomized complete block design, including 5 treatments with 4 replications 1) non fertilizer, 2) Chemical fertilizer, 3) palm bunch compost 4) bagasse compost and 5) spent mushroom compost. The experiment was conducted at plant science department, Narathiwat Agriculture College and Technology, Princess of Naradhiwas University. The results indicated that the compost from organic agricultural wastes could produce the growth and yield of Chinese cabbage as much as chemical fertilizer treatment and it higher than non-fertilizer treatment. The final harvest experiment found that the compost from organic agricultural wastes application increase soil pH, soil organic matter, total nitrogen, available phosphorus, and potassium than non fertilizer application.

Keywords : organic agricultural wastes, compost, Chinese cabbage, growth, yield

บทนำ

ในปัจจุบันวัสดุอินทรีย์เหลือใช้จากการเกษตรและจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ในประเทศไทยกำลังมีแนวโน้มเพิ่มปริมาณขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากการขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรมมากขึ้น และมีการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรจึงทำให้เหลือเศษซากต่อของพืชเป็นจำนวนมาก ดังนั้น จึงเกิดปัญหาเกี่ยวกับการกำจัดวัสดุอินทรีย์เหลือใช้เหล่านี้ แนวทางหนึ่งที่จะแก้ไขได้ คือการนำอินทรีย์วัสดุเหลือใช้เหล่านี้มาปรับปรุงดินแปลงเพื่อให้สามารถนำมาใช้เป็นปุ๋ยหรือวัสดุบำรุงดิน การนำวัสดุอินทรีย์เหลือใช้เหล่านี้มาใช้ประโยชน์ หรือกำจัดให้หมดไปอย่างถูกวิธี จะไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อม การศึกษาวิธีการนำวัสดุอินทรีย์เหลือใช้เหล่านี้ มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านการเกษตร จึงเป็นหนทางหนึ่งที่เกิดประโยชน์

¹ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครราชสีมา มหาวิทยาลัยนครราชสีมาราชชนกนครินทร์

² คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครราชสีมาราชชนกนครินทร์

* corresponding author: Banchatoo@hotmail.com

ในทางการเกษตรและก่อให้เกิดประโยชน์ต่อส่วนรวมได้เป็นอย่างดี เนื่องจากวัสดุอินทรีย์เหลือใช้หลายชนิดมีคุณสมบัติและองค์ประกอบที่น่าจะมีความเหมาะสมที่จะส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชทั้งในด้านการปลดธาตุอาหาร และการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน

วัสดุอินทรีย์ (ธงชัย, 2546) หมายถึง สารประกอบจำพวกสารอินทรีย์จากเศษซากเหลือจากพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ มีทั้งอยู่ในรูปที่เป็นของแข็งและของเหลว วัสดุอินทรีย์ที่ใช้ในการปรับปรุงดินนั้น สามารถปรับปรุงดินในทุกๆ ด้านกล่าว คือ ปรับปรุงทั้งด้านเคมี กายภาพ และชีวภาพของดิน เมื่อวัสดุอินทรีย์สลายตัวโดยเอนไซม์เอนโทรป ในดิน ก็จะได้สารต่างๆ มากมาย มีทั้งสารอินทรีย์ และสารอนินทรีย์ ซึ่งสารต่างๆ ที่เกิดขึ้นนี้ส่วนใหญ่แล้วมีประโยชน์ ในการปรับปรุงสภาพต่างๆ ของดิน ซึ่งเป็นการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์ต่อไป

ปุ๋ยหมัก (ธงชัย และอรรรณศิริ, 2541) หมายถึง ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่ได้จากการนำเศษวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ต่างๆ มาหมักรวมกันแล้วปรับสภาพให้เกิดกระบวนการย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์จนกระทั่งได้วัสดุที่คงตัวและคงทนต่อการย่อยสลาย เป็นเนื้อเดียวกันมีสีน้ำตาลปนดำ และไม่มีกลิ่น ปุ๋ยหมักมีประโยชน์อย่างมากในการปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น โดยจะส่งเสริมการเกิดเม็ดดิน ทำให้ช่องว่างในดินมีความพรุนเพิ่มขึ้น ทำให้การระบายน้ำ และอากาศดีขึ้น ช่วยให้ระบบรากพืชสามารถแพร่กระจายตัวในดินได้อย่างกว้างขวาง เพิ่มขีดความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดี ทำให้ดินชุ่มชื้น นอกจากนี้ยังมีผลต่อการเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุ และธาตุอาหารให้แก่ดิน และจากการสำรวจของกรมพัฒนาที่ดิน (2551) เมื่อพิจารณาถึงปริมาณอินทรีย์วัตถุพบว่าพื้นที่ที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำกว่า 2 % มีเป็นจำนวนสูงถึง 191 ล้านไร่ ประมาณ 60 % ของพื้นที่ทั้งประเทศ และดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำกว่า 1.5% มีปริมาณ 98.7 ล้านไร่ จึงเห็นได้ว่าการเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุให้กับดินมีความจำเป็นอย่างยิ่ง การใส่ปุ๋ยหมักในดินเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินได้ (บุญชา และศิริณี, 2556) การใช้วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรที่มีอยู่ทั่วไปในไร่นา ซึ่งส่วนใหญ่วัสดุเหลือใช้เหล่านี้ เกษตรกรไม่นำมาใช้ประโยชน์มากนัก บางครั้งนำออกจากไร่นา หรือกำจัดโดยการเผาทิ้ง ซึ่งเท่ากับเป็นการทำลายธาตุอาหารที่พืชดูดกินจากดิน ซึ่งเป็นสาเหตุประการหนึ่งที่ทำให้ธาตุพืชในดินลดน้อยลงไป จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้ประโยชน์โดยใช้เป็นวัสดุในการปรับปรุงดิน ใช้เป็นวัสดุในการทำปุ๋ยหมัก ซึ่งสามารถปรับปรุงดินให้มีคุณภาพที่ดีและมีสภาพที่เหมาะสมต่อการทำการเกษตรได้อย่างยั่งยืนได้ ดังนั้นจึงได้ทำการศึกษาการใช้วัสดุอินทรีย์เหลือใช้เป็นปุ๋ยหมัก เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจัดการดินให้กับเกษตรกรและเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design) โดยแบ่งวิธีการทดลองเป็น 5 สิ่งการทดลองๆ ละ 4 ซ้ำ ทำการทดลองในแปลงเกษตร ของวิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครราชสีมา มหาวิทยาลัยนครราชสีมาชนครินทร์ กำหนดให้มี 5 สิ่งทดลอง คือ 1) การไม่ใช้ปุ๋ย, 2) การใช้ปุ๋ยเคมี, 3) การใช้ปุ๋ยหมักจากทะเลสาบปาล์ม, 4) การใช้ปุ๋ยหมักจากกากอ้อย และ 5) การใช้ปุ๋ยหมักจากก้อนเชื้อเห็ด

ดำเนินการเตรียมปุ๋ยหมักจากวัสดุต่างๆ คือ ทะเลสาบปาล์ม, กากอ้อย และก้อนเชื้อเห็ด โดยใช้วิธีตามคำแนะนำของสถานีพัฒนาที่ดินสงขลา (2549) เตรียมแปลงขนาดกว้าง 1 เมตร ยาว 2 เมตร หว่านเมล็ดผักกาดเขียววางตั้งเป็นแถวคลุมด้วยฟางข้าว เมื่ออายุได้ 15 วัน จึงทำการถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อระยะปลูก 20×25 เซนติเมตร และทำการใส่ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ในอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ (มุกดา, 2548) และปุ๋ยหมักอัตรา 3,000 กิโลกรัมต่อไร่ (บุญชา, 2551) โดยทำการแบ่งใส่ 4 ครั้ง เมื่ออายุครบ 50 วัน จึงทำการเก็บข้อมูล คือ วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีบางประการของปุ๋ยหมักก่อนทำการทดลอง วัดความสูงเฉลี่ยของผักกาดเขียววางตั้งหลังจากใส่ปุ๋ย โดยวัดความสูงจากโคนต้นถึงปลายสูงสุดของผัก ซึ่งน้ำหนักสดของผักกาดเขียววางตั้งทั้งหมด หาน้ำหนักแห้งของผลผลิต วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีบางประการของดินหลังการเก็บผลผลิต นำข้อมูลมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในแต่ละสิ่งทดลอง โดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ตามวิธีของ Steel & Torrie (1980)

ผล

คุณสมบัติทางเคมีบางประการของปุ๋ยหมัก

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีบางประการของปุ๋ยหมักที่ผลิตจากวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ทางการเกษตรที่ต่างกัน คือ ทะเลสาบปาล์ม กากอ้อย และก้อนเชื้อเห็ด โดยเปรียบเทียบกับคุณภาพและมาตรฐานของปุ๋ยหมักที่ดี (สำนักเทคโนโลยีชีวภาพของดิน, 2551) พบว่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) การนำไฟฟ้า (EC) และปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ของ

ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากทะลายปาล์ม กากอ้อย และก้อนเห็ดเก่าอยู่ในเกณฑ์ระดับมาตรฐานของปุ๋ยหมัก ส่วนปริมาณธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมอยู่ในระดับใกล้เคียงกับเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยหมัก ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Some chemical properties of selected organic fertilizer

Parameter	pH	EC (mS cm ⁻¹)	OM (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)
Standard compost	5.5-8.9	< 10	>20	> 0.5	>1.0
Oil palm bunch compost	7.3	1.13	29.57	0.41	0.60
Bagasse compost	7.1	2.36	53.52	0.41	0.95
Spent mushroom compost	7.8	2.26	54.00	0.41	0.73

การเจริญเติบโตของผักกาดเขียวกวาดตั้ง

ความสูงของผักกาดเขียวกวาดตั้งพบว่าที่อายุ 22, 29 และ 36 วัน ความสูงเฉลี่ยของผักกาดเขียวกวาดตั้งในทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) เมื่อผักกาดเขียวกวาดตั้งมีอายุ 43 และ 50 วัน พบว่าความสูงเฉลี่ยของผักกาดเขียวกวาดตั้งที่ใส่ปุ๋ยเคมีและใส่ปุ๋ยหมักในทุกสิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่มีความสูงเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากการไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ดังแสดง Table 2 และ Figure 1

Table 2 Effect of chemical fertilizer and different compost type on height of Chinese cabbage

Treatment	height (cm./ stem)				
	22days	29 days	36 days	43 days	50 days
Non fertilizer	7.45	10.40	11.60	9.45 ^b	14.52 ^b
Chemical fertilizer	8.30	13.50	15.15	19.45 ^a	26.77 ^a
Oil palm bunch compost	8.37	13.04	19.65	24.62 ^a	26.85 ^a
Bagasse compost	8.42	12.20	14.75	18.02 ^a	21.72 ^a
Spent mushroom compost	9.00	14.50	18.17	24.33 ^a	27.30 ^a
F-test	ns	ns	ns	**	**
CV.(%)	24	26	22	21	16

ns = non significant at $P > 0.05$

** = significant different at $P < 0.01$

Means followed by the same letters are not significantly for each treatment means at the 0.05 by DMRT

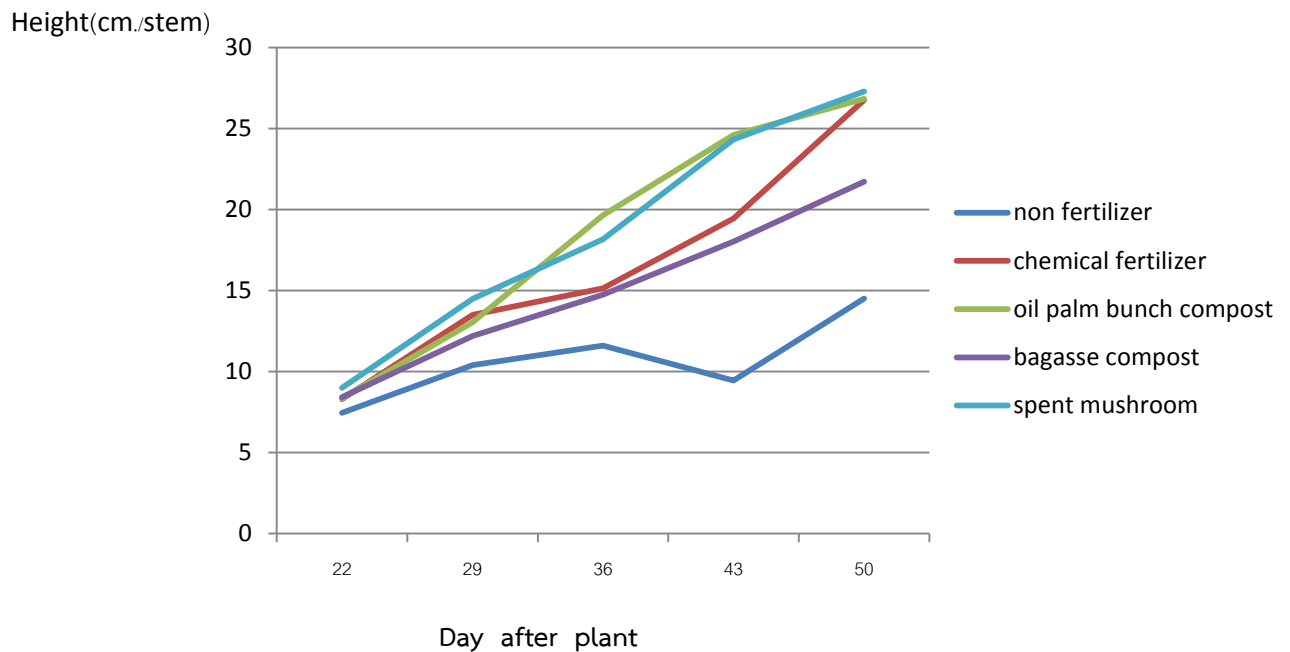


Figure 1 Effect of chemical fertilizer and different compost type on height of Chinese cabbage

ผลผลิตของผักกาดเขียวกวาดตั้ง

ผลผลิตน้ำหนักสดของผักกาดเขียวกวาดตั้งที่เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 50 วันหลังปลูกพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยที่การใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมักในทุกสิ่งทดลองให้ผลผลิตน้ำหนักสดเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) จากการไม่ใส่ปุ๋ยซึ่งให้ผลผลิตน้ำหนักสดเฉลี่ย 240 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนสิ่งทดลองที่ใส่ปุ๋ยพบว่าผลผลิตน้ำหนักสดเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) การใส่ปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนักสดเฉลี่ยสูงสุด 1,280 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยหมักพบว่าการใส่ปุ๋ยหมักจากทะเลสาบปาล์มให้ผลผลิตน้ำหนักสดเฉลี่ย 1,200 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งมีแนวโน้มสูงกว่าการใส่ปุ๋ยหมักจากกากอ้อยและก้อนเห็ดเก่าซึ่งให้ผลผลิตน้ำหนักสดเฉลี่ย 853 และ 986 กิโลกรัมต่อไร่ ดังแสดงใน Table 3

ในส่วนของผลผลิตน้ำหนักแห้งของผักกาดเขียวกวาดตั้งที่เก็บเกี่ยวเมื่ออายุ 50 วัน พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) โดยที่การใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยหมักในทุกสิ่งทดลองให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) จากการไม่ใส่ปุ๋ยซึ่งให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 55.73 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนสิ่งทดลองที่ใส่ปุ๋ยพบว่าผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงสุด 146.35 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนการใส่ปุ๋ยหมักพบว่าการใส่ปุ๋ยหมักจากก้อนเห็ดเก่าให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 143.11 กิโลกรัมต่อไร่ การใส่ปุ๋ยหมักจากทะเลสาบปาล์มให้ผลผลิตน้ำหนักแห้ง 132.6 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยหมักจากกากอ้อยให้ผลผลิตน้ำหนักแห้งเฉลี่ย 131.09 กิโลกรัมต่อไร่ ดังแสดงใน table 3

Table3 Effect of chemical fertilizer and different compost type on fresh weight, dry weight of Chinese cabbage

Treatment	Fresh weight (kg./rai)	Dry weight (kg./rai)
Non fertilizer	240.0 ^b	55.73 ^b
Chemical fertilizer	1,280.0 ^a	146.35 ^a
Oil palm bunch compost	1,20.0 ^a	132.60 ^a
Bagasse compost	853.2 ^a	131.09 ^a
Spent mushroom compost	986.5 ^a	143.1 1 ^a
F-test	**	**
CV.(%)	27	9.6

** = significant at $P < 0.01$

Means followed by the same letters are not significantly for each treatment means at the 0.05 by DMRT

คุณสมบัติทางเคมีบางประการของดินหลังการเก็บเกี่ยว

ความเป็นกรดต่าง (pH)

จากการทดลองปลูกผักกาดเขียววางตุ้งโดยใช้ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากวัสดุอินทรีย์ต่างกันคือ ทะลายปาล์ม กากอ้อย และก้อนเชื้อเห็ดเก่า เปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ยเคมีและไม่ใส่ปุ๋ย พบว่าเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยดินมีค่า pH 4.9 และเมื่อเปรียบเทียบกับ การใส่ปุ๋ยพบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ดินมี pH ลดลงคือ 4.4 ส่วนการใส่ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากทะลายปาล์ม กากอ้อย และก้อนเห็ดเก่าค่า pH ของดินเพิ่มขึ้นคือมีค่า pH 5.5, 5.3 และ 6.0 ตามลำดับดังแสดงใน Table 4

ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC)

ค่าการนำไฟฟ้าของดิน (EC) พบว่า การไม่ใส่ปุ๋ยดินมีค่า EC 0.16 mS cm^{-1} การใส่ปุ๋ยเคมีทำให้ดินมีค่าการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มขึ้นจากการไม่ใส่ปุ๋ยคือมีค่า EC 0.30 mS cm^{-1} ส่วนการใส่ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากทะลายปาล์ม กากอ้อย และก้อนเห็ดเก่าค่าความนำไฟฟ้าของดินลดลงจากการไม่ใส่ปุ๋ยคือมีค่า EC 0.13, 0.09 และ 0.12 mS cm^{-1} ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 4

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Organic matter, OM)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินพบว่าการใส่ปุ๋ยทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นและการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี โดยที่การไม่ใส่ปุ๋ยดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 2.3 % การใส่ปุ๋ยเคมี 2.76 % การใส่ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากทะลายปาล์ม กากอ้อย และก้อนเห็ดเก่า ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 3.40, 2.70 , และ 3.49 % ตามลำดับ ดังแสดงใน Table4

ปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน

ปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน พบว่า การใส่ปุ๋ยทำให้ดินมีปริมาณธาตุอาหารพืชเพิ่มขึ้น คือธาตุไนโตรเจนเมื่อไม่ใส่ปุ๋ยมี 0.117 % เมื่อใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมักจากทะลายปาล์ม กากอ้อย และก้อนเห็ดเก่ามีปริมาณธาตุไนโตรเจน 0.140, 0.170, 0.137 และ 0.175 % ตามลำดับ ปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เมื่อไม่ใส่ปุ๋ยมี 53 ppm เมื่อใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมักจากทะลายปาล์ม กากอ้อย และก้อนเห็ดเก่ามีปริมาณธาตุฟอสฟอรัส 64.5, 83.0, 53, และ 94.0 ppm. ตามลำดับ ปริมาณธาตุโพแทสเซียมเมื่อไม่ใส่ปุ๋ยมี 64.00 ppm เมื่อใส่ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยหมักจากทะลายปาล์ม กากอ้อย และก้อนเห็ดเก่ามีปริมาณธาตุโพแทสเซียม 104.25, 135.50, 96.00 และ 61.75 ppm. ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 4

Table 4 some chemical properties in soil after treatment

Treatment	pH	EC (mS cm ⁻¹)	OM (%)	Total N (%)	Avai. P (ppm.)	Avai. K (ppm.)
Non fertilizer	4.9	0.16	2.38	0.117	53.0	64.00
Chemical fertilizer	4.4	0.30	2.76	0.140	64.5	104.25
Oil palm bunch compost	5.5	0.13	3.40	0.170	83.0	135.50
Bagasse compost	5.3	0.09	2.70	0.137	53.0	96.00
Spent mushroom compost	6.0	0.12	3.49	0.175	94.0	61.75

วิจารณ์

จากการศึกษาผลการวิจัยพบว่า การใส่ปุ๋ยทำให้ผักกาดเขียววางตุ้งมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตน้ำหนักรากสูงกว่าการไม่ใส่ปุ๋ย และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างการใส่ปุ๋ยเคมีกับการใส่ปุ๋ยหมักที่ผลิตจากวัสดุอินทรีย์ที่ต่างกันคือทะเลสาบปาล์ม กากอ้อย และก้อนเห็ดเก่าพบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่การใส่ปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มให้ผลผลิตน้ำหนักรากสูงกว่าการใช้ปุ๋ยหมัก (Table 2 และ 3) ทั้งนี้เนื่องจากในปุ๋ยหมักมีปริมาณธาตุอาหารน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปุ๋ยเคมี (Table 1) ทำให้พืชได้รับธาตุอาหารไม่เพียงพอ

เมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติทางเคมีของดินพบว่าการใช้ปุ๋ยหมักจากวัสดุอินทรีย์ทำให้ดินมีค่าความเป็นกรดต่างเพิ่มขึ้น ค่าความนำไฟฟ้าของดินลดลง ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นและปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ปุ๋ย (Table 4) ซึ่งส่งผลให้ดินมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชมากขึ้น เนื่องจากความเป็นกรดต่างของดินเป็นปัจจัยที่ควบคุมการละลายของธาตุอาหารพืชออกมาสู่สารละลายดินให้อยู่ในรูปที่พืชสามารถดูดขึ้นไปใช้ได้ รวมทั้งควบคุมการละลายได้ของสารอื่นๆที่อาจเป็นพิษต่อพืชด้วย เช่น อะลูมินัม เหล็ก และแมงกานีส ซึ่งจะละลายออกมาได้มากในดินกรดอาจทำให้เกิดอันตรายต่อพืชได้และดินที่เป็นกรดทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในดินลดลง ส่วนปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินจะช่วยให้การดูดซับธาตุอาหารพืช และช่วยเชื่อมอนุภาคของดิน ทำให้เกิดดินที่มีโครงสร้างดีและมีธาตุอาหารสูง เหมาะสำหรับการเพาะปลูก (มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, 2543)

จากผลการวิจัยข้างต้นพบว่ามีความสอดคล้องกับ ศิราณี (2557) ที่ได้ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยหมักจากทะเลสาบปาล์มต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของกล้วยน้ำว้า ปรากฏว่าการใช้ปุ๋ยหมักทำให้กล้วยน้ำว้ามีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากการไม่ใส่ปุ๋ย และมีผลทำให้ดินมีค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ เพิ่มขึ้นจากการไม่ใส่ปุ๋ย และสอดคล้องกับ วาสนา และคณะ (2557) ได้ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและทางกายภาพบางประการของดินในระบบการปลูกผักอินทรีย์ ซึ่งจากการศึกษาปรากฏว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆต่อการปลูกพืชอย่างต่อเนื่องส่งผลต่อดินหลังปลูกคือ ความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) อินทรีย์วัตถุ (OM) ปริมาณไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) เพิ่มขึ้นในทุกตำรับการทดลอง และสอดคล้องกับ รสมาลิน และคณะ (2544) ได้ศึกษาผลรวมของปุ๋ยหมักและแกลบสดในการปรับปรุงดินชุดรังสิต ซึ่งเป็นกรดจัดเพื่อปลูกเฮลิโกเนีย โดยใช้ปัจจัยประกอบด้วยปุ๋ยมาร์ล 2 อัตรา คือ 0 และ 2 ตันต่อไร่ และวัสดุอินทรีย์ 4 แบบ คือไม้สับวัสดุอินทรีย์ ใส่ปุ๋ยหมักและแกลบสดอย่างละ 2 ตันต่อไร่ ใส่แกลบสด 4 ตันต่อไร่ และใส่ปุ๋ยหมัก 4 ตันต่อไร่ พบว่าปุ๋ยมาร์ลไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตและจำนวนดอกเฮลิโกเนีย แต่การใช้วัสดุอินทรีย์ทุกชนิดมีผลทำให้การเจริญเติบโตและจำนวนดอกสูงกว่าไม่ใช้วัสดุอินทรีย์และเมื่อสิ้นสุดการทดลองมีผลทำให้ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น และปริมาณอะลูมินัม และแมงกานีสที่สกัดได้ลดลง

สรุป

จากการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยหมักจากวัสดุอินทรีย์เหลือใช้ทางการเกษตรบางชนิดต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดเขียววางตุ้ง พบว่า การใช้ปุ๋ยหมักจากวัสดุอินทรีย์จากทะเลสาบปาล์ม กากอ้อย และก้อนเห็ดเก่า สามารถทำให้ผักกาดเขียววางตุ้งมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตเทียบเท่าการใช้ปุ๋ยเคมี และพบว่าการใช้ปุ๋ยหมักทำให้ดินมีคุณสมบัติทางเคมีที่ดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2551. การจัดการอินทรีย์วัตถุเพื่อปรับปรุงดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน. สำนักงานเทคโนโลยีชีวภาพ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.
- ธงชัย มาลา. 2546. ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพ. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.
- ธงชัย มาลา และอรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์. 2541. การปรับปรุงดินโดยใช้ปุ๋ยหมัก. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ. ภาควิชาปฐพีวิทยา, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม.
- บัญชา รัตน์ทู. 2551. ปุ๋ยอินทรีย์. ภาควิชาพืชศาสตร์ วิทยาลัยเกษตรและเทคโนโลยีนครราชสีมา มหาวิทยาลัยนครราชสีมา นครินทร์ นราธิวาส.
- บัญชา รัตน์ทู และศิริณี วงศ์กระจ่าง. 2556. คุณค่าของปุ๋ยหมักในการเกษตร. วารสารมหาวิทยาลัยนครราชสีมา นครินทร์ , 5(4), 174-183.
- มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2543. คุณสมบัติที่สำคัญของดิน. ใน เอกสารประกอบการสอนชุดวิชาดิน น้ำและปุ๋ย (ฉบับปรับปรุง), มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- มุกดา สุขสวัสดิ์. 2548. ปุ๋ยและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพ. มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์ วิทยาเขตพิษณุโลก พิษณุโลก. รสมาลิน ณ ระนอง, สันติ รัตนฐานภาพ, บรรเจิดลักษณ์ จินตฤทธิ์ และเจริญ เจริญจำรัสชีพ. 2544. รวมผลงานวิจัย. สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน, กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ.
- วาสนา วิรุณรัตน์, วิภา นิลวงศ์, ปรีดา นาเทเวศร์ และนงลักษณ์ ปุระนะพงษ์. 2557. ศึกษาเปรียบเทียบผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่างๆต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและกายภาพบางประการของดินในระบบการปลูกผักอินทรีย์. รายงานผลการวิจัย มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- ศิริณี วงศ์กระจ่าง. 2557. ผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากทะเลลายเป่าปาล์มน้ำมันเพื่อการเจริญเติบโตของกล้าปาล์มน้ำมัน. วารสารมหาวิทยาลัยนครราชสีมา นครินทร์, 7(1), 146-152.
- สถานีพัฒนาที่ดินสงขลา. 2549. คู่มือการดำเนินงานบริหารจัดการปุ๋ยอินทรีย์. สถานีพัฒนาที่ดินสงขลา สำนักงานพัฒนาที่ดิน เขต 12 กรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- Steel, R.G.D. & Torrie, J.H. 1980. Principle and Procedures of Statistics (A Biometric Approach). 2nd ed. Newyork : Mc Graw-Hil.

ผลของความสูงต่อการเตรียมวัสดุรองพื้นเพื่อเป็นอาหารและที่อยู่อาศัย ในการผลิตปุ๋ยหมักโดยไส้เดือนดิน

Influence of bedding height on vermicompost production

ณัฐกิตติ เพชรหมื่นไวย², ชุลีมาศ บุญไทย อีวาย^{1,2*} และมงคล ต๊ะอุ้น¹

Nattakit Petmuenwai², Chuleemas Boonthai IWA^{1,2*} and Mongkon Ta-oun¹

บทคัดย่อ

การจัดการของเสียเหลือทิ้งโดยนำมาผลิตปุ๋ยหมักโดยไส้เดือนดิน เป็นทางเลือกหนึ่งในการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตามการศึกษาดังกล่าวถึงประสิทธิภาพของกระบวนการมีความสำคัญ ดังนั้นการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสูงที่เหมาะสมของวัสดุรองพื้นในการผลิตปุ๋ยหมักโดยไส้เดือนดิน (Bedding) โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) จำนวน 3 ซ้ำ ศึกษาการทำวัสดุรองพื้นในการใช้มูลไก่ร่วมกับของเสียเหลือทิ้งโดยใช้ไส้เดือนดินพันธุ์แอฟริกา *Eudrilus eugeniae* โดยใช้ กากปาล์ม 5 % ร่วมกับ กากมันสำปะหลัง + เปลือกมันสำปะหลัง + กากยูคาลิปตัส (95%) + ดินทราย (ชุดดินยโสธร):ดินผสมของมูลไก่ที่ 2.5 % ผสมในอัตราส่วน (70:30) กับความสูงที่แตกต่างกัน 6 ระดับได้แก่ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ซม. จำนวนตัวรับ 3 ซ้ำ ผลการศึกษาพบว่าเมื่อเวลาหมักปุ๋ยผ่านไป 4 สัปดาห์ ความสูง (Bedding) 15 ซม. ให้น้ำหนักตัวของไส้เดือนดินเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 214.5 % มากกว่าความสูง (Bedding) ที่ 5, 10, 20, 25, 30 ซม. ซึ่งให้น้ำหนัก 104.6, 194.4, 145.4, 139.16 และ 105.6 % ตามลำดับ การใช้ความสูง (Bedding) ที่ 15 ซม. ให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ หลังการทดลอง 3.14 ก. มากกว่าการใช้ความสูงของ (Bedding) 5, 10, 20, 25, 30 ซม. ซึ่งให้น้ำหนักหลังการทดลอง 2.05, 2.94, 2.45, 2.39 และ 2.06 ก. ตามลำดับ ผลของจำนวนไข่ไส้เดือนดิน (Cocoon) และจำนวนตัวอ่อน พบว่า ความสูงของ (Bedding) ที่ 15 ซม. มีจำนวนตัวอ่อนมากที่สุด คือ 130 ต่อ 10 ตัว มากกว่าความสูงของ (Bedding) ที่ 5, 10, 20, 25, 30 ซม. ซึ่งมีจำนวนตัวอ่อน 48, 89, 99.5, 60.4 และ 35.3 ตามลำดับ และจำนวนไข่มากที่สุดที่ความสูงของ (Bedding) 20 ซม. คือ 51 ใบ มากกว่าความสูงของ (Bedding) ที่ 5, 10, 15, 25, 30 ซม. ซึ่งมีจำนวนไข่ คือ 6, 23, 50, 39 และ 27 ใบ ตามลำดับ สรุปผลการทดลองพบว่า ความสูงของวัสดุรองพื้นเพื่อเป็นอาหารและ ที่อยู่อาศัย (Bedding) ที่ 15 ซม. เป็นความสูงที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินซึ่งมีส่วนช่วยในการผลิตปุ๋ยหมักโดยไส้เดือนดินและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

คำสำคัญ : มูลไก่, ไส้เดือนดิน, ของเสียเหลือทิ้ง, กระบวนการทำปุ๋ยไส้เดือนดิน, ที่อยู่อาศัย

1 ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร สาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

1 Department of Plant Sciences and Agricultural Resources, Land Resources and Environment Division, Faculty of Agriculture, KhonKaen University, KhonKaen Thailand 40002

2 ศูนย์วิจัยและพัฒนาการจัดการทรัพยากรน้ำบูรณาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

2 Integrated Water Resource Management Research and Development Center in Northeast Thailand, KhonKaen, Thailand, 40002

* Corresponding author. E-mail: chuleemas1@gmail.com

Abstract

Vermicompost is the product or process of composting using earthworms. Vermicomposting is generally known as a nutrient rich source of organic compost used in farming and small scale sustainable, organic farming. However, the process of producing vermicompost need to find the suitable and efficient methods. The objective of this study was to investigate the Suitable bedding height in vermireactor for efficient vermicompost production. The experiment were conducted by using earthworm, *Eudrilus eugeniae* and bedding containing with agro-industrial waste (oil palm bark 5%) cassava pulp, cassava peel and eucalyptus bark (95%), (soil Yasothon serie): bedding ratio (70:30) with the chicken manure at 2.5%, at the different bedding height of industrial waste at 5, 10, 15, 20, 25 and 30 centimeters, the study showed that after 4 weeks composting the bedding 15 centimeter height gave the highest earthworm at 214.5% more than at bedding 5, 10, 20, 25, 30 centimeters, which the earthworms weighs were 104.6, 194.4, 145.4, 139.16, and 105.6%, respectively and also high cocoon production were 6 , 23, 50, 39 and 27 cocoon respectively. The study showed that the suitable bedding height in vermireactor for efficient vermicompost production was 15 centimeters.

Keywords: Vermireactor, Earthworms, Agro-industrial waste, Bedding

บทนำ

การใช้ทรัพยากรธรรมชาติเป็นจำนวนที่มาก ซึ่งเป็นปัจจัยพื้นฐานของการผลิตในทุกด้านเมื่อสิ้นสุดการใช้ประโยชน์เหล่านั้นจะมีกากของเสียเหลือทิ้งจากการใช้ทรัพยากรกลายเป็นเศษเหลือทิ้งเป็นจำนวนมหาศาลที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก (โรงงานอุตสาหกรรม, 2556) หากมีการจัดการที่ไม่ถูกวิธีหรือกากของเสียมีปริมาณที่มากเกินไปก็จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดินและในน้ำ ในหลายประเทศมีการผลิตปุ๋ยอินทรีย์ เพื่อลดการใช้ปุ๋ยเคมีในท้องถื่น โดยหันมาใช้เทคโนโลยีการใช้ไส้เดือนดินในการผลิตปุ๋ยหมักโดยไส้เดือนดิน เนื่องจากใช้ต้นทุนที่ต่ำและ สามารถกำจัดของเสียเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมเกษตรได้ (ชูลีมาศ และคณะ, 2554)

ในปัจจุบันมีแนวทางในการจัดการกากของเสียอินทรีย์ คือ การใช้ไส้เดือนดินในการจัดการกากของเสียจากอุตสาหกรรม (อานัฐ, 2549) การเลี้ยงไส้เดือนดินเพื่อกำจัดกากของเสียจากอุตสาหกรรมเกษตรต่างๆ และเป็นการกำจัดกากของเสียที่ไม่เสียค่าใช้จ่ายสูงและไม่ก่อให้เกิดกลิ่นรบกวนต่อชุมชนที่อยู่ใกล้เคียงนั้นด้วย เนื่องจากการทำปุ๋ยหมักโดยใช้กากตะกอนของเสีย สามารถผลิตปุ๋ยหมักโดยไส้เดือนดิน (Vermicomposting) ที่มีคุณภาพดี และไส้เดือนดิน ยังก่อให้เกิดการเปลี่ยนรูปกากตะกอนอินทรีย์ทำให้มีการคงรูปได้และเป็นปุ๋ยที่ดี (Suthar, 2007)

มูลไก่เป็นของเสียอย่างหนึ่งจากอุตสาหกรรมการเกษตร ซึ่งอุดมไปด้วยธาตุอาหารที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช แต่มีข้อจำกัดที่ไม่สามารถใช้มูลไก่ในการผลิตปุ๋ยหมักโดยใช้ไส้เดือนดินโดยตรงได้เนื่องจากมูลสัตว์ปีกประกอบด้วยแอมโมเนียและเกลืออนินทรีย์ในปริมาณสูง (Garner, 1966) ถ้านำมาเลี้ยงไส้เดือนดินโดยตรงจะทำให้ไส้เดือนดินตาย ดังนั้น ถ้านำมาใช้ร่วมกับของเสียเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมการเกษตรต่างๆ ในการผลิตปุ๋ยหมักโดยไส้เดือนดิน น่าจะส่งเสริมทำให้การเจริญเติบโตของไส้เดือนดินและทำให้เพิ่มคุณภาพของปุ๋ยหมักและเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการทำปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน จึงเป็นที่มาของการศึกษาผลของความสัมพันธ์ของมูลสัตว์ปีกต่อการเตรียมวัสดุรองพื้นเพื่อเป็นอาหารและ ที่อยู่อาศัย (Bedding) ในการผลิตปุ๋ยหมักโดยไส้เดือนดิน

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองใช้มูลไก่ในอัตราส่วนต่างๆร่วมกับ (Bedding) เพื่อทำวัสดุรองพื้นในการผลิตปุ๋ยหมักโดยไส้เดือนดิน โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design) จำนวน 3 ซ้ำ โดยแบ่งการทดลองคือ การศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตปุ๋ยหมักโดยไส้เดือนดินของมูลไก่และของ (Bedding) ชนิดต่างๆ โดยแบ่งการทดลองคือ

กากปาล์ม 5 % + กากมันสำปะหลัง + เปลือกมันสำปะหลัง + กากยูคาลิปตัส (95%) + ดินทราย (ชุดดินยโสธร): ดินผสมของมูลไก่ที่ 2.5 % อัตราส่วน (70:30) ในความสูงของเสียเหลือทิ้งสัดส่วน 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ซม.

การผสม (Bedding) กับดินทราย (ชุดดินยโสธร) โดยใช้อัตราส่วน 70:30 และในส่วนของการผสมมูลไก่ในสัดส่วน 2.5 % โดยน้ำหนักทั้งหมด ใส่เดือนดินที่ใช้ในการทดลอง คือ ใส่เดือนดินพันธุ์ *Eudrillus eugeniae* ชื่อสามัญ African Night Crawler โดยใช้อัตราส่วนของใส่เดือนดิน 1:1 ของความสูง (Bedding)

การเตรียมวัสดุทดลอง โดยนำมูลไก่, กากมันสำปะหลัง, เปลือกมันสำปะหลัง, กากยูคาลิปตัส, กากปาล์ม และดินทราย มาตากในที่ร่มให้แห้ง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักในอัตราส่วนที่กำหนด หลังจากนั้นการเตรียมใส่เดือนดิน โดยทำการคัดเลือกตัวที่มีขนาดใกล้เคียงกัน และตัวโตเต็มวัยโดยแสดงไคเทียลัม (ระบบการสืบพันธุ์) ที่ชัดเจน การดูแลรักษาระหว่างการทดลอง ด้วยการรักษาความชื้นของวัสดุเลี้ยงให้อยู่ในช่วง 50% ตลอดการศึกษา

การเก็บข้อมูลได้แก่อัตราการรอดของไส้เดือนดินทุกวัน ทำการชั่งน้ำหนักไส้เดือนดินก่อน และหลังการทดลองเพื่อวัดการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน ด้วยวิธีการสังเกตจำนวน cocoon และลูกไส้เดือนดิน

ผลและวิจารณ์

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเสียเหลือทิ้ง (กากมันสำปะหลัง, เปลือกมันสำปะหลัง, เปลือกยูคาลิปตัส, กากปาล์ม และมูลไก่) Table 1

Table 1 chemical characteristics agro-industrial degradation (chicken manure, cassava pulp, cassava peel, eucalyptus peel and oil palm)

Chemical characteristics	Natural organic adsorbent				
	cassava pulp	cassava peel	eucalyptus peel	oil palm	chicken manure
Hydrogen ions (pH)	4.95	5.45	7.47	5.32	8.8
Electric Conductivity (EC)	0.67	1.25	0.34	5.92	6.2
Organic matter (OM %)	89.57	58	38.96	78.11	24.5
Total Nitrogen (% N)	0.24	0.49	0.25	0.92	1.5
Available Phosphorus (% P)	0.025	0.051	0.08	0.41	5.1
Extractable potassium (% K)	0.36	0.51	0.18	1.23	2.4
C/N ratio	220.87	69.05	89.64	45.03	9:1

ผลการศึกษาของความสูง (Bedding) ต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดินและน้ำหนักของไส้เดือนที่ใช้จากอุตสาหกรรมเป็นอาหาร

การศึกษาความสูง (Bedding) กากปาล์ม5%+กากมันสำปะหลัง+เปลือกมันสำปะหลัง+กากยูคาลิปตัส+ดินทราย (ชุดดินยโสธร):ดินผสม (70:30) ดินผสมของมูลไก่ที่ 2.5 % ที่ความสูง 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 ซม. ในการเลี้ยงไส้เดือนดินพบว่า ความสูง (Bedding) ที่ 15 ซม. ให้น้ำหนักตัวที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 214.5 % มากกว่าความสูงของ (Bedding) ที่ 5, 10, 20, 25, 30 ซม. ซึ่งให้น้ำหนัก 104.6, 194.4, 145.4, 139.16 และ 105.6 % ตามลำดับ (Figure 1) ขณะที่หลังการทดลองนั้นการใช้ความสูงของ (Bedding) ที่ 15 เซนติเมตร ให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ หลังการทดลอง 3.14 ก. มากกว่าการใช้ความสูงของ (Bedding) ที่ 5, 10, 20, 25, 30 ซม. ซึ่งให้น้ำหนักหลังการทดลอง 2.05, 2.94, 2.45, 2.39 และ 2.06 ก. ตามลำดับ (Figure 2)

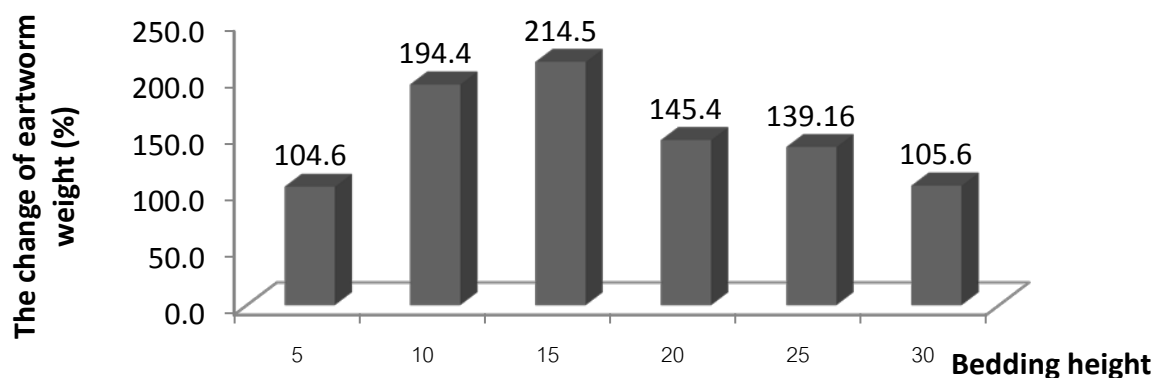


Figure 1 The change of the weight of earthworm (%) at the different bedding height of industrial waste at 5, 10, 15, 20, 25 and 30 centimeters.

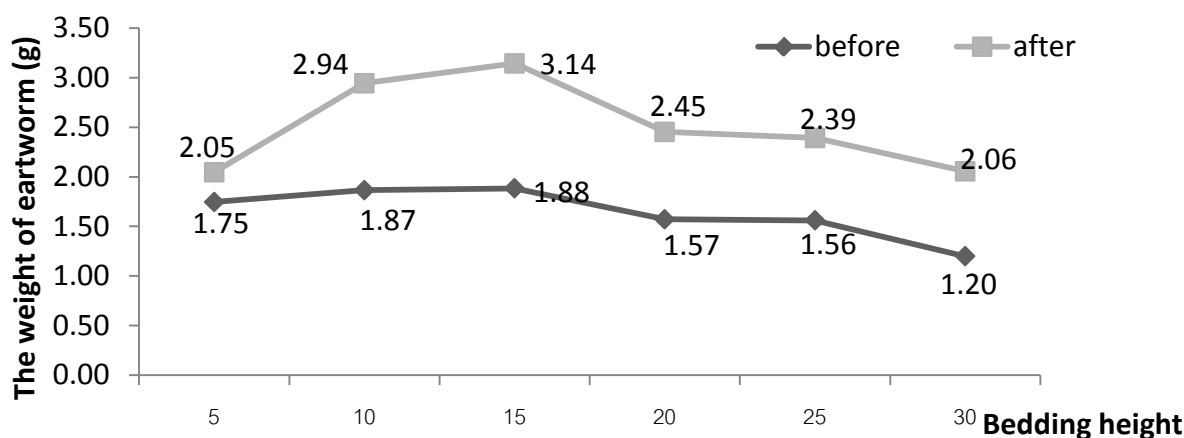


Figure 2 The weight of earthworms (%) before and after experiment at the different bedding height of industrial waste at 5, 10, 15, 20, 25 and 30 centimeters.

ผลของจำนวนไข่ไส้เดือนดิน (Cocoon) และจำนวนตัวอ่อน

ความสูงของ (Bedding) ในการเลี้ยงไส้เดือนดินนั้น พบว่า ความสูงของ (Bedding) ที่ 15 ซม. ให้จำนวนตัวอ่อนมากที่สุด คือ 130 ต่อ 10 ตัวเต็มวัย มากกว่าความสูงของ (Bedding) ที่ 5, 10, 20, 25, 30 ซม. ซึ่งมีจำนวนตัวอ่อน 48, 89, 99.5, 60.4 และ 35.3 ตามลำดับ และจำนวนไข่มากที่สุดที่ความสูงของ (Bedding) 20 ซม. คือ 51 ใบ มากกว่าความสูงของ (Bedding) ที่ 5, 10, 15, 25, 30 ซม. ซึ่งมีจำนวนไข่ คือ 6, 23, 50, 39 และ 27 ใบ ตามลำดับ (Figure 3) ซึ่งสอดคล้องกับ Edwards and Burrows, (1996) พบว่า เมื่อเลี้ยงไส้เดือนดิน *E. eugeniae* ในสภาวะที่เหมาะสมจะทำให้จำนวนไข่ไส้เดือนดิน (Cocoon) และจำนวนตัวอ่อนเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในวัสดุที่ใช้เลี้ยง (Bedding) ได้ดี และมีการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์วัตถุให้เป็นปุ๋ยหมักที่มีประสิทธิภาพสูง ไส้เดือนดิน *E. eugeniae* สามารถผลิตไข่ซึ่งเป็นโคคุน 3.6 ใบต่อสัปดาห์ เปอร์เซ็นต์ฟัก 80 เปอร์เซ็นต์ให้ลูกเฉลี่ย 2.3 ตัวต่อโคคุนใช้เวลาที่ไข่ฟัก 2-3 วันถึง 2 สัปดาห์ เจริญเติบโตจากตัวอ่อนถึงเป็นหนุ่มสาว (เริ่มมีโคลเทลล์หรือปลอกเนื้อ) ในระยะเวลา 1 เดือนถึง 2-3 เดือน ขึ้นอยู่กับคุณภาพของอาหารที่ใช้เลี้ยงและระยะจากไข่ถึงเป็นหนุ่มสาวใช้เวลา 40 วันถึง 3-4 เดือน (สุภาพรณ์, 2550)

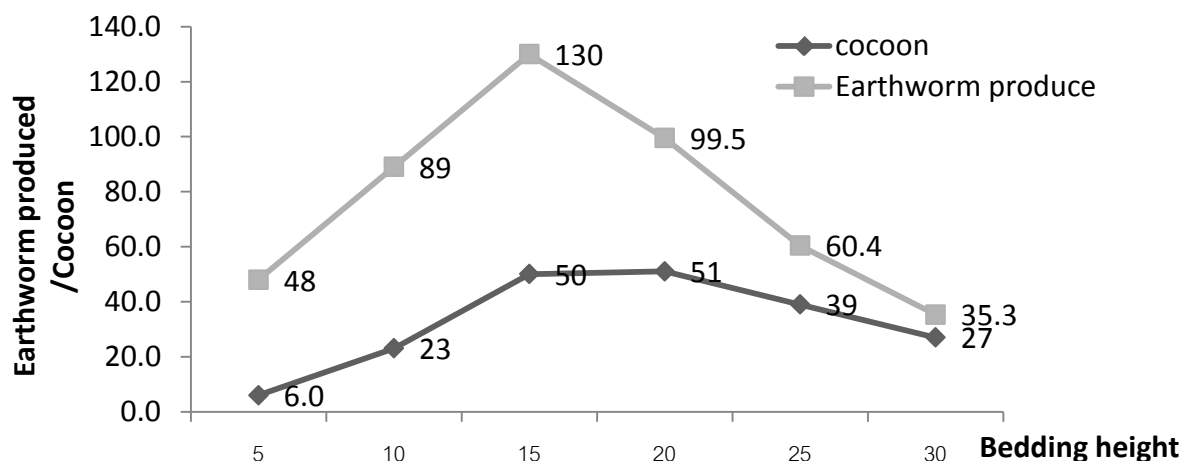


Figure 3 The earthworms produced and cocoon at the different bedding height of industrial waste at 5, 10, 15, 20, 25 and 30 centimeters.

Table 2 Influence of bedding height in vermireactor on earthworms production

Industrial Weight / kg	Bedding Height/ number	Earthworms produced and Cocoon/10	Change of the weight	Cocoon of number
1.3	5 / 5	48 ^e	104.6 ^d	6 ^d
3.0	10/10	89 ^b	194.4 ^b	23 ^c
4.7	15/15	130 ^a	214.5 ^a	50 ^a
6.4	20/20	99.5 ^b	145.4 ^c	51 ^a
8.1	25/25	60.4 ^c	139.2 ^c	39 ^b
9.8	30/30	35.5 ^d	105.6 ^d	27 ^c
%CV		5.38	4.61	5.07
F-test		**	**	**

**Mean (n=3) in the same column followed by the same lower case letters are significantly different at $P \leq 0.01$ by Least Significantly Differently (LSD)

สรุป

การผสมของ (Bedding) กากปาล์ม, กากมันสำปะหลัง, เปลือกมันสำปะหลังและกากยูคาลิปตัสผสม มูลไก่ ในการเลี้ยงไส้เดือนดินที่ความสูง 15 ซม. ซึ่งใส่ไส้เดือนดิน 15 ตัว การเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ 214.5 % และน้ำหนักไส้เดือนดินก่อน-หลังการทดลองการใช้ความสูง (Bedding) ที่ 15 ซม. ให้น้ำหนักตัวเพิ่มขึ้นมากที่สุด คือ ก่อนการทดลอง 1.88 ก. หลังการทดลอง 3.14 ก. ต่อตัว ผลของจำนวนไข่ไส้เดือนดินและจำนวนตัวอ่อนพบว่า ความสูง (Bedding) ที่ 15 ซม. มีจำนวนตัวอ่อนมากที่สุด คือ 130 ต่อ 10 ตัว ซึ่งสอดคล้องกับ ชูลีมาต และคณะ (2554) พบว่า การให้ขยะอินทรีย์ที่มีความสูง 15 ซม. ทำให้เพิ่มจำนวนตัวของไส้เดือนดินมากที่สุดแต่ในทางปฏิบัติถ้ามีการใส่ขยะอินทรีย์ที่มีความสูงมากกว่า 10 ซม. จะทำให้เกิดความร้อนได้มากทำให้ไส้เดือนดินหนีลงสู่ที่ลึกในดินหรืออุณหภูมิต่ำ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์เรียนรู้ วิจัยและพัฒนาไส้เดือนดินเพื่อการเกษตรและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และศูนย์วิจัยและพัฒนาการบริการจัดการทรัพยากรน้ำบูรณาการ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จนการวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- ชวลีมาศ บุญไทย อิวาย, มงคล ต๊ะอูน, สุรศักดิ์ เสรีพงษ์ และนันทวดี จำปางาม. 2554. การผลิตปุ๋ยหมักโดยไส้เดือนดินการจัดการของเสีย ดิน ผลผลิตที่ดีและปลอดภัย สาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- โรงงานอุตสาหกรรม เอกสารเผยแพร่โครงการบริหารจัดการกากของเสียอันตรายจากอุตสาหกรรมครบวงจร. 2556. เข้าถึงได้จาก <http://www.diw.go.th/hawk/content.php?mode=spss56> สืบค้นเมื่อ 10 กรกฎาคม 2560
- สุภาพรณ์ ดาดง, นันทพร จารพันธุ์และ สมชัย จันทะสว่าง. 2550. กายวิภาคและวัฏจักรชีวิตของไส้เดือนดิน *Eudriluseugeniae*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาสัตววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ.
- อานัฐ ตันโซ. 2548. เทคนิคการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดิน. สำนักงานวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. ปทุมธานี.
- อานัฐ ตันโซ. 2549. ไส้เดือนดิน. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. ปทุมธานี.
- Edwards, C.A. and I. Burrows. 1996. Biology and Ecology of Earthworms. Chapman and Hall, London, UK, pp. 142-145.
- Garner, H.V. 1966. Experiments on the direct, cumulative and residual effect of town refuse manure and sewage sludge at Rothamsted and other. J. Agric. Sci. 67: 223-233.
- Suthar, S. 2009. Potential of *Allolobophora parva* (*Oligochaeta*) in vermicomposting. Bioresour. Technol. 100: 6422-6427

การประยุกต์ใช้อัตราและสูตรปุ๋ยเคมีที่ต่างกัน ในการปลูกมันสำปะหลัง KU 50 ในดินทราย

Application of differing in rates and chemical fertilizer type

on cassava KU 50 crop in sandy soil

เอนกพงศ์ จำปา^{1*} และวิทยา ตรีโลเกศ¹Anekpong Jampa^{1*} and Vidhaya Trelo-ges¹

บทคัดย่อ

การจัดการดินให้ดินมีธาตุอาหารอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับความต้องการของมันเป็นสำปะหลัง สามารถกระทำได้โดยใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งมีการแนะนำจากหน่วยงานของรัฐซึ่งมีอัตราที่ต่างกัน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบสูตรอัตรา และ ระยะเวลาของการใส่ปุ๋ยที่เหมาะสมกับการผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกต้นฤดูฝน โดยจะทำการทดลองในพื้นที่ อ.เขาสวนกวาง จ.ขอนแก่น แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 5 ตำรับการทดลอง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ตำรับการทดลองประกอบด้วย (T1) ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (T2) ใส่ปุ๋ยเคมีตามเกษตรกรนิยม และใส่ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำจาก (T3) กรมพัฒนาที่ดิน (T4) กรมวิชาการเกษตร (ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน) (T5) กรมส่งเสริมเกษตรและสหกรณ์ ผลการศึกษาพบว่า ในเดือนที่ 8 ตำรับการทดลองที่ให้น้ำหนักของหัวมันสำปะหลังสูงสุดคือ ตำรับทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ย 13-13-21 ในอัตรา 100 กก./ไร่ ให้ผลผลิตมันสำปะหลัง 5.99 ตัน/ไร่ และน้อยสุดคือตำรับทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย 3.82 ตัน/ไร่ และเดือนที่ 9 ตำรับการทดลองที่ให้น้ำหนักของหัวมันสูงสุดคือ ตำรับทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน 8 กก.N/ไร่, 8 กก.P₂O₅/ไร่, 8 กก.K₂O/ไร่ 6.29 ตัน/ไร่ และน้อยสุดคือ ตำรับทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย 3.2 ตัน/ไร่ ในเดือนที่ 10 ตำรับการทดลองที่ให้น้ำหนักของหัวมันสูงสุดคือ ตำรับทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ย 13-13-21 ในอัตรา 100 กก./ไร่ 8.45 ตัน/ไร่ และน้อยสุดคือ ตำรับทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย 3.66 ตัน/ไร่

คำสำคัญ: สูตรปุ๋ยเคมี, อัตราการใช้ปุ๋ยเคมี, การปลูกมันสำปะหลัง

Abstract

Soil management was provided soil nutrients at the level appropriate to the desire of cassava by using chemical fertilizer with suggested that from government sector differing in chemical fertilizer application rates. To compare chemical fertilizer application rates suggested from another department and the time period at appropriate to cassava planting early the rain season. Studied area at Khoasuenkwang district Khon Kaen province. Experiment design in Randomized Complete Block Design (RCBD). There are 3 replication and 5 treatments control (T1), mostly farmers using (T2), Department of Agriculture (T3), Land Development Department (T4) and Ministry of Agriculture and Cooperative (T5). This study found 13-13-21 type treatments in the rate of 100 kg/rai (5.99 ton/rai) had highest weight of the cassava head while control treatment had lowest in the rate of 3.82 ton/rai 8 month. However, the chemical fertilizer type of soil test of NPK treatment (8 kg.N/rai, 8 kg.P₂O₅/rai, 8 kg.K₂O/rai) in the ratio of 6.29 ton/rai had highest while control treatment had lowest in the rate of 3.32 ton/rai in 9 month. Anywise, at 10 month, 13-13-21 type treatments in the ratio of 100 kg/rai (8.45 ton/rai) had highest weight of the cassava head while control treatment had lowest in the rate of 3.66 ton/rai.

Keywords: Chemical Fertilizer, Rates of chemical fertilizer application, Cassava

บทนำ

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร สาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

¹ Department of Plant Sciences and Agricultural Resources, Land Resources and Environment Division, Faculty of Agriculture, KhonKaen University, KhonKaen Thailand 40002

* Corresponding author. E-mail: Anekpong.Arm@gmail.com

มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศของประเทศไทย มันสำปะหลังเป็นพืชไร่ที่ทำรายได้ให้กับประเทศไทยปีละประมาณ 110,000 ล้านบาท ซึ่งมีการปลูกอย่างแพร่หลายเกือบทุกภาคของประเทศ จากการสำรวจการปลูกมันสำปะหลังประจำปีการเพาะปลูก 2560/61 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 8.63 ล้านไร่ กระจายตามภาคต่าง ๆ โดยเฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีเนื้อที่ปลูกมันสำปะหลังมีสัดส่วนพื้นที่เพาะปลูกถึง 53.0% ของพื้นที่เพาะปลูกรวมทั่วประเทศ และมีผลผลิต 53.25% ของผลผลิตรวม (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) มันสำปะหลังจะเจริญเติบโตได้ดีเมื่อปลูกในดินที่มีการระบายน้ำดี เนื้อดินที่เหมาะสมกับการปลูกมันสำปะหลังจัดอยู่ในกลุ่มเนื้อดินทราย (Cock, 1985) วินัย และคณะ (2553) ซึ่งจัดเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ จึงทำให้มันสำปะหลังมีศักยภาพในการให้ผลผลิตต่ำ จารุวรรณ (2554) เกษตรกรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือยังทำการปลูกมันสำปะหลังในพื้นที่เดิมอย่างต่อเนื่องติดต่อกันทุกปี โดยขาดการอนุรักษ์ดินและน้ำ ตลอดจนการปรับปรุงบำรุงดินที่ดี มีผลทำให้พื้นที่ดินปลูกมันสำปะหลังมีความเสื่อมโทรมเร็วขึ้น ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำลง ผลผลิตของมันสำปะหลังลดต่ำลงทุกปี การปรับปรุงบำรุงดิน (การจัดการดิน) ให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับความต้องการการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของมันสำปะหลัง สามารถกระทำได้โดยการใช้ปุ๋ย (เคมี) เพื่อชดเชยธาตุอาหารพืชบางส่วนที่ถูกใช้ไป ซึ่งเป็นวิธีการแก้ไขปัญหาคความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ให้ผลรวดเร็ว (ชุมพลและคณะ, 2540) ดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่ ดินภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่เป็นดินทรายถึง 80 % (Fujii *et al.*, 2017) มีอินทรีย์วัตถุที่เป็นแหล่งสำรองธาตุอาหารโดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนน้อย เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้พืชมีผลผลิตต่ำ ในการผลิตของเกษตรกร พบว่าผลผลิตเฉลี่ยของมันสำปะหลังในเขตนี้อยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำเพียง 2.93 ตันต่อไร่ (จารุวรรณ, 2554) ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อผลผลิตมันสำปะหลังสามารถจำแนกได้หลายปัจจัย เช่น พันธุ์ของมันสำปะหลังที่ปลูกความแตกต่างของสภาพภูมิอากาศ บริเวณแหล่งเพาะปลูก และการจัดการดูแลรักษาของเกษตรกร (โชติและคณะ, 2529) ซึ่งการจัดการดินและปุ๋ยนับเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของมันสำปะหลังไม่น้อยไปกว่าปัจจัยด้านอื่น ๆ การใช้ปุ๋ยเคมีในการเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดินจึงเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย เพราะสามารถเพิ่มผลผลิตได้เร็ว ซึ่งการใช้ปุ๋ยเคมีโดยทั่วไป ทั้งชนิดและอัตราปุ๋ยมีการใช้ในหลายสูตร เช่น การใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ระวีวรรณ (2552) ศึกษาการจัดการปุ๋ยเคมีเพื่อยกระดับการผลิตมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดงปลายฤดูฝนและต้นฤดูฝน พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 12-18-86 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ให้ผลผลิตสูงสุดเมื่อปลูกปลายฤดูฝน คือ 12.52 ตันต่อไร่ ส่วนการปลูกมันสำปะหลังในช่วงปลายฤดูฝน พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอัตรา 36-18-85 กิโลกรัม $N-P_2O_5-K_2O$ ต่อไร่ ให้ผลผลิตหัวมันสูงสุด คือ 12.42 ตันต่อไร่การใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมส่งเสริมเกษตรและสหกรณ์ (N:P:K = 2:1:2) ชุมพลและคณะ (2540) ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยผสมสูตร (N:P:K = 2:1:2) 16-8-16 และ 16-16-16 ต่อ ผลผลิตหัวมันสดเฉลี่ยของมันสำปะหลังพันธุ์ระยอง 1 ที่ปลูกติดต่อกัน 8 ฤดูปลูกพบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีสูตรผสม 16-8-16 อัตรา 100 กิโลกรัมต่อไร่และปุ๋ยผสมสูตร 16-16-16 อัตรา 100 กิโลกรัม ต่อไร่มีผลให้น้ำหนักหัวมันสำปะหลังสดเฉลี่ยเท่ากับ 3.48 และ 3.81 ตัน/ไร่ และการใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมพัฒนาที่ดินซึ่งมีสูตรและอัตราการใช้ที่ต่างกัน ซึ่งจะนำมาทดลองในพื้นที่เดียวกันเพื่อดูว่าสูตรใดที่เหมาะสมต่อการใช้ในดินทรายซึ่งถือว่าเป็นดินที่พบมากที่สุดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกมันสำปะหลังพันธุ์เกษตรศาสตร์ 50 ปลูกมันสำปะหลังในช่วงต้นฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม) ที่ บ้านหนองสองห้อง ตำบลเขาสวนกวาง อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดขอนแก่น (16°52'51.0"N 102°47'49.0"E) โดยการทดลอง วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 5 ตำรับการทดลอง ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ตำรับการทดลองประกอบด้วย สำหรับทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (T1) สำหรับทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีตามเกษตรกรนิยม 46-0-0 + 16-8-8 สัดส่วน 1:1 ในอัตรา 25:25กก./ไร่ (T2) สำหรับทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ย เคมี 13-13-21 ในอัตรา 100 กก./ไร่ ตามคำแนะนำของกรมพัฒนาที่ดิน (T3) สำหรับทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน 8กก.N/ไร่, 8กก. P_2O_5 /ไร่, 8กก. K_2O /ไร่ (T4) และสำหรับทดลองที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมี 15-7-18 ในอัตรา 50 กก./ไร่ ตามคำแนะนำของกรมส่งเสริมเกษตรและสหกรณ์ (T5)

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินโดยเก็บตัวอย่างดินก่อนและหลังปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร (ซม.) เพื่อวิเคราะห์หา พีเอชดิน (soil pH) (1:1 H_2O), ค่าการนำไฟฟ้า (EC) (1:5 H_2O) (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542), ปริมาณอินทรีย์วัตถุโดยวิธี Walkley - Black method (Walkley and Black, 1934), ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี Bray II แล้ววัดความเข้มสีด้วย Spectrophotometer (Jackson, 1958), โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้โดยการสกัดดินด้วย 1 M NH_4OAc (pH 7) แล้วนำไปวัดโดยใช้เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer (มกคล, 2548) และ

ข้อมูลการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังทุกเดือนโดยข้อมูลที่เก็บได้แก่ความสูงต้นและทรงพุ่มวัดผลผลิตของมันสำปะหลังในเดือนที่ 8, 9 และ 10 และน้ำหนักผลผลิตจะเก็บในเดือนที่ 10 ตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างตำรับการทดลอง (treatments) ด้วยวิธี LSD ($p \leq 0.05$) การวิเคราะห์ทางสถิติทั้งหมดใช้โปรแกรม Statistic10

ผล

ธาตุอาหารในดินก่อนปลูก

จากการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกในพื้นที่พบว่าดินที่เก็บในความลึก 0-15 cm มีค่า pH 5.43 และมีเปอร์เซ็นต์ของอินทรีย์วัตถุ 0.240 % มีค่า CEC 1.685 (c mol/kg) มีไนโตรเจนในดิน 0.0279 % มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 15.16 mg/kg และมีโพแทสเซียมละลายน้ำได้ 19.03 (mg/kg) และความลึก 15-30 cm. มีค่า pH 5.32 และมีเปอร์เซ็นต์ของอินทรีย์วัตถุ 0.224 % มีค่า มีไนโตรเจนในดิน 0.0254 % มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 14.96 (mg/kg)และมีโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ 12.37 (mg/kg) (Table 1)

Table 1 Initial soil properties

Depth (cm)	pH (1:2.5 H ₂ O)	OM (%)	CEC (cmol/kg)	Total N (%)	Avail. P (mg kg ⁻¹)	Exch. K (mg kg ⁻¹)
0-15	5.43	0.240	1.685	0.0279	15.16	19.03
15-30	5.32	0.224	1.525	0.0254	14.96	12.37

ความสูงของมันสำปะหลัง

จากการศึกษาการใส่ปุ๋ยเคมีในสูตรและอัตราที่ต่างกันพบว่าความสูงของมันสำปะหลังโดยวัดจากความสูงของมันสำปะหลังในช่วงเดือนแรกคือเดือนมิถุนายน T4 มีความสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ 37.80 cm และต่ำที่สุดคือ T5 โดยต่ำที่สุดในช่วงเดือนแรกถึงเดือนที่ 3 คือช่วงเดือนมิถุนายน-สิงหาคมและในช่วงเดือนที่ 5 คือเดือนตุลาคม (30.37, 74.27, 130.67, 180.53 cm ตามลำดับ) ในขณะที่ในช่วงเดือนที่ 4 คือเดือนกันยายน T4 มีความสูงต่ำที่สุด (162.47 cm) อย่างไรก็ตามในช่วงเดือนที่ 2-6 คือตั้งแต่เดือนกรกฎาคม-พฤศจิกายน และในช่วงเดือนที่ 8 - 9 คือเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ T2 มีความสูงที่สุดอย่างมีนัยสำคัญ (กรกฎาคม 81.20 cm, สิงหาคม 152.47 cm, กันยายน 178.00 cm, ตุลาคม 196.07 cm, พฤศจิกายน 202.27 cm, มกราคม 200.73 cm, กุมภาพันธ์ 201.67 cm) ยกเว้นในช่วงเดือนที่ 7 คือเดือนธันวาคม พบว่า T3 สูงที่สุด (210.34 cm) และในเดือนสุดท้ายของการทดลอง ช่วงเดือนที่ 10 คือเดือนมีนาคม พบว่าความสูงของมันสำปะหลังสูงที่สุดที่ T3 (216.50 cm) และต่ำที่สุดคือ T4 (187.60 cm) โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Table 2) อย่างไรก็ตาม ตลอดช่วงการทดลองพบว่าความสูงเฉลี่ยของมันสำปะหลังสูงที่สุดที่ช่วงเดือนตุลาคม (Figure 1)

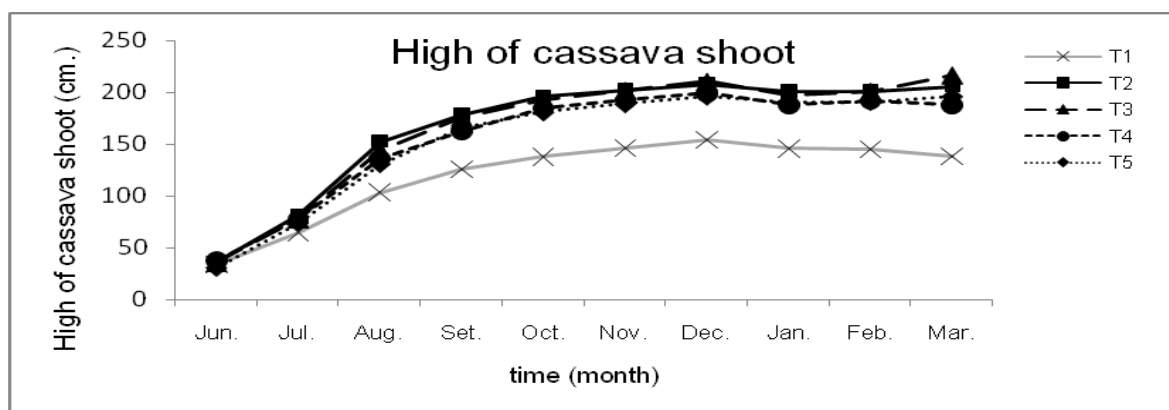


Figure 1 High of Cassava include (T1) control, (T2) 46-0-0 + 16-8-8 ratio 1:1 rates 50 kg rai⁻¹, (T3) 13-13-21 rates 100 kg rai⁻¹, (T4) Fertilizer base on soil test 8 kg N rai⁻¹, 8 kg P₂O₅ rai⁻¹, 8 kg K₂O rai⁻¹, (T5)15-7-18 rates 50 kg rai⁻¹

Table 2 The high of cassava

Treatment	The high of cassava shoot(cm.)									
	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
T1	33.73 ^{ab}	64.87 ^c	103.67 ^d	126.20 ^d	137.87 ^c	146.40 ^b	154.33 ^b	146.13 ^b	145.67 ^b	138.47 ^c
T2	36.27 ^a	81.20 ^a	152.47 ^a	178.00 ^a	196.07 ^a	202.27 ^a	208.00 ^a	200.73 ^a	201.67 ^a	205.87 ^{ab}
T3	35.76 ^a	77.86 ^{ab}	144.25 ^{ab}	176.13 ^{ab}	192.42 ^{ab}	201.58 ^a	210.34 ^a	197.70 ^a	200.86 ^a	216.50 ^a
T4	37.80 ^a	78.00 ^{ab}	136.33 ^{bc}	162.47 ^c	184.87 ^{ab}	192.27 ^a	199.33 ^a	187.53 ^a	191.53 ^a	187.60 ^b
T5	30.80 ^b	74.27 ^b	130.67 ^c	165.73 ^{bc}	180.53 ^b	188.33 ^a	195.67 ^a	190.20 ^a	190.53 ^a	195.67 ^{ab}
F-test	*	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV	16.96%	8.62%	10.92%	9.82%	11.49%	10.67%	11.96%	10.61%	12.91%	16.26%

Mean values followed by the same alphabet within a column are not significantly different ($p > 0.05$). * Significant effect at $p \leq 0.05$. **Significant effect at $p \leq 0.01$.

ขนาดของทรงพุ่มของต้นสำปะหลัง

จากการศึกษาการใส่ปุ๋ยในสูตรและอัตราที่ต่างกันพบว่าขนาดทรงพุ่มของต้นสำปะหลังในเดือนมิถุนายน T3 มีแนวโน้มของความยาวของทรงพุ่มมากที่สุด 69.27 cm และต่ำที่สุดคือ T5 61.60 cm หลังจากนั้นตั้งแต่เดือนกรกฎาคม-เดือนมีนาคม T2 มีความยาวของทรงพุ่มมากที่สุดตลอดการทดลอง (กรกฎาคม 133.07 cm, สิงหาคม 189.53 cm, กันยายน 192.53 cm, ตุลาคม 228.53 cm, พฤศจิกายน 232.93 cm, ธันวาคม 236.73 cm, มกราคม 243.40 cm, กุมภาพันธ์ 248.27 cm, มีนาคม 258.53 cm) ยกเว้นในเดือนกันยายนและเดือนกุมภาพันธ์ T3 มีแนวโน้มของความยาวของทรงพุ่มมากที่สุด (กันยายน 195.05 cm, กุมภาพันธ์ 249.16 cm) และต่ำที่สุดคือ T1 โดยมีความยาวของทรงพุ่มต่ำที่สุดตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นการทดลอง (มิถุนายน 64.07 cm, กรกฎาคม 106.07 cm, สิงหาคม 126.67 cm, กันยายน 151.33 cm, ตุลาคม 154.67 cm, พฤศจิกายน 158.00 cm, ธันวาคม 160.73 cm, มกราคม 158.33 cm, กุมภาพันธ์ 159.20 cm, มีนาคม 149.67 cm) โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Table 3, Figure 2)

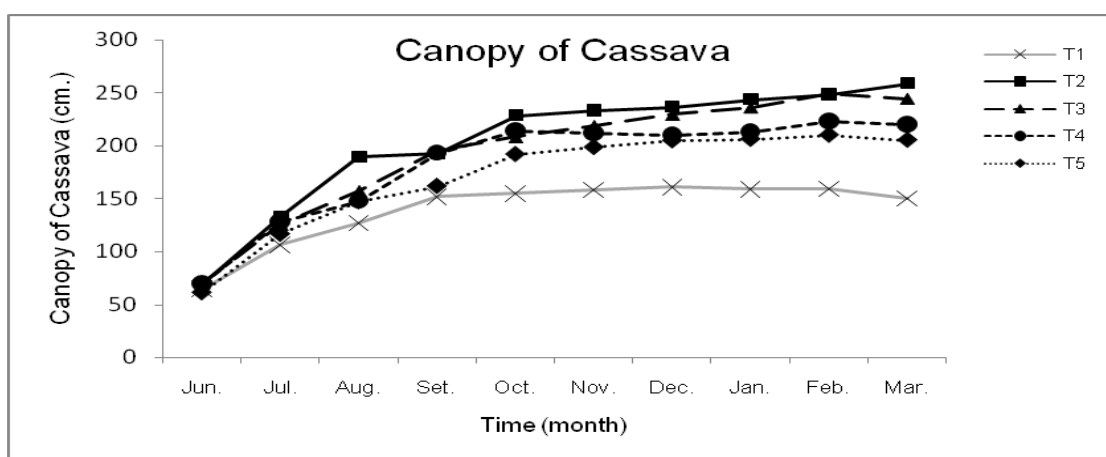


Figure 2 High of Cassava include (T1) control, (T2) 46-0-0 + 16-8-8 ratio 1:1 rates 50 kg rai⁻¹, (T3) 13-13-21 rates 100 kg rai⁻¹, (T4) Fertilizer base on soil test 8 kg N rai⁻¹, 8 kg P₂O₅ rai⁻¹, 8 kg K₂O rai⁻¹, (T5) 15-7-18 rates 50 kg rai⁻¹

Table 3 Canopy of Cassava

Treatment	Canopy of Cassava(cm.)									
	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.
T1	64.07 ^a	106.07 ^c	126.67 ^c	151.33 ^b	154.67 ^c	158.00 ^c	160.73 ^b	158.33 ^c	159.20 ^b	149.67 ^c
T2	69.67 ^a	133.07 ^a	189.53 ^a	192.53 ^a	228.53 ^a	232.93 ^a	236.73 ^a	243.40 ^a	248.27 ^a	258.53 ^a
T3	69.92 ^a	125.55 ^{ab}	157.50 ^b	195.05 ^a	208.21 ^{ab}	219.04 ^{ab}	229.47 ^a	236.34 ^{ab}	249.16 ^a	244.60 ^{ab}
T4	69.27 ^a	128.00 ^a	147.67 ^{bc}	193.13 ^a	213.67 ^{ab}	211.80 ^{ab}	209.67 ^a	212.73 ^{ab}	223.07 ^a	219.73 ^{ab}
T5	61.60 ^a	116.67 ^b	147.33 ^{bc}	161.80 ^b	191.80 ^b	198.40 ^b	204.67 ^a	206.13 ^b	209.93 ^a	205.27 ^b
F-test	ns	**	**	**	**	**	**	**	**	**
CV	17.68%	11.83%	18.80%	21.74%	22.08%	20.35%	24.20%	23.51%	25.07%	27.08%

Mean values followed by the same alphabet within a column are not significantly different ($p > 0.05$). * Significant effect at $p \leq 0.05$. **Significant effect at $p \leq 0.01$.

ผลผลิต

จากการศึกษาการใส่ปุ๋ยในสูตรและอัตราที่ต่างกันได้เก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งหมด 3 ช่วง ได้แก่ ในช่วงเดือนที่ 8, 9 และ 10 คือเดือนมกราคมกุมภาพันธ์ และมีนาคม พบว่าผลผลิตของน้ำหนักหัวมันในช่วงเดือนที่ 8 ดำเนินการทดลองที่ให้น้ำหนักของหัวมันสูงที่สุดคือ T3 (5.99 ตัน/ไร่) รองลงมาคือ T5 และ T4 (5.61 และ 5.20 ตัน/ไร่ ตามลำดับ) และน้อยที่สุดคือ T2 (4.60 ตัน/ไร่) โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญต่อมาในช่วงเดือนที่ 9 คือกุมภาพันธ์ ดำเนินการทดลองที่ให้น้ำหนักของหัวมันสูงที่สุดคือ T4 (6.29 ตัน/ไร่) รองลงมาคือ T3 และ T5 (5.24 และ 5.15 ตัน/ไร่ ตามลำดับ) และน้อยที่สุด T2 (4.82 ตัน/ไร่) และในเดือนสุดท้ายในช่วงเดือนที่ 10 คือช่วงมีนาคม ดำเนินการทดลองที่ให้น้ำหนักของหัวมันสูงที่สุดคือ T3 (8.45 ตัน/ไร่) รองลงมาคือ T2 และ T4 (6.37 และ 6.14 ตัน/ไร่ ตามลำดับ) และต่ำที่สุดคือ T5 (5.35 ตัน/ไร่) (Table 4)

Table 4 Weight of Cassava Head

Treatment	fresh cassava tuber weight (Tons rai ⁻¹)		
	Jan.	Feb.	Mar.
T1	3.82 ^c	3.32 ^c	3.66 ^c
T2	4.60 ^{bc}	4.82 ^b	6.37 ^b
T3	5.99 ^a	5.24 ^{ab}	8.45 ^a
T4	5.20 ^{ab}	6.29 ^a	6.14 ^b
T5	5.61 ^{ab}	5.15 ^{ab}	5.35 ^{bc}
F-test	**	**	**
CV	29.10 %	35.59 %	39.94 %

Mean values followed by the same alphabet within a column are not significantly different ($p > 0.05$). * Significant effect at $p \leq 0.05$. **Significant effect at $p \leq 0.01$

วิจารณ์

จากการศึกษาการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังพบว่าความสูงของมันสำปะหลังจะมีความสูงเพิ่มขึ้นจนเห็นได้ชัดในช่วง 5 เดือนแรก และทรงพุ่มของต้นมันสำปะหลังจะมีความยาวมากจนเห็นได้ชัดใน 5 เดือนแรกเช่นกัน ซึ่งในเดือนแรกที่มีการใส่ปุ๋ยคือเดือนมิถุนายนจะมีความสูงที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญและความยาวของทรงพุ่มไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ในเดือนกรกฎาคมหลังจากใส่ปุ๋ย 2 เดือนมีค่าความสูงและความยาวของทรงพุ่มที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ซึ่งจะเห็นว่าอัตราของปุ๋ยที่ใส่ลงไปจะเริ่มมีผลต่อการเจริญเติบโตในเดือนที่ 2 หลังจากใส่ปุ๋ยและเมื่อดูผลผลิตน้ำหนักของหัวมันสำปะหลังในเดือนมกราคมซึ่งเป็นช่วงเดือนที่ 8 หลังจากใส่ปุ๋ย พบว่า ดำเนินการทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ย 13-13-21 อัตรา 100

กก/ไร่ (T3) 5.99 ตัน/ไร่ และความสูง 197.70 cm และความยาวของทรงพุ่ม 236.34 cm รองลงมาจะเป็นตำหรับทดลองที่ 5 ใส่ปุ๋ย 15-7-18 อัตรา 50 กก/ไร่ (T5) 5.61 และความสูง 190.20 cm และความยาวของทรงพุ่ม 206.13 cm และน้อยที่สุด ตำหรับทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (T1) 3.82 ตัน/ไร่ ซึ่งจะมีความสูง 146.13 cm และความยาวของทรงพุ่ม 158.33 cm และในเดือนกุมภาพันธ์ซึ่งเป็นช่วงเดือนที่ 9 ตำหรับการทดลองที่ให้น้ำหนักของหัวมันสูงที่สุดคือ ตำหรับทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ย 8-8-8 ในอัตรา 100 กก/ไร่ (T4) 6.29 ตัน/ไร่ และความสูง 191.53 cm และความยาวของทรงพุ่ม 223.07 cm รองลงมาคือ ตำหรับทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ย 13-13-21 ในอัตรา 100 กก/ไร่ (T3) 5.24 ตัน/ไร่ และความสูง 200.86 cm และความยาวของทรงพุ่ม 249.16 cm และน้อยที่สุดคือตำหรับทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (T1) 3.32 ตัน/ไร่ ซึ่งจะมีความสูง 145.67 cm และความยาวของทรงพุ่ม 159.20 cm และในเดือนสุดท้ายคือ เดือนมีนาคม ซึ่งเป็นช่วงเดือนที่ 10 ตำหรับการทดลองที่ให้น้ำหนักของหัวมันสูงที่สุดคือ ตำหรับทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ย 13-13-21 อัตรา 100 กก/ไร่ (T3) 8.45 ตัน/ไร่ และความสูง 216.50 cm และความยาวของทรงพุ่ม 244.60 cm รองลงมาจะเป็น ตำหรับทดลองที่ 2 ใส่ปุ๋ย 46-0-0 + 16-8-8 อัตรา 50 กก/ไร่ (T2) 6.37 ตัน/ไร่ และความสูง 205.87 cm และความยาวของทรงพุ่ม 258.53 cm. และน้อยที่สุดคือ ตำหรับทดลองที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ย (T1) 3.66 ตัน/ไร่และความสูง 138.47 cm และความยาวของทรงพุ่ม 149.67 cm ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังทั้ง ความสูงและความยาวของทรงพุ่มมีผลต่อผลผลิตน้ำหนักของหัวมันสำปะหลังซึ่งจะเห็นได้ว่าในตำหรับการทดลองที่ให้ผลผลิต น้ำหนักของส่วนหัวของมันสูงก็จะมีค่าความสูงและความยาวของทรงพุ่มที่มากขึ้น

สรุป

จากการศึกษาการใช้ปุ๋ยเคมีในสูตรและอัตราต่างๆในการผลิตมันสำปะหลังในสูตรและอัตราที่ต่างกันจะพบว่าในแต่ ในตำหรับทดลองที่ 3 (T3) 13-13-21 ในอัตรา 100 กก/ไร่ให้ผลผลิตที่สูงที่สุดในเดือนที่ 8 และ 10 แต่ในตำหรับทดลองที่ 4 (T4) ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน 8 กก.N/ไร่, 8 กก.P₂O₅/ไร่ และ 8 กก.K₂O/ไร่ พบว่าให้น้ำหนักของหัวมันไม่แตกต่างกัน แต่ใน ตำหรับทดลองที่ให้ผลผลิตสูงที่สุดในเดือนที่ 8 และ 9 แต่มีการใช้ต้นทุนการผลิตที่น้อยกว่าในตำหรับทดลองที่ 2 และ 3 ใน การศึกษาภาคสนามพบว่าในพื้นที่มีความลาดชันที่เพียงเล็กน้อยซึ่งอาจจะมีผลต่อการทดลองและในพื้นที่ที่มีต้นไม้อยู่ ใกล้ซึ่งอาจจะทำให้การได้รับแสงแดดไม่เท่ากันอาจทำให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนได้ซึ่งในอนาคตในการศึกษาใน ภาคสนามควรมีการเลือกพื้นที่ที่ไม่มีความชัน

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่มอบทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ คณะ เกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนอาคารทดลองและอุปกรณ์ต่างๆ ทำให้การวิจัยสำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- จารุวรรณ เอี่ยมมะณี. 2554. การจัดการดินเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังในพื้นที่ที่มีความเหมาะสม สมปานกลาง (พื้นที่ จังหวัดนครราชสีมา). สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ.
- ชุมพล นาควิโรจน์, หรั่ง มีสวัสดิ์, กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และ มาโนช ดอนเส. 2540. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ ปุ๋ยเคมี 16-8-16 และ 16-16-16 กับมันสำปะหลัง. ในเอกสารประกอบการจัดนิทรรศการมันสำปะหลังและการ แปรรูปผลิตภัณฑ์โครงการเผยแพร่และขยายผลงานวิจัยเพื่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมครั้งที่ 1, 26-28 มิถุนายน
- โชติ สิทธิบุศย์, ชุมพล นาควิโรจน์, กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และ ชัยโรจน์ วงศ์วิวัฒน์ชัย. 2529. การปลูกพืชหมุนเวียนและ การใช้ปุ๋ยเพื่อการผลิตมันสำปะหลังระยะยาว, น. 63-74. ในเอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 4 เรื่อง “เราจะพัฒนาดินอีสานกันอย่างไร” จัดโดยสมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย ณ ห้องประชุมกรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- ทัศนีย์ อุตตะนันท์ และ จงรักษ์ จันทรเจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ การวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชา ปฐพีวิทยา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 108 น
- เพิ่มพูน กิตติกลกร. 2527. ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- มงคล ต๊ะอูน. 2548. เทคนิคและการวิเคราะห์ ในห้องปฏิบัติการดิน พืช น้ำและปุ๋ย. ภาควิชาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม

- คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ระวีวรรณ โชติพันธ์. 2552. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับการผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วินัย ศรวัต วุฒินันท์ ผาบสิมมา และเพ็ญเพ็ญ ศรวัต. 2553. การให้ผลผลิตของมันสำปะหลังในการปลูกหมุนเวียนตลอดทั้งปีในสภาพดินร่วนปนทรายของจังหวัดขอนแก่น รายงานเรื่องเติมผลการวิจัยที่สิ้นสุด ปีงบประมาณ 2553 ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น, กรมวิชาการเกษตร. 12 หน้า.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. มันสำปะหลังโรงงาน : เนื้อที่ปลูก เนื้อที่เก็บเกี่ยว ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่ ปี 2558-2560. เข้าถึงได้จาก: <http://www.oae.go.th/download/prcai/DryCrop/cassava.pdf> [เข้าถึงเมื่อ 1 มิถุนายน 2560].
- Cock, J. H. 1985. Cassava: a basic energy source in the tropics. Science. 218: 755-762.
- Fujii, K., C. Hayakawa, T. Panitkasate, I. Maskhao, S. Funakawa, T. Kosaki and E. Nawata. 2017. Acidification and buffering mechanisms of tropical sandy soil in northeast Thailand. Soil Tillage Res. 165: 80-87.
- Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of Digestion method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci.
- Jackson, M.L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey. USA. 498 p.

ผลของระยะเวลาในการหมักต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักเทศบาล
จากการหมักด้วยไส้เดือนดินสีแดง (*Eudrilus eugeniae*)

Influenced of composting time to chemical properties changes of municipal solid
waste by earthworms (*Eudrilus eugeniae*)

เกษมวันส ศรสุวรรณ¹ และนุกูล ถวิลถึง^{1*}

Kasemwanas Sornsawan¹ and Nukoon Tawinteung^{1*}

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการหมักต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักเทศบาล ด้วยไส้เดือนดินสีแดง (*Eudrilus eugeniae*) โดยขยะอินทรีย์ที่ผ่านการย่อยให้มีขนาดเล็ก ได้มาจากศูนย์กำจัดมูลฝอยอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 10 ดำรับ ประกอบด้วยระยะเวลาในการหมัก 10 ระยะคือ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 สัปดาห์ โดยเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใส่ไส้เดือนดินในแต่ละระยะการหมักที่เท่ากัน ใส่ไส้เดือนดินที่มีขนาดใกล้เคียงกัน 25 ตัว ในกระบะไม้ขนาด 15x15x15 ซม. ที่บรรจุขยะอินทรีย์ 1,500 กรัม รักษาความชื้นไว้ที่ร้อยละ 70 เก็บปุ๋ยหมักและแยกไส้เดือนดินเพื่อบันทึกน้ำหนัก และวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมัก จากผลการทดลองพบว่าไส้เดือนดินสีแดงสามารถย่อยสลายขยะอินทรีย์ได้ภายใน 6 สัปดาห์ (42 วัน) โดยไส้เดือนดินมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นสูงที่สุด 4.35 เท่า ในสัปดาห์ที่ 6 ปุ๋ยหมักไส้เดือนดินมีสภาพเป็นด่างปานกลาง (pH 8.2) และไส้เดือนดินสีแดงมีประสิทธิภาพต่ำในการลดค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมัก ขยะอินทรีย์จากกรุงเทพมหานครมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง (ร้อยละ 61.7) ทำให้อินทรีย์วัตถุของปุ๋ยหมักทั้งที่ใส่และไม่ใส่ไส้เดือนดินสูงตามไปด้วย สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนลดลงในสัปดาห์ที่ 8-10 อย่างไรก็ตามทุกระยะของการหมักมีสัดส่วนที่ต่ำกว่า 20 ปริมาณมหธาตุ (ยกเว้นโพแทสเซียม) และจุลธาตุเพิ่มขึ้น ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5-10

คำสำคัญ: ไส้เดือนดิน, ปุ๋ยหมักเทศบาล, ปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน

Abstract

The chemical properties changes in municipal solid waste compost during processing by earthworms (*Eudrilus eugeniae*) were investigated. Earthworms were introduced into each of 30 wood containers (15x15x15 cm) contained 1500 g of organic municipal solid waste from Bangkok (On-nut) disposal center. The composts were collected on each week over a period of ten weeks. Weights of earthworms were recorded. Compost samples were analyzed for chemical properties and compared to the others set of compost without earthworms. The result revealed that the composition was completed within 6 weeks (42 days) as the highest of earthworm weight (increased 4.35 times) was observed. Earthworms gave the higher pH (8.2) as compared to that of no earthworms (pH 7.6) and its shown weak ability to decreased electrical conductivity of compost. Organic municipal solid waste from Bangkok has high organic matter content (61.7%) reflected to high organic matter of composts in both with and without earthworm. The C/N ratio was decreased on the 8th-10th weeks. However, C/N ratio was lower than 20 in all period of decomposition. Macronutrients (N, P, Ca and Mg) and micronutrients (Fe, Mn, Cu and Zn) were increased from 5 to 10 weeks due to the mineralization of dead earthworms by microorganism. However, it was not observed on K.

Keywords: Municipal solid waste compost, Earthworm, Vermicompost, *Eudrilus eugeniae*

¹ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

Department of Plant Production Technology, Faculty of Agriculture Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

*Corresponding author: nukoon.ta@kmitl.ac.th

บทนำ

ปัญหาขยะนับว่าเป็นปัญหาที่สำคัญด้านสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น โดยเฉพาะตามเมืองใหญ่ๆ เช่นกรุงเทพมหานคร ที่พบขยะมูลฝอย (Municipal Solid Wastes, MSW) สูงถึง 4.21 ล้านตันในปี 2559 (กรมควบคุมมลพิษ, 2560) องค์ประกอบของขยะมูลฝอยของกรุงเทพมหานคร พบว่าเป็นกลุ่มขยะอินทรีย์มีมากที่สุดคือร้อยละ 50.34 โดยมูลฝอยส่วนหนึ่งของกรุงเทพมหานครนำไปกำจัดโดยการหมักเป็นปุ๋ยประมาณ 1,200 ตัน/วัน จากขยะทั้งหมด 9,900 ตัน/วัน (สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร, 2559) โดยกระบวนการหมักประกอบด้วยการย่อยมูลฝอยให้มีขนาดเล็กลง และอยู่ภายในถังหมักประมาณ 8-12 ชั่วโมง ก่อนที่จะนำขยะเข้าสู่โรงบ่มมูลฝอยให้ย่อยสลายกลายเป็นปุ๋ยอินทรีย์ โดยใช้เวลาประมาณ 40 วัน (ภาณุวัฒน์, 2559) ซึ่งปุ๋ยหมักที่ผลิตได้จะต้องอยู่ภายใต้เกณฑ์กำหนดมาตรฐานปุ๋ยอินทรีย์ ตามประกาศของกรมวิชาการเกษตร พ.ศ. 2550 จึงจะสามารถขึ้นทะเบียนและจำหน่ายเพื่อการค้าได้ นริสลักษณ์ (2548) รายงานผลการสำรวจปุ๋ยอินทรีย์เพื่อการค้าจำนวน 340 ตัวอย่างจาก 20 จังหวัด พบว่า 339 ตัวอย่าง ไม่ผ่านเกณฑ์กำหนดมาตรฐาน โดยสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคือ ปริมาณอินทรีย์วัตถุคิดเป็นร้อยละ 95 การย่อยสลายที่สมบูรณ์คิดเป็นร้อยละ 94 และค่าการนำไฟฟ้าคิดเป็นร้อยละ 52 ซึ่งสาเหตุปัญหาเหล่านี้ นอกจากจะเกิดจากการใช้เชื้อวัสดุอินทรีย์ที่ไม่เหมาะสมแล้ว ยังอาจเกิดจากระยะเวลาในการหมักที่ส่งผลเกิดการหมักที่ไม่สมบูรณ์ด้วย จากการวิจัยพบว่าการย่อยสลายขยะอินทรีย์ด้วยไส้เดือนดินส่งผลให้เกิดการย่อยสลายที่สมบูรณ์เร็วขึ้น (Neuhauser *et al.*, 1998; Frederickson *et al.*, 1997)

ไส้เดือนดินสามารถย่อยสลายอินทรีย์วัตถุได้แทบทุกชนิด โดยกินเศษซากอินทรีย์ต่างๆ รวมทั้งดินและจุลินทรีย์เข้าไปแล้วผ่านกระบวนการย่อยสลายภายในลำไส้ของไส้เดือนดิน แล้วจึงขับถ่ายเป็นมูลออกมาทางรูทวาร ซึ่งมูลที่ได้จะมีลักษณะเป็นเม็ดสีดำ พบจุลินทรีย์จำนวนมาก มีธาตุอาหารพืชในรูปที่เป็นประโยชน์สำหรับพืชในปริมาณที่สูง โดยพบธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมในรูปที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้น รวมทั้งยังช่วยลดสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน (อานัฐ, 2549; Nagavallema *et al.*, 2004) นอกจากนี้ Taeporamaysamai และ Ratanatamsku (2016) รายงานว่าการย่อยสลายขยะอินทรีย์ที่เป็นกรด (pH 4.3-4.7) เป็นเวลา 60 วัน ส่งผลให้ได้ปุ๋ยหมักไส้เดือนดินที่มีเป็นกลาง (pH 7) สภาพที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน จุลินทรีย์ และพืช ปุ๋ยหมักควรอยู่ในช่วง pH 5-9 (Singh *et al.*, 2013) ส่วนค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมักควรจะมีค่าน้อยกว่า 6 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ถึงจะเหมาะต่อการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน จุลินทรีย์ และไม่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (Yadav *et al.*, 2012) จากการศึกษาการใช้ไส้เดือนดินในการย่อยสลายขยะอินทรีย์ที่ผ่านมา ส่วนใหญ่จะให้ความสำคัญกับผลผลิตสุดท้ายคือปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน (Vermicompost) ส่วนการเปลี่ยนแปลงสมบัติของปุ๋ยหมัก ในช่วงระยะเวลาการหมักยังมีการศึกษาค้นคว้าน้อย ดังนั้นในการทดลองในครั้งนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการหมักต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของปุ๋ยหมักเทศบาล (กรุงเทพมหานคร) จากการหมักด้วยไส้เดือนดินสีแดง (*Eudrilus eugeniae*)

อุปกรณ์และวิธีการ

ขยะอินทรีย์ที่ผ่านการย่อยให้มีขนาดเล็ก ได้จากศูนย์กำจัดมูลฝอยอ่อนนุช กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีสมบัติเป็นต่างปานกลาง (pH 8.41) ค่าการนำไฟฟ้าสูงมาก (EC_e 12.15 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร) อินทรีย์วัตถุสูงถึงร้อยละ 61.7 มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ร้อยละ 2.22, 0.61, 0.26, 6.14 และ 0.21 ตามลำดับ ส่วนปริมาณจุลธาตุพบในปริมาณที่สูงมากคือ 10,088, 202, 215 และ 286 มก./กก. สำหรับเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีตามลำดับ มีสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน 19.2 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 10 ตำรับการทดลอง ประกอบด้วยระยะเวลาในการหมักขยะอินทรีย์ด้วยไส้เดือนดิน 10 ระยะคือ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 สัปดาห์ โดยเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใส่ไส้เดือนดินในระยะเวลาการหมักที่เท่ากัน ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยใส่ไส้เดือนดินสีแดง (*Eudrilus eugeniae*) เพราะทนต่อสภาพแวดล้อมต่างๆ ได้ มีการเจริญเติบโตดี และสามารถย่อยสลายขยะอินทรีย์ได้อย่างรวดเร็ว (อานัฐ, 2543) เลือกลำไส้เดือนดินที่มีขนาดใกล้เคียงกัน 25 ตัว (น้ำหนักรวม 7.4-7.9 กรัม) ในแต่ละกระบะไม้ขนาด 15x15x15 ซม. ที่บรรจุขยะอินทรีย์ปริมาณ 1,500 กรัม ควบคุมความชื้นไว้ที่ 70% โดยน้ำหนัก เก็บปุ๋ยหมักและคัดแยกไส้เดือนดินออกเพื่อบันทึกน้ำหนัก หลังจากนั้นนำปุ๋ยหมักไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง และบดให้ละเอียด นำตัวอย่างบางส่วนไปสกัดในขณะที่ยังมีน้ำ นำสารละลายที่ได้ไปวัดความเป็นกรด-ด่าง (Thomas, 1996) และค่าการนำไฟฟ้า (EC_e, saturation paste extract) (Rhoades, 1998) อินทรีย์วัตถุ (organic matter) โดยวิธี Loss on ignition/ LOI (Mark *et al.*, 2005) วิเคราะห์ความเข้มข้นของไนโตรเจนทั้งหมด โดยย่อยตัวอย่างด้วยกรดซัลฟูริก (H₂SO₄) จากนั้นนำไปกลั่นด้วยวิธี micro-Kjeldahl (Yoshida *et al.*, 1976) ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) คำนวณโดยใช้

สมการ $TOC = (0.4372 \times LOI) + 0.6631$, $r^2 = 0.9076^{**}$ (Tawinteung, 2015) แล้วนำไปคำนวณสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน ส่วนความเข้มข้นทั้งหมดของ ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) และสังกะสี (Zn) สกัดตัวอย่างโดยวิธีเผาให้เป็นเถ้า (Dry ashing) แล้ววัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (AAS) (Miller, 1998) สำหรับโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส และสังกะสี ส่วนฟอสฟอรัสวัดด้วยเครื่อง spectrophotometer นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์สถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลโดยใช้ ANOVA เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดย Least Significantly Difference (LSD) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างการใช้และไม่ใช้ไส้เดือนดินโดย Paired Sample T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลและวิจารณ์

1) การเจริญเติบโตของไส้เดือนดินสีแดง

ไส้เดือนดินมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วตั้งแต่สัปดาห์ที่ 1 โดยพบน้ำหนักเพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่า และพบการเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึง 4.35 เท่าในสัปดาห์ที่ 6 (42 วัน) หลังจากนั้นกลับพบว่าไส้เดือนดินมีน้ำหนักลดลงอย่างรวดเร็วจนกระทั่งใกล้เคียงกับน้ำหนักเริ่มต้นในสัปดาห์ที่ 8-10 ดังแสดงใน Figure 1 แสดงว่าไส้เดือนดินมีการย่อยสลายขยะอินทรีย์จนหมดใน 6 สัปดาห์ ส่งผลให้ไม่มีอาหารอย่างเพียงพอในสัปดาห์ที่ 7-10 จีรวัดน์ (2551) รายงานว่าความเร็วในการย่อยสลายขยะอินทรีย์ขึ้นกับชนิดของขยะอินทรีย์และพันธุ์ของไส้เดือนดิน โดยพบว่าไส้เดือนดินสีแดง (*Eudrilus eugeniae*) สามารถย่อยสลายมูลวัว เศษอาหาร เศษผัก และเศษผลไม้ได้ภายใน 10, 12, 8 และ 12 วันตามลำดับ

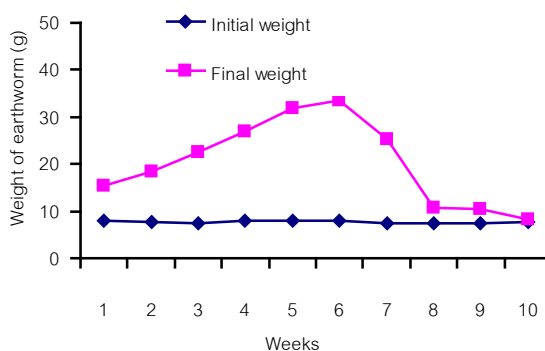


Figure 1 Changes of earthworm weight during municipal solid waste compost processing

2) การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง และค่าการนำไฟฟ้า

การใช้ไส้เดือนดินส่งผลให้ปุ๋ยหมัก กทม. มีค่าความเป็นกรด-ด่าง สูงกว่าการไม่ใช้ไส้เดือนดินอย่างเห็นได้ชัดในทุกระยะของการหมัก (Figure 1 A) โดยพบ pH 8.2 ในปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน และ pH 7.6 ในปุ๋ยหมักที่ไม่ใช้ไส้เดือนดิน (Table 1) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบผลของระยะเวลาในการหมักโดยไส้เดือนดิน กลับไม่พบว่าส่งผลให้ pH แตกต่างกัน (Table 2) โดยพบอยู่ในช่วง 8.1-8.4 Batham *et al.* (2014) รายงานว่าถ้าปุ๋ยหมักมี pH 7.0-8.0 แสดงว่าเข้าสู่สภาพมีการย่อยสลายที่ค่อนข้างสมบูรณ์ Taeporamaysamai และ Ratanatamsku (2016) รายงานว่าการย่อยสลายขยะอินทรีย์ที่เป็นกรด (pH 4.3-4.7) เป็นเวลา 60 วัน ส่งผลให้ได้ปุ๋ยหมักไส้เดือนดินที่มีเป็นกลาง (pH 7) ส่วนค่าการนำไฟฟ้า (ECe) พบว่าในปุ๋ยหมักที่ใช้ไส้เดือนดินมีค่าสูงกว่าปุ๋ยหมักที่ไม่ใช้ไส้เดือนดิน ถึงแม้ในบางช่วงเวลาของการหมักจะมีค่าใกล้เคียงกัน ดังแสดงใน Figure 1 (B) และ Table 1 เมื่อเปรียบเทียบผลของระยะเวลาในการหมักโดยไส้เดือนดินพบว่า ส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าลดลงตั้งแต่สัปดาห์ที่ 4 ของการหมัก แต่พบว่าการลดลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น (Table 2) Yadav *et al.*, (2012) กล่าวว่าค่าการนำไฟฟ้าเป็นสมบัติที่สำคัญในการบ่งชี้ถึงความสำเร็จในการหมัก โดยปุ๋ยหมักที่สมบูรณ์ควรมีค่าการนำไฟฟ้าไม่เกิน 6 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร

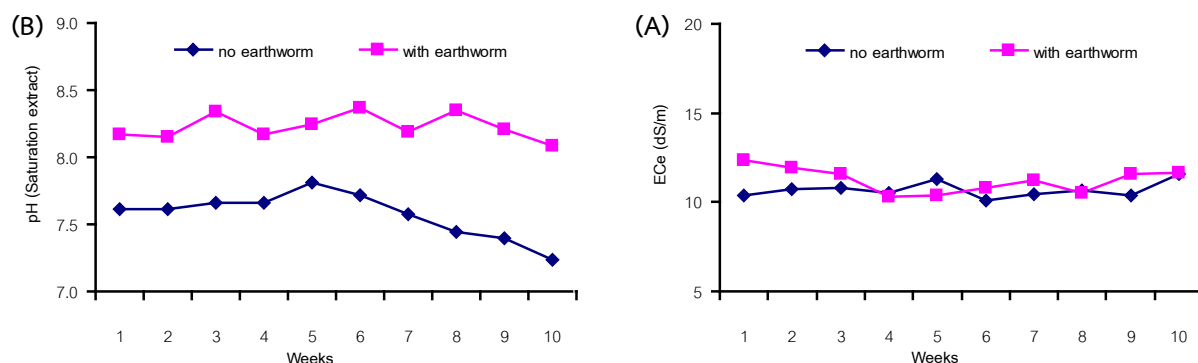


Figure 2 Changes in pH value (A) and Electrical Conductivity (ECe) (B) of municipal solid waste compost

Table 1 Characteristic of municipal solid waste compost during processing as compared between with and without earthworm

Treatment	pH	ECe dS/m	OM %	C/N ratio	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
							%				mg/kg		
no earthworm	7.6 b	10.7 b	55.4 a	12.7 a	2.06	0.706	0.246 a	7.1	0.237 b	11,649	248 b	261 a	413
with earthworm	8.2 a	11.2 a	53.2 b	11.8 b	2.10	0.692	0.227 b	7.2	0.250 a	11,683	281 a	247 b	397
F-test	**	**	**	**	ns	ns	**	ns	*	ns	**	**	ns

Note: Means followed by the same letters in a column is not significantly different according to the Least Significantly Difference, LSD ($p < 0.05$)

ns = not significantly different, * and ** = Significantly different at $p < 0.05$ and 0.01 respectively

3) การเปลี่ยนแปลงอินทรีย์วัตถุ และสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจน

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยหมักทั้งที่ใส่และไม่ใส่ไส้เดือนดินอยู่ในระดับที่สูง เพราะว่าขยะอินทรีย์ (กทม) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงถึงร้อยละ 61.7 หลังจากผ่านการหมักแล้วพบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลง โดยพบว่าการไม่ใส่ไส้เดือนดิน (ร้อยละ 55.4) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าการใส่ไส้เดือนดิน (ร้อยละ 53.2) (Table 1) Chefetz *et al.* (1998) รายงานว่าการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุเกิดขึ้นตลอดเวลาโดยจุลินทรีย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งองค์ประกอบที่เป็นโปรตีน เซลลูโลส และ เฮมิเซลลูโลสที่ย่อยสลายได้ง่าย ในกรณีสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนพบว่ามีอยู่ในระดับที่ไม่สูงเกินมาตรฐานทั้งปุ๋ยหมักทั้งที่ใส่และไม่ใส่ไส้เดือนดิน โดยพบในปุ๋ยหมักที่ใส่ไส้เดือนดิน (11.8) ต่ำกว่าการไม่ใส่ไส้เดือนดิน (12.7) เมื่อเปรียบเทียบผลของระยะเวลาในการหมักโดยไส้เดือนดินพบว่า ส่งผลให้สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนลดลงในสัปดาห์ที่ 8-10 อย่างไรก็ตามทุกระยะมีสัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนต่ำกว่า 20

4) การเปลี่ยนแปลงธาตุ

การใส่และไม่ใส่ไส้เดือนดิน ไม่ส่งผลให้มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และแคลเซียมในปุ๋ยหมักแตกต่างกัน (Table 1) แต่การไม่ใส่ไส้เดือนดินส่งผลให้มีปริมาณโพแทสเซียมสูงกว่าการใส่ไส้เดือนดิน ซึ่งให้ผลตรงข้ามกับแมกนีเซียมที่พบว่าการใส่ไส้เดือนดินมีปริมาณแมกนีเซียมสูงกว่าการไม่ใส่ไส้เดือนดิน เมื่อเปรียบเทียบผลของระยะเวลาในการหมักโดยพบว่า ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5 ถึงสัปดาห์ที่ 10 พบปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียมสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แต่กลับไม่พบว่าส่งผลต่อปริมาณโพแทสเซียม (ร้อยละ 0.201-0.239) (Table 2) โดยพบไนโตรเจน ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียมอยู่ในช่วงร้อยละ 2.08-2.45, 0.69-0.77, 7.01-7.71 และ 0.25-0.28 ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของธาตุมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของไส้เดือนดิน โดยหลังจากไส้เดือนดินตาย ซากของไส้เดือนดินจะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายและปลดปล่อยธาตุอาหารในรูปที่เป็นประโยชน์สำหรับพืชออกมา หรือเกิดการแร่ธาตุ (mineralization) Hoekstra *et al.*, (2002) กล่าวว่าความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารจากปุ๋ยหมักไส้เดือนดินขึ้นกับอัตราการแร่ธาตุ นอกจากนี้การเพิ่มขึ้นของปริมาณธาตุอาหารในรูปทั้งหมด (total) ยังอาจเกิดจากการที่คาร์บอนเปลี่ยนรูปเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ปุ๋ยหมักมีน้ำหนักลดลง ส่งผลให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารสูงขึ้น

Table 2 Characteristic of municipal solid waste compost during processing using earthworm

Treatments	pH	ECe dS/m	OM %	C/N ratio	N P K Ca Mg				
					%				
1 st week	8.17	12.3 a	53.2	12.9 a	1.91 de	0.649 cd	0.228	6.83 ef	0.247 bc
2 nd week	8.15	11.9 b	49.8	11.5 ab	1.98 cde	0.654 cd	0.217	7.17 bcde	0.224 c
3 rd week	8.33	11.6 bc	50.4	12.6 a	1.83 e	0.643 d	0.246	6.45 f	0.226 c
4 th week	8.17	10.3 e	53.6	12.9 a	1.92 de	0.674 cd	0.221	6.93 def	0.237 bc
5 th week	8.25	10.4 e	52.2	11.2 ab	2.15 bc	0.701 bc	0.239	7.50 abc	0.260 ab
6 th week	8.37	10.8 d	56.1	12.6 a	2.08 cd	0.686 bcd	0.207	7.06 cde	0.261 ab
7 th week	8.19	11.2 c	54.4	12.7 a	2.00 cde	0.735 ab	0.218	7.37 abcd	0.282 a
8 th week	8.35	10.5 de	55.9	11.4 ab	2.30 ab	0.773 a	0.237	7.71 ab	0.262 ab
9 th week	8.20	11.6 b	54.1	10.5 b	2.39 a	0.768 a	0.240	7.66 ab	0.252 abc
10 th week	8.08	11.7 b	52.1	9.80 b	2.45 a	0.772 a	0.219	7.56 abc	0.250 abc
F-test	ns	**	ns	**	**	**	ns	**	*
%CV	1.56	1.97	4.68	8.67	5.01	4.66	8.09	4.17	7.85

Note: Means followed by the same letters in a column is not significantly different according to the Least Significantly Difference, LSD ($p < 0.05$)

ns = not significantly different, * and ** = Significantly different at $p < 0.05$ and 0.01 respectively

4) การเปลี่ยนแปลงจุลธาตุ

การเปลี่ยนแปลงจุลธาตุพบในลักษณะเดียวกับการเปลี่ยนแปลงมหธาตุ โดยพบเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี ในปริมาณสูงขึ้นตั้งแต่สัปดาห์ที่ 5 จนถึงสัปดาห์ที่ 10 (Table 3) ทั้งนี้อาจเกิดจากการมีเอนอริลไลเซชัน (mineralization) ของซากไส้เดือนโดยจุลินทรีย์เช่นเดียวกัน ถึงแม้จะมีรายงานว่าไส้เดือนดินสามารถลดความเป็นพิษของโลหะหนักต่างๆ ได้โดยการกินโลหะเหล่านี้เข้าไปแล้วใช้ในกระบวนการเมตาบอลิซึมต่างๆ (Singh and Kalamdhad, 2012) นอกจากนี้ยังพบปริมาณจุลธาตุโลหะปริมาณสูงมาก โดยพบความเข้มข้นสูงสุดของเหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสี 12,780, 337, 278 และ 470 มก./กก. ตามลำดับ

Table 3 Micronutrients of municipal solid waste compost during processing using earthworm

Treatments	Fe	Mn	Cu	Zn
	mg/kg			
1 st week	10,851 c	231 c	217 c	315 d
2 nd week	10,710 c	239 c	215 c	318 d
3 rd week	10,795 c	284 abc	220 c	341 d
4 th week	11,251 bc	255 bc	242 bc	360 bcd
5 th week	11,538 b	253 bc	253 ab	429 ab
6 th week	11,185 bc	317 ab	250 ab	404 abc
7 th week	12,240 a	337 a	258 ab	418 abc
8 th week	12,722 a	324 a	278 a	447 a
9 th week	12,757 a	297 abc	275 a	472 a
10 th week	12,781 a	273 abc	255 ab	470 a
F-test	**	*	**	**
%CV	2.91	14.2	7.13	11.76

Note: Means followed by the same letters in a column is not significantly different according to the Least Significantly Difference, LSD ($p < 0.05$)

* and ** = Significantly different at $p < 0.05$ and 0.01 respectively

สรุป

ไส้เดือนดินสีแดงสามารถย่อยสลายขยะอินทรีย์ของกรุงเทพมหานครได้ภายใน 6 สัปดาห์ (42 วัน) ซึ่งสัปดาห์ที่ 6 ไส้เดือนดินมีการเจริญเติบโตสูงสุด โดยพบน้ำหนักเพิ่มขึ้นถึง 4.35 เท่า ปุ๋ยหมักไส้เดือนดินมีความเป็นกรด-ด่าง (pH 8.2) สูงกว่าปุ๋ยหมักที่ไม่ใส่ไส้เดือนดินอย่างชัดเจน (pH 7.6) นอกจากนี้ยังพบว่าการย่อยสลายขยะอินทรีย์โดยไส้เดือนดินสีแดงมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำ ในการลดค่าการนำไฟฟ้าของปุ๋ยหมักไส้เดือนดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในปุ๋ยหมักทั้งที่ใส่และไม่ใส่ไส้เดือนดิน อยู่ในระดับที่สูงเพราะขยะอินทรีย์กรุงเทพมหานคร มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงถึงร้อยละ 61.7 สัดส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนลดลงในสัปดาห์ที่ 8-10 อย่างไรก็ตามทุกระยะของการหมักมีสัดส่วนที่ต่ำกว่า 20 ปริมาณมหาธาตุ (ยกเว้นโพแทสเซียม) และจุลธาตุเพิ่มขึ้นตั้งแต่ตั้งสัปดาห์ที่ 5-10 ทั้งนี้อาจเกิดจากการมีแร่ธาตุละลาย (mineralization) ของซากไส้เดือนโดยจุลินทรีย์

เอกสารอ้างอิง

- กรมควบคุมมลพิษ. 2560. แผนปฏิบัติการ “ประเทศไทยไร้ขยะ”ตามแนวทาง “ประชารัฐ” ระยะ 1 ปี (พ.ศ. 2559-2560) กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร
- จิรวรรณ นวลพุดชา. 2551. การศึกษาเปรียบเทียบความเร็วและคุณภาพในการผลิตปุ๋ยหมักมูลไส้เดือนดินจากการย่อยสลายขยะอินทรีย์ชนิดต่างๆ โดยไส้เดือนดินที่เป็นสายพันธุ์ทางการค้าและสายพันธุ์ท้องถิ่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้. 137 น.
- นริลักษณ์ ชูรวเวช. 2548. เรื่องความรู้เกี่ยวกับปุ๋ยอินทรีย์ เอกสารวิชาการ กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- ภาณุวัฒน์ อ่อนเทศ. 2559. การจัดการมูลฝอยของกรุงเทพมหานคร และการจัดการมูลฝอยโดยชุมชน (CBM) สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร.
- สำนักสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร. 2559. รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม กรุงเทพมหานคร 2556-2557 โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด กรุงเทพมหานคร
- อานัฐ ตันโช. 2549. การจัดการขยะอินทรีย์โดยไส้เดือนดิน. มหาวิทยาลัยแม่โจ้ : เชียงใหม่
- อานัฐ ตันโช. 2543. การทำปุ๋ยจากขยะโดยใช้ไส้เดือนดิน. แม่โจ้ปริทัศน์ 1(6): 98-102.
- Batham, M., R. Arya and A. Tiwari. 2014. Time efficient co-composting of water hyacinth and industrial wastes by microbial degradation and subsequent vermicomposting. J Bioremed Biodeg, 5:3.
- Chefetz, B.A., F. Genevini, P. Tambone, F. Hadar and Y.C. Yona. 1998. Humic-acid transformation during composting of municipal solid waste. Journal of environmental quality, 27(4): p. 794-800.
- Frederickson, J., K.R. Butt, R.M. Morris and C. Danial. 1997. Combining vermiculture with traditional green waste composting systems. Soil Biol. Biochem. 29 (3-4), 725-730.
- Hoekstra NJ, T. Bosker and E. A. Lantinga. 2002. Effects of cattle dung from farms with different feeding strategies on germination and initial root growth of cress (*Lepidium sativum* L.). Agriculture, Ecosystems & Environment 93: 189-196.
- Mark, K. M., J. L. Francis, L. B. Selinge and F. O. Andrew. 2005. Influence of loss-on-ignition temperature and heating time on ash content of compost and manure. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 36: 2561-2573.
- Miller, R.O. 1998. High-temperature oxidation dry ashing. In Yash P. Kalra (ed). Handbook of Reference Methods for Plant Analysis. CRC Press Boca Raton Boston London New York Washington, D.C. pp. 53-56. Soil and Plant Analysis Council, Inc.
- Nagavallema K.P., S. P. Wani, L. Stephane, V. V. Padmaja, C. Vineela, R. M. Babu and K. L. Sahrawat. 2004. Vermicomposting: Recycling wastes into valuable organic fertilizer. Global Themeon Agrecosystems Report no. 8. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 20 p.

- Neuhauser, E.F., R.C. Loehr and M. R. Malecki. 1998. The potential of earthworms for managing sewage sludge. *In*: Edwards, C.A., Nauhauser, E.F. (Eds.), *Earthworms in Waste and Environmental Management*. SPB Academic Publishing, The Hague, pp. 9–20.
- Rhoades, J. D. 1982. Soluble salts. *In* AL Page et al, (eds). *Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties*. No. 9 in *Agron. 2nd ed.* pp. 167-179. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy. Inc.
- Singh, A., A. Jain, B. K. Sarma, P.C. Abhilash, P.C. and H. B. Singh. 2013. Solid waste management of temple floral offerings by vermicomposting using *Eisenia fetida*. *Waste Manag.* 33: 1113-1118.
- Singh, J. and A.S. Kalamdhad. 2012. Reduction of heavy metals during composting-a review. *Int. J. Environ. Prot.*, 2 (9): 36-43.
- Taeporamaysamai O. and C. Ratanatamskul. 2016. Co-composting of various organic substrates from municipal solid waste using an on-site prototype vermicomposting reactor. *International Biodeterioration & Biodegradation* 113: 357-366.
- Tawinteung, N. 2015. A Relationship between Loss on Ignition and Carbon Concentration Determined by Wet Digestion to Assess C/N Ratio of Plant Materials and Organic Fertilizers. *In* 2nd International Symposium on Agricultural Technology. Global Agriculture Trends for Sustainability. July 1-3, 2015. A-One The Royal Cruise Hotel Pattaya, Thailand.
- Thomas, G. W. 1996. Soil pH and soil acidity. *In* DL Spark et al, (eds) *Methods of Soil Analysis. Part III. Chemical Methods*. No. 5 in *Agronomy*. pp 475-490. Madison, Wisconsin: Soil Science Society of American, Inc.
- Yadav, K.D., V. Tare and M. M. Ahammed. 2012. Integrated composting vermicomposting process for stabilization of human faecal slurry. *Ecol. Eng.* 47: 24-29.
- Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cook and K. A. Gomez. 1976. Analysis for Total Nitrogen (Organic Nitrogen) in Plant Tissue. *In* *Laboratory Manual for Physiological Studies of Rice*. 3rd ed, pp. 14-16. Los Banos, Philippines: The International Rice Research Institute.

ผลการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันต่อการลดต้นทุนการผลิตข้าวโพดหวาน

Effective of PGPR-I biofertilizer on cost decreasing of sweet corn production

กัลยกร โปร่งจันทัก^{1*}, ภัสชญภณ หมื่นแจ้ง¹, นงลักษณ์ ปันลาย² และวีระพงษ์ เย็นอ่วม³Kunlayakorn Prongjunthuek^{1*}, Phatchayaphon Muenchang¹, Nongluk Punlai² and Weerapong Yen-uam³

บทคัดย่อ

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันต่อการลดต้นทุนการผลิตข้าวโพดหวาน โดยทำการศึกษาในข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริดจ์ 3 เป็นเวลา 2 ปี ในแปลงทดลองดินร่วนปนทรายที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ และแปลงดินร่วนปนเหนียวที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง ซึ่งวางแผนการทดลองแบบ RCB มี 7 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ คือ 1)ไม่ใส่ปุ๋ย 2)ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน 3)ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วัน 4)ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วัน ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราลดไนโตรเจน 100% ของปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 5)ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วัน ร่วมกับปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน 6)ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วัน ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 75% N-P₂O₅-K₂O ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน และ 7)ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 50% N-P₂O₅-K₂O ของปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ผลการทดลองพบว่า ในดินร่วนปนทราย การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วัน สามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนและฟอสเฟตได้ 50% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ส่วนดินร่วนปนเหนียว การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วัน สามารถลดการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนและโพแทสเซียมได้ 25-50% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน และให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (VCR) สูงกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินเพียงอย่างเดียว

คำสำคัญ : ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ ข้าวโพดหวาน พันธุ์ไฮ-บริดจ์ 3 ดินร่วนปนเหนียว ดินร่วนปนทราย

Abstract

The purpose of this experiment was to study the effective of PGPR-I on cost decreasing of sweet corn production. The study was conducted in sweet corn variety hi-brix 3 for 2 years at 2 locations: 1)Lop Buri Seed Center: clay loam soil with low organic matter and high available phosphorus and 2)Nakhon Sawan Agricultural Research and Development center: sandy loam soil with low organic matter and low available phosphorus. The RCB trials were planned to consist of 4 replications with 7 treatments: 1) no fertilizer 2) chemical fertilizer recommended rate 3) PGPR-I 4) PGPR-I with 100% N reduction of chemical fertilizer recommended rate 5) PGPR-I with 100% chemical fertilizer recommended rate 6) PGPR-I with 75% N-P₂O₅-K₂O of chemical fertilizer recommended rate and 7) PGPR-I with 50% N-P₂O₅-K₂O of chemical fertilizer recommended rate. The results showed that in sandy loam use of PGPR-I can decreased the use of nitrogen and phosphate fertilizers by 50% of the chemical fertilizer recommended rate. For clay loam, PGPR-I can be reduced nitrogen and potassium fertilizers by 25-50% of the chemical fertilizer recommended rate and provide higher economic returns (VCR) than 100% chemical fertilizer recommended rate treatment.

Keywords: PGPR biofertilizer sweet corn Hi-brix 3 sandy loam clay loam

¹ กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

¹ Agricultural Production Science Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok, Thailand 10900

² ศูนย์ขยายเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี อ.เมือง จ.ลพบุรี 15210

² Lop Buri Seed Center, Amphoe Mueang Lop Buri, Lop Buri, Thailand 15210

³ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ อ.ตากฟ้า จ.นครสวรรค์ 60190

³ Nakhon Sawan Agricultural Research and Development center, Amphoe Takfa, Nakhon Sawan, Thailand 60910

*corresponding author: kunlayakorn@hotmail.com

บทนำ

ข้าวโพดหวานมีคุณสมบัติประโยชน์มากมาย นอกจากจะใช้รับประทานเป็นผักสดแล้ว ยังสามารถนำไปแปรรูปได้หลายรูปแบบ เช่น ข้าวโพดหวานบรรจุกระป๋องทั้งฝัก หรือบรรจุกระป๋องเฉพาะเมล็ด ทำครีมหวานข้าวโพดแช่แข็ง ซึ่งผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เหล่านี้ สามารถส่งไปจำหน่ายยังตลาดต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี จีน และกลุ่มประเทศในแถบยุโรป พื้นที่เพาะปลูกสำคัญอยู่ทางภาคเหนือ ภาคตะวันตก และภาคกลาง ถึงแม้ว่าเกษตรกรนิยมการเพาะปลูกข้าวโพดหวานเป็นจำนวนมากแต่ก็ยังต้องเผชิญกับปัญหาต่าง ๆ เช่น ผลผลิตต่ำ ต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นเพราะว่าปัจจัยการผลิต เช่น ปุ๋ย สารเคมีป้องกันกำจัดวัชพืชและศัตรูพืชมีราคาแพง และปัญหาคุณภาพของผลผลิตไม่ได้มาตรฐาน ทำให้กำไรที่ได้จากการเพาะปลูกข้าวโพดหวานของเกษตรกรลดลง เกษตรกรจึงเปลี่ยนไปปลูกพืชอื่น ๆ ทดแทน เช่น อ้อย มันสำปะหลัง เป็นต้น จึงเป็นสาเหตุทำให้พื้นที่เพาะปลูกและผลผลิตข้าวโพดหวานมีแนวโน้มลดลง

การใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ในการช่วยเพิ่มผลผลิตและลดต้นทุนการผลิตจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง การวิจัยการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์ในการปลูกข้าวโพดหวานก็ยังประสบปัญหาจากด้านอื่น ๆ เช่น ความอุดมสมบูรณ์ของดิน พันธุ์ข้าวโพดหวานที่ใช้ และการจัดการดินและน้ำ ประกอบกับประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ สกูลและสายพันธุ์แบคทีเรีย ชนิดของพืช สมบัติของดิน ประชากรจุลินทรีย์ที่ออกฤทธิ์และเงื่อนไขทางสภาพแวดล้อม และโดยทั่วไปหลังการใส่ปุ๋ยชีวภาพปริมาณแบคทีเรียจะลดลงอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากความไม่เหมาะสมของสภาพแวดล้อมซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ จึงมักพบว่าผลการทดลองในสภาพปลอดเชื้อกับในธรรมชาติมีความแตกต่างกันมาก (Bashan and Levany, 1990; สมปองและศุภมาศ, 2551; Meunchang *et al.*, 2006a; Meunchang *et al.*, 2006b) นอกจากนี้ยังมีรายงานผลการวิจัยที่พบว่าการใช้แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชสายพันธุ์ที่คัดเลือกในท้องถิ่น มักให้ผลผลิตดีกว่าสายพันธุ์มาตรฐาน (type strains) และตำรับไม่ใส่แบคทีเรีย (Murty and Ladha 1988; Fulchieri and Frioni 1994) ซึ่งปัญหาดังที่กล่าวมาข้างต้นส่งผลให้ผลผลิตที่ได้จากการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์นั้นแตกต่างกันออกไป การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิกส์-วันต่อการลดต้นทุน การผลิตข้าวโพดหวาน

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการศึกษานี้ในแปลงทดลอง 2 แปลง คือ ศูนย์ขยายเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรีและศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ โดยก่อนดำเนินการทดลองได้ทำการเก็บตัวอย่างดินในแปลงทดลองทั้งสองแห่ง วิเคราะห์สมบัติทางเคมีบางประการ ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เพื่อคำนวณอัตราปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร (2548) และวางแผนการทดลองแบบ RCB รวม 7 กรรมวิธี 4 ซ้ำ ดังนี้

Details of treatments at Location 1 Lop Buri Seed Center (clay loam)

Treatments	2012	2013
1. No fertilizer	-	-
2. Recommended rate	26-0-5 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	20-0-0 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai
3. PGPR-I	PGPR-I	PGPR-I
4. PGPR-I + reduce 100% N of recommended rate	PGPR-I + 0-0-5 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	PGPR I + 20-0-0 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai ^{1/}
5. PGPR-I + 100% recommended rate	PGPR I + 26-0-5 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	PGPR I + 15-0-0 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai ^{2/}
6. PGPR-I + 75% recommended rate	PGPR-I + 19.5-0-3.75 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	PGPR-I + 10-0-0 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai ^{3/}
7. PGPR-I + 50% recommended rate	PGPR-I + 13-0-2.5 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	PGPR-I + 5-0-0 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai ^{4/}

^{1/}100% recommended rate, ^{2/}75% recommended rate, ^{3/}50% recommended rate, ^{4/}25% recommended rate

ปี 2555 ทำการปลูกและใส่ปุ๋ยรองพื้น เมื่อวันที่ 29 มิถุนายน 2555 และเก็บเกี่ยวเมื่อวันที่ 6 กันยายน 2555 (อายุ 69 วัน)

ปี 2556 ทำการปลูกและใส่ปุ๋ยรองพื้น เมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม 2556 และเก็บเกี่ยว เมื่อวันที่ 6 สิงหาคม 2556 (อายุ 69 วัน)

Details of treatments at Location 2 Nakhon Sawan Agricultural Research and Development Center (sandy loam)

Treatments	2012	2013
1. No fertilizer	-	-
2. Recommendation rate	30-10-10 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	30-10-0 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai
3. PGPR-I	PGPR-I	PGPR-I
4. PGPR-I + reduce 100% Nitrogen of recommended rate	PGPR-I + 0-10-10 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	PGPR-I + 0-10-0 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai
5. PGPR-I + 100% recommendation rate	PGPR-I + 30-10-10 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	PGPR-I + 30-10-0 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai
6. PGPR-I + 75% recommendation rate	PGPR-I + 22.5-7.5-7.5 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	PGPR-I + 22.5-7.5-0 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai
7. PGPR-I + 50% recommendation rate	PGPR-I + 15-5-5 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	PGPR-I + 15-5-0 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai

ปี 2555 ทำการปลูกและใส่ปุ๋ยรองพื้น เมื่อวันที่ 28 มิถุนายน 2555 และเก็บเกี่ยว เมื่อวันที่ 15 กันยายน 2555 (อายุ 78 วัน)
ปี 2556 ทำการปลูกและใส่ปุ๋ยรองพื้น เมื่อวันที่ 28 พฤษภาคม 2556 และเก็บเกี่ยว เมื่อวันที่ 7 สิงหาคม 2556 (อายุ 71 วัน)

สำหรับกรรมวิธีที่ใช้ปุ๋ยชีวภาพฟิสิฟิอาร์-วันนั้น ปุ๋ยชีวภาพฟิสิฟิอาร์-วันประกอบด้วย *Azospirillum* sp. 1×10^8 CFU/g, *Beijerinckia* sp. 1×10^6 CFU/g และ *Azotobacter* sp. 1×10^6 CFU/g คลุกเมล็ดข้าวโพดก่อนปลูก โดยใช้ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริดจ์ 3 มีขนาดแปลงทดลอง 6x5 ตร.ม. ระยะปลูก 0.75x0.25 ตร.ม. แปลงละ 8 แถว ๆ ละ 20 หลุม ๆ ละ 1 ต้น ทำการถอนแยกเมื่ออายุ 7 วัน ใส่ปุ๋ยยูเรียเป็นปุ๋ยแต่งหน้าเมื่ออายุ 30 วัน พร้อมพูนโคนและกำจัดวัชพืช เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิต

ผลและวิจารณ์

1. ศูนย์ขยายเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี (ดินร่วนปนเหนียว)

1.1 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ดิน ณ ศูนย์ขยายเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี จัดอยู่ในชุดดินวังสะพุง (Ws) โดยในปี 2555 ผลวิเคราะห์ดินที่ระดับ 0-20 ซม. พบว่า มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนเหนียว (clay loam) มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ประกอบด้วย อินทรีย์วัตถุ 1.42% ความเป็นกรด-ด่าง 6.63 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 176 มก./กก. และโพแทสเซียม 94.5 มก./กก. (Table 1) อัตราปุ๋ยแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ อัตรา 26-0-10 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) และในปี 2556 ผลวิเคราะห์ดินที่ระดับ 0-20 ซม. พบว่า เนื้อดินเป็นดินร่วนปนเหนียว (clay loam) มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ประกอบด้วย อินทรีย์วัตถุ 1.51% ความเป็นกรด-ด่าง 7.36 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 248 มก./กก. และโพแทสเซียม 155 มก./กก. (Table 1) อัตราปุ๋ยแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ อัตรา 20-0-0 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

Table 1 Chemical properties of soil at Lop Buri Seed Center in 2012-2013

Soil sample (0-20 cm)	pH (water 1:1)	OM (%)	Available P (mg/kg)	Exchangeable K (mg/kg)
2012	6.63	1.42	176	95
2013	7.36	1.51	248	155

1.2 ความสูงวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักฝักสดรวมเปลือก และน้ำหนักฝักสดปอกเปลือก

การทดลองในปี 2555 พบว่า กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามค่าวิเคราะห์ดินเพียงอย่างเดียว (26-0-5 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่) มีความสูงของต้นข้าวโพดสูงที่สุด 184.70 ซม. และใกล้เคียงกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราอื่น ๆ รวมไปถึงกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย (180.30 ซม.) ส่วนกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิสิฟิอาร์-วันเพียงอย่างเดียวมีความสูงของต้นข้าวโพดต่ำที่สุด คือ 171.90 ซม. และทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 2) ส่วนการทดลองในปี 2556 พบว่าต้นข้าวโพดในแปลง

ทดลองดินร่วนปนเหนียวทุกกรรมวิธีมีความสูงวันเก็บเกี่ยวสูงกว่าการทดลองในปี 2555 นอกจากนี้ยังพบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 20-0-0 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่ มีความสูงของต้นข้าวโพด ณ วันเก็บเกี่ยวสูงที่สุด 189.0 ซม. และใกล้เคียงกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราอื่น ๆ รวมไปถึงกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ย (181.6 ซม.) และทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของเทียนชัย (2537) ที่รายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ความสูงของต้นข้าวโพดเมื่ออายุ 60 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ต้นข้าวโพดมีความสูงมากกว่าการที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ กันไม่ทำให้ความสูงของต้นข้าวโพดแตกต่างกันในช่วงอายุ 30-60 วัน

น้ำหนักรวมผลผลิตของแปลงทดลองดินร่วนปนเหนียวในปี 2555 พบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน 26-0-5 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่ มีน้ำหนักรวมผลผลิตสูงที่สุด 5,178 กก./ไร่ ส่วนกรรมวิธีอื่น ๆ มีน้ำหนักรวมผลผลิตทั้งเปลือกใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 2) ส่วนการทดลองในปี 2556 พบว่า มีผลการทดลองไปในทิศทางเดียวกัน คือ กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามค่าวิเคราะห์ดินเพียงอย่างเดียว (20-0-0 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่) มีน้ำหนักรวมผลผลิตสูงที่สุด คือ 4,462 กก./ไร่ และทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ยังพบว่า กรรมวิธี ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมี 75% อัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน และ ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมี 50% อัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินของทั้ง 2 ปี มีน้ำหนักรวมผลผลิตใกล้เคียงกัน คือ 4,773 4,760 3,973 และ 3,858 กก./ต่อไร่ ตามลำดับ (Table 2) ผลการทดลองข้างต้นสอดคล้องกับรายงานของ Hungria et al. (2010) ที่กล่าวว่า การใส่เชื้อ *Azospirillum brasilense* ก่อนการปลูกสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวโพดได้ 24-30 % เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ใส่เชื้อ

น้ำหนักรวมผลผลิตของข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริดจ์ 3 ของทุกกรรมวิธีในการทดลองทั้ง 2 ปีใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยในปี 2555 กรรมวิธีที่มีน้ำหนักรวมผลผลิตสูงที่สุด คือ กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน 26-0-5 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่ (3,716 กก./ไร่) รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน 26-0-5 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่ (3,418 กก./ไร่) และกรรมวิธีที่มีน้ำหนักรวมผลผลิตเปลือกต่ำสุด คือ กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 0-0-5 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่ (ลด N 100%) 3,116 กก./ไร่ ส่วนในปี 2556 พบว่า กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินเพียงอย่างเดียว (20-0-0 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่) มีน้ำหนักรวมผลผลิตสูงที่สุด 3,062 กก./ไร่ รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน 15-0-0 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่ (2,982 กก./ไร่) ซึ่งสลับกับผลการทดลองในปี 2555 (Table 2)

Table 2 Effect of PGPR-I and chemical fertilizer applications on plant height at harvesting day, fresh pod with peal and fresh pod without peal of Hi-brix 3 at Lop Buri Seed Center in 2012-2013

Treatments	Plant Height		Fresh pod with peal		Fresh pod without peal	
	cm		kg/rai			
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
1. No fertilizer	180.0 a	181.6 ab	4,573	3,787	3,124	2,649
2. Recommendation rate	184.7 a	184.7 ab	4,658	4,462	3,418	3,062
3. PGPR-I	171.0 b	173.5 b	4,556	3,533	3,240	2,418
4. PGPR-I + reduce 100% N of recommended rate	180.2 a	189.0 a	4,458	4,253	3,116	2,706
5. PGPR-I + 100% recommendation rate	182.6 a	187.5 ab	5,178	4,302	3,716	2,982
6. PGPR-I + 75% recommendation rate	182.3 a	186.0 ab	4,773	3,973	3,213	2,742
7. PGPR-I + 50% recommendation rate	181.2 a	179.7 ab	4,760	3,858	3,338	2,618
CV (%)	2.36*	3.65*	9.57 ^{ns}	12.51 ^{ns}	10.75 ^{ns}	15.53 ^{ns}

^{ns} = non-significant

Values followed by the same letter in a column are not significant at 5% level by the Duncan Multiple Range Test.

1.3 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนของการลงทุนโดยการวิเคราะห์หาอัตราส่วนระหว่างรายได้จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย (VCR) ในปี 2555 พบว่า กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน 26-0-5 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่ มี VCR สูงที่สุด 5.85 และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 13-0-2.5 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่ (ลด N-P-K 50%) มีค่า VCR รองลงมา คือ 3.55 (table 3) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมี สามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ 50% โดยที่ผลตอบแทนของการลงทุนใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์ร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ส่วนผลการทดลองในปี 2556 พบว่า กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน 20-0-0 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่ มีค่า VCR สูงที่สุด 6.76 ซึ่งใกล้เคียงกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 15-0-0 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่ (ลด N-P-K 25%) มีค่า VCR เท่ากับ 6.66 (Table 6) ซึ่งจะเห็นได้ว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมี สามารถลดการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ 25% โดยที่ผลตอบแทนของการลงทุนใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน

Table 3 Value to cost ratio (VCR) of Hi-brix 3 production when use PGPR-I with chemical fertilizers at Lop Buri Seed Center in 2012-2013

Treatments	2012				
	Yield	Increase yield	Increase income ^{1/}	Fertilizer cost ^{2/}	VCR ^{3/}
	kg/rai		Baht		
1. No fertilizer	4,573	-	-	-	-
2. 26-0-5 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	4,658	85	850	1,014	0.84
3. PGPR-I	4,556	-17	-170	20	-8.5
4. PGPR-I + 0-0-5 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	4,458	-115	-1,150	187	-6.16
5. PGPR I + 26-0-5 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	5,178	605	6,050	1,034	5.85
6. PGPR-I + 19.5-0-3.75 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	4,773	200	2,000	781	2.56
7. PGPR-I + 13-0-2.5 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	4,760	187	1,870	527	3.55
2013					
1. No fertilizer	3,787	-	-	-	-
2. 20-0-0 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	4,462	675	5,400	798	6.76
3. PGPR-I	3,533	-254	-2,032	20	-101.60
4. PGPR I + 20-0-0 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai ¹	4,253	466	3,728	818	4.56
5. PGPR I + 15-0-0 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai ²	4,302	515	4,120	619	6.66
6. PGPR-I + 10-0-0 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai ³	3,973	486	1,488	419	3.55
7. PGPR-I + 5-0-0 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai ⁴	3,858	71	568	220	2.59

^{1/}Fresh pod with peal at October 2012 = 10,000 baht/ton and 8,000 baht/ton at October 2013

^{2/} Fertilizer price on 2012 as followed; 46-0-0 = 15.00 baht/kg, 0-0-60 = 20 baht/kg and PGPR-I 20 baht/bag (usage 1 bag/rai)
Fertilizer price on 2013 as followed; 46-0-0 = 18.36 baht/kg, 0-40-0 = 20 baht/kg and PGPR-I 20 baht/bag (usage 1 bag/rai)

^{3/}Value to Cost Ratio (VCR), VCR = (increase income from using fertilizer/fertilizer cost); critical level is 2.0

2. ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ (ดินร่วนปนทราย)

2.1 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ดิน ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรนครสวรรค์ จัดอยู่ในชุดดินน้ำฟอง (Ng) โดยในปี 2555 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่ระดับ 0-20 ซม. พบว่า เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ประกอบด้วย อินทรีย์วัตถุ 1.28% ความเป็นกรด-ด่าง 5.8 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 2 มก./กก. โพแทสเซียม 110 มก./กก. (Table 4) อัตราปุ๋ยแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ อัตรา 30-10-10 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) และในปี 2556 ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่ระดับ 0-20 ซม. พบว่า เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) มี

ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ประกอบด้วย อินทรีย์วัตถุ 1.05% ความเป็นกรด-ด่าง 5.8 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 11 มก./กก. โพแทสเซียม 140 มก./กก. (Table 4) อัตราปุ๋ยแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ที่ใช้ในการทดลองนี้ คือ อัตรา 30-10-0 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ /ไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

Table 4 Chemical properties of soil at Nakhon Sawan Agricultural Research and Development center in 2012-2013

Soil sample (0-20 cm)	pH (water 1:1)	OM (%)	Available P (mg/kg)	Exchangeable K (mg/kg)
2012	5.80	1.28	2	110
2013	5.80	1.05	11	140

2.2 ความสูงวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักฝักสดรวมเปลือก และน้ำหนักฝักสดปอกเปลือก

การทดลองในปี 2555 พบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 15-5-5 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ /ไร่ (ลด N-P-K 50%) มีความสูงต้นข้าวโพดสูงที่สุด 140 ซม. ซึ่งใกล้เคียงกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราตามแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินเพียงอย่างเดียว (30-10-10 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ /ไร่) และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินต้นข้าวโพดมีความสูง 139.6 และ 140 ซม. ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันเพียงอย่างเดียว ต้นข้าวโพดมีความสูงต่ำสุด 100.1 ซม. และใกล้เคียงกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 0-10-10 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ /ไร่ (ลด N 100 เปอร์เซ็นต์) ที่ต้นข้าวโพดมีความสูง 102.4 เซนติเมตร นอกจากนี้ทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5) ส่วนการทดลองในปี 2556 พบว่า ทุกกรรมวิธีทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินเพียงอย่างเดียว (30-10-0 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ /ไร่) มีความสูงต้นข้าวโพดสูงที่สุด 163.9 ซม. ซึ่งใกล้เคียงกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 22.5-7.5-0 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ /ไร่ (ลด N-P-K 25%) เช่นเดียวกับผลการทดลองของเทียนชัย (2537) ที่รายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ความสูงของต้นข้าวโพดเมื่ออายุ 60 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนทำให้ต้นข้าวโพดมีความสูงมากกว่าการที่ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน แต่การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราต่าง ๆ กันไม่ทำให้ความสูงของต้นข้าวโพดแตกต่างกันในช่วงอายุ 30-60 วัน นอกจากนี้ยังพบว่าทุกกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยในปี 2556 ต้นข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริด 3 มีความสูงสูงกว่าปี 2555

น้ำหนักฝักสดรวมเปลือกของการทดลอง ปี 2555 พบว่า ทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน 30-10-10 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ /ไร่ มีน้ำหนักฝักสดรวมเปลือกสูงที่สุด 1,551 กก./ไร่ ส่วนกรรมวิธีที่ไม่ใส่ปุ๋ยมีน้ำหนักฝักสดรวมเปลือกต่ำที่สุด 346 กก./ไร่ ผลการทดลองข้างต้นสอดคล้องกับรายงานของ Hungria et al. (2010) ที่กล่าวว่า การใส่เชื้อ *Azospirillum brasilense* ก่อนการปลูกสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวโพดได้ 24–30% เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ใส่เชื้อ นอกจากนี้ยังพบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราตามค่าวิเคราะห์ดิน (30-10-10 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ /ไร่) และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 22.5-7.5-7.5 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ /ไร่ (ลด N-P-K 25%) มีน้ำหนักฝักสดรวมเปลือกใกล้เคียงกัน คือ 1,422 และ 1,456 กก./ไร่ และทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 5) ส่วนผลการทดลองในปี 2556 พบว่า กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินเพียงอย่างเดียว (30-10-0 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ /ไร่) มีน้ำหนักฝักสดรวมเปลือกสูงที่สุด คือ 1,920 กก./ไร่ รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 22.5-7.5-0 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ /ไร่ (ลด N-P-K 25%) มีน้ำหนักฝักสดรวมเปลือก 1,879 กก./ไร่ และทุกกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5)

การทดลองในปี 2555 พบว่า กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน (30-10-10 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ /ไร่) มีน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกสูงที่สุด 1,034 กก./ไร่ รองลงมา คือ กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน (30-10-10 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ /ไร่) และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 15-5-5 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ /ไร่ (ลด N-P-K 50 %) 925 และ 883 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนกรรมวิธีที่มีน้ำหนักฝักสดปอกเปลือกต่ำสุด คือ กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 0-10-10 กก. $N-P_2O_5-K_2O$ /ไร่ (ลด N 100%) 156 กก./ไร่ โดยทุกกรรมวิธีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนผลการทดลองในปี 2556 พบว่า

ทุกกรรมวิธีทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินเพียงอย่างเดียว (30-10-0 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่) มีน้ำหนักฝักสดปกเปลือกสูงที่สุด คือ 1,517 กก./ไร่ ซึ่งใกล้เคียงกับกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 22.5-7.5-0 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่ (ลด N-P-K 25%) ที่มีน้ำหนักฝักสดปกเปลือก 1,487 กก./ไร่ ส่วนกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วันเพียงอย่างเดียวมีน้ำหนักฝักสดปกเปลือกต่ำที่สุด คือ 545 กก./ไร่ (Table 5)

เมื่อทำการเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่าง 2 แปลงทดลอง พบว่า แปลงทดลองดินร่วนปนเหนียวทุกกรรมวิธี ข้าวโพดหวานพันธุ์ไฮ-บริดจ์ 3 มีความสูงวันเก็บเกี่ยว น้ำหนักฝักสดรวมเปลือกและน้ำหนักฝักสดปกเปลือก สูงกว่าแปลงทดลองดินร่วนปนทราย ซึ่งผลการทดลองข้างต้น ชี้ให้เห็นว่าประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ สกูลและสายพันธุ์แบคทีเรีย ชนิดของพืช สมบัติของดิน ประชากรจุลินทรีย์ที่ออกฤทธิ์และเงื่อนไขทางสภาพแวดล้อม โดยทั่วไปหลังการใส่ปุ๋ยชีวภาพปริมาณแบคทีเรียจะลดอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของสภาพแวดล้อมซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ จึงมักพบว่าผลการทดลองในสภาพปลอดเชื้อกับในธรรมชาติมีความแตกต่างกันมาก (Bashan and Levanony, 1990, สมปองและศุภมาส. 2551, Meunchang, *et al.*, 2006a, Meunchang, *et al.*, 2006b)

Table 5 Effect of PGPR-I and chemical fertilizer applications on plant height at harvesting day, fresh pod with peal and fresh pod without peal of Hi-brix 3 at Nakhon Sawan Agricultural Research and Development Center in 2012-2013

Treatments	Plant Height		Fresh pod with peal		Fresh pod without peal	
	cm		kg/rai			
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
1. No fertilizer	105.8 b	99.8 ca	346 b	516 b	208 c	667 b
2. Recommendation rate	139.6 a	163.9 ab	1,551 a	1,920 a	1,034 a	1,517 a
3. PGPR-I	100.1 b	124.2 ba	326 b	759 b	201 c	545 b
4. PGPR-I + reduce 100% N of recommended rate	102.4 b	125.2 ba	275 b	842 b	156 c	610 b
5. PGPR-I + 100% recommendation rate	140.0 a	142.8 ab	1,422 a	1,600 a	925 ab	1,135 a
6. PGPR-I + 75% recommendation rate	124.8 ab	156.6 ab	1,446 a	1,879 a	612 b	1,487 a
7. PGPR-I + 50% recommendation rate	140.0 a	142.9 ab	1,254 a	1,659 a	883 ab	1,319 a
CV (%)	10.44**	8.79*	16.43**	17.66*	27.52**	21.06*

*Values followed by the same letter in a column are not significant at 5% level by the Duncan Multiple Range Test.

**Values followed by the same letter in a column are not significant at 1% level by the Duncan Multiple Range Test.

2.3 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนของการลงทุนโดยการวิเคราะห์หาอัตราส่วนระหว่างรายได้จากผลผลิตที่เพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย (VCR) พบว่า การทดลองในปี 2555 กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 15-5-5 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่ (ลด N-P-K 50%) มีค่า VCR สูงที่สุด 8.97 รองลงมา คือกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 22.5-7.5-0 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่ (ลด N-P-K 25%) มีค่า VCR เท่ากับ 7.36 จากผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจนี้ทำให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา ลด N-P-K 50% ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงกว่า (Table 6) ส่วนการทดลองในปี 2556 พบว่า กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วันเพียงอย่างเดียวมีค่า VCR สูงที่สุด 97.20 รองลงมา คือกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตรา 15-5-0 กก. N-P₂O₅-K₂O /ไร่ (ลด N-P-K 50%) มีค่า VCR เท่ากับ 10.53 และจากผลการวิเคราะห์ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจนี้ทำให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพพีจีพีอาร์-วันร่วมกับปุ๋ยเคมีอัตราลด N-P-K 50% ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่สูงกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน (Table 6)

Table 6 Value to cost ratio (VCR) of Hi-brix 3 production when use PGPR-I with chemical fertilizers at Nakhon Sawan Agriculture Research and Development Center in 2012-2013

Treatments	2012				VCR ^{3/}
	Yield	Increase yield	Increase income ^{1/}	Fertilizer cost ^{2/}	
	kg/rai		Baht		
1. No fertilizer	346	-	-	-	-
2. 30-10-10 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	1,551	1,205	12,050	1,986	6.07
3. PGPR-I	326	-20	200	20	-10
4. PGPR-I + 0-10-10 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	275	-71	710	1,353	-0.05
5. PGPR-I + 30-10-10 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	1,422	1,076	10,760	1,979	5.44
6. PGPR-I + 22.5-7.5-7.5 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	1,456	1,110	11,100	1,509	7.36
7. PGPR-I + 15-5-5 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	1,254	908	9,080	1,013	8.97
2013					
1. No fertilizer	516	-	-	-	-
2. 30-10-0 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	1,920	1,404	11,232	1,697	6.62
3. PGPR-I	759	243	1,944	20	97.2
4. PGPR-I + 0-10-0 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	842	326	2,608	520	5.02
5. PGPR-I + 30-10-0 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	1,600	1,084	8,672	1,717	5.05
6. PGPR-I + 22.5-7.5-0 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	1,879	1,363	10,904	1,293	8.43
7. PGPR-I + 15-5-0 kg N-P ₂ O ₅ -K ₂ O /rai	1,659	1,143	9,144	869	10.53

^{1/} Fresh pod with peel at October 2012 = 10,000 baht/ton and 8,000 baht/ton at October 2013

^{2/} Fertilizer price on 2012 as followed; 46-0-0 = 15.00 baht/kg, 0-0-60 = 20 baht/kg and PGPR-I 20 baht/bag (usage 1 bag/rai)
Fertilizer price on 2013 as followed; 46-0-0 = 18.36 baht/kg, 0-40-0 = 20 baht/kg and PGPR-I 20 baht/bag (usage 1 bag/rai)

^{3/} Value to Cost Ratio (VCR), VCR = (increase income from using fertilizer/fertilizer cost); critical level is 2.0

สรุป

ดินร่วนปนเหนียวที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำและมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงมาก การใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันสามารถลดการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนและโพแทสเซียมได้ 25-50% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดิน ส่วนในดินร่วนปนทรายที่มีอินทรีย์วัตถุและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ การใส่ปุ๋ยชีวภาพฟิซีฟิอาร์-วันสามารถลดการใส่ปุ๋ยเคมีไนโตรเจนและโพแทสเซียมได้ 50% ของอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร (2548) และให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ (VCR) สูงกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราแนะนำตามค่าวิเคราะห์ดินเพียงอย่างเดียว

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 121 หน้า.
- เทียนชัย สุวรรณเวช. 2537. อิทธิพลของจำนวนประชากรและการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงของผลผลิตข้าวโพดในดินเหนียวสีดำ, น. 92-93. ใน บทความงานวิจัยประจำปีงบประมาณ 2535-2537 ของคณาจารย์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- สมปอง หมั่นแจ้ง และ ศุภมาศ พินิจศักดิ์พัฒนา. 2551. การใช้ผลพลอยได้จากโรงงานน้ำตาล แบคทีเรียตรึงไนโตรเจนและส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในการผลิตพืช, น. 250-252. ใน รางวัลสภาวิจัยแห่งชาติ : รางวัลวิทยานิพนธ์ประจำปี 2550.
- Bashan, Y. and H. Levanony. 1990. Current Status of *Azospirillum* Inoculation Technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. Can. J. Microbiol. 36:591-608.
- Fulchieri, M. and L. Frioni. 1994. *Azospirillum* inoculation on maize (*Zea mays*): Effect on yield in a field experiment in central Argentina. Soil Biol. Biochem. 26:921-923.

- Hungria, M., R.J. Compo, E.M. Souza and F.O. Pedrosa. 2010. Inoculation with selected strains of *Azospirillum brasilense* and *A.lipoferum* improves yields of maize and wheat in Brazil. *Plant Soil* 331:413-425.
- Jacoud, C., D. Job, P. Wadoux and R. Bally. 1999. Initiation of root growth stimulation by *Azospirillum lipoferum* CRT1 during maize seed germination. *Can. J. Microb.* 45:339-342.
- Mehnaz, S., M. S. Mirza, J. Huarat, R. Bally, P. Normand and K. A. Malik. 2001. Isolation and 16S rRNA sequence analysis of the beneficial bacteria from the rhizosphere of rice. *Can J Microbiol* 47: 110-117.
- Meunchang, S., Panichsakpatana, S., Ando, S. and Yokoyama, T. 2004. Phylogenetic and Physiological Characterization of Indigenous *Azospirillum* Isolates in Thailand. *Soil Sci. Plant Nutr.* 50(3):413-421.
- Meunchang, S., S. Panichsakpatana and R.W. Weaver. 2006a. Tomato growth in soil amended with Sugar mill by-products compost containing N₂-fixing bacteria. *Plant and Soil.* 280:171-176.
- Meunchang, S., S. Panichsakpatana, S. Ando, T. Yokoyama and R.W. Weaver. 2006b. Bio-organic Fertilizer production development from compost and plant growth promoting rhizobacteria. In Abstract of 14th world fertilizer congress. January 21-27, 2006. Chaing Mai Thailand.
- Murty, M.G. and J.K. Ladha. 1988. Influence of *Azospirillum* inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic condition. *Plant Soil.* 108:281-285.

การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณ ประสิทธิภาพและการจัดจำแนกชนิดของ ไรโซเบียมในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

The validation of quantity, efficiency and classification method for rhizobium in rhizobium biofertilizer

อำนาจ เอี่ยมวิจารณ์^{1*}, อมรรัตน์ ไชยะเสน¹, จิตรา เกาแก้ว¹, มนต์ชัย มนัสสิลา¹ และภัสชญภณ หมื่นแจ้ง¹
Amnat Eamvijarn^{1*}, Amornrat Chaiyasen¹, Jitra Kohkeaw¹, Monchai Manassila¹
and Phatchayaphon Meunchang¹

บทคัดย่อ

การวัดการตรึงไนโตรเจนด้วยวิธี Acetylene Reduction Assay (ARA) และการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ด้วยวิธี Most Probable Number (MPN) เป็นวิธีที่นำมาใช้วิเคราะห์เชื้อไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนดีที่สุด 3 อันดับแรก คือ สายพันธุ์ DASA 02002, 02008 และ 02009 ซึ่งนำมาใช้เป็นเชื้ออ้างอิงในการทดลอง ผลการทดลองพบว่า ที่ความเข้มข้นของเชื้ออย่างน้อย 1.0×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร สามารถก่อให้เกิดปมในรากถั่วเขียวและถั่วเหลือง แต่ไม่สามารถสร้างปมในรากถั่วลิสงได้ เมื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของวิธีการวิเคราะห์ (method validation) พบว่า มีค่าความจำเพาะสัมพัทธ์ต่ำ คือ 56.94 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้มีค่าความถูกต้องสัมพัทธ์ 71.30 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามวิธีวิเคราะห์นี้มีค่าความไวสัมพัทธ์สูง คือ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นวิธีวิเคราะห์นี้จึงสามารถใช้วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมได้อย่างเหมาะสม ส่วนการจัดจำแนกชนิดของเชื้อไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวจำนวน 10 สายพันธุ์ โดยการเพิ่มจำนวนยีน 16S rDNA ด้วยไพรเมอร์ fD1 และ rP2 แล้วนำมาหาลำดับนิวคลีโอไทด์เพื่อเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันกับลำดับนิวคลีโอไทด์อื่น ๆ ในฐานข้อมูล NCBI และทำแผนภูมิวิวัฒนาการด้วยวิธี Neighbor-joining phylogenetic analysis พบว่า การใช้ไพรเมอร์ fD1 และ rP2 สามารถจำแนกเชื้อไรโซเบียมทั้ง 10 สายพันธุ์จนถึงระดับชนิดได้เป็น *Bradyrhizobium japonicum* การวิเคราะห์ผลจากแผนภูมิวิวัฒนาการแสดงให้เห็นว่าเชื้อไรโซเบียมถั่วเขียวสายพันธุ์อ้างอิง DASA 02002, 02008 และ 02009 จัดอยู่ในกลุ่มของ *B. japonicum* โดยมีค่า Bootstrap 85 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นวิธีวิเคราะห์นี้จึงสามารถใช้วิเคราะห์ปริมาณ ประสิทธิภาพ และจัดจำแนกชนิดของไรโซเบียมในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมได้อย่างเหมาะสม

คำสำคัญ: การตรวจสอบความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม การจัดจำแนกไรโซเบียม

Abstract

Acetylene Reduction Assay (ARA) and the Most Probable Number (MPN) are the methodology that used to analyze the efficiency and quantity of rhizobium in rhizobium biofertilizer. Three rhizobium strains from mungbean (DASA 02002, 02008 and 02009) that gave the highest amount of nitrogen fixing rate, were used as reference strains in this experiment. For inoculation method, the concentration at least 1.0×10^6 cfu/ml of those strains could produce nodule in both mungbean and soybean, but could not produce nodule in groundnut. Validation method was performed to analyze the quantity and efficiency analysis of rhizobium in rhizobium biofertilizer. The result showed that relative specificity of this method was 56.94%, which resulted in 71.30% relative accuracy. However, this method had 100% relative sensitivity. Therefore, this method is suitable for analyzing the quantity and efficacy of rhizobium in rhizobium biofertilizer. For classification method, fD1 and rP2 primers were used to amplify partial sequence of 16S rDNA gene of ten rhizobium strains. Then rhizobium DNAs were sequenced and used to construct the Neighbor-joining phylogenetic tree by comparing with other rhizobium strains in NCBI database. The result showed that fD1 and rP2 primers could identified ten reference rhizobium strains into species level: *Bradyrhizobium japonicum*. Phylogenetic analysis showed that three reference

rhizobium strains for mungbean: DASA 02002, 02008 and 02009 were *B. Japonicum* with 85% bootstrap support. Therefore, this method can be used to analyze the quantity, efficiency and classification of rhizobium in rhizobium biofertilizer.

Keywords: Classification of rhizobium, Rhizobium biofertilizer, Validation method

บทนำ

ไรโซเบียมเป็นจุลินทรีย์ที่นิยมใช้ในการผลิตปุ๋ยชีวภาพ โดยใช้กลไกการตรึงไนโตรเจนที่มีอยู่ในอากาศ มาเปลี่ยนให้เป็นแอมโมเนียหรือสารประกอบไนโตรเจนที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เชื้อไรโซเบียมมีความสามารถในการสร้างปมที่รากหรือที่ลำต้นของพืชตระกูลถั่ว ทำให้พืชได้ประโยชน์จากการตรึงไนโตรเจนโดยตรง ซึ่งต้องอาศัยการทำงานร่วมกันระหว่างพืชตระกูลถั่วกับไรโซเบียม ดังนั้นการใช้ไรโซเบียมเป็นปุ๋ยชีวภาพจึงมีความสำคัญในการช่วยลดการใช้ปุ๋ยเคมีในไนโตรเจนในการผลิตพืชตระกูลถั่ว ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตลดลง และช่วยลดปัญหาจากการใช้ปุ๋ยเคมี เช่น การสะสมตกค้างของปุ๋ยเคมี เนื่องจากพืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ทั้งหมด รวมถึงการชะล้างปุ๋ยเคมีทำให้เกิดการปนเปื้อนไปยังแหล่งน้ำ อุบะกบ บริโกคได้

เนื่องจากในปัจจุบันบริษัทเอกชนผลิตปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมจำหน่ายกันอย่างแพร่หลาย และขอขึ้นทะเบียนปุ๋ยชีวภาพตามพระราชบัญญัติปุ๋ย พ.ศ. 2518 แก้ไขเพิ่มเติมโดย พระราชบัญญัติปุ๋ย (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 โดยปริมาณจุลินทรีย์ไรโซเบียม 1.0×10^6 เซลล์ต่อน้ำหนักปุ๋ยชีวภาพ 1 กรัม ดังนั้นการตรวจสอบความความใช้ได้ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณประสิทธิภาพและการจัดจำแนกสกุล ชนิดของเชื้อไรโซเบียมในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อรับรองคุณภาพของปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม สร้างมาตรฐานวิธีการตรวจวิเคราะห์ให้เป็นที่ยอมรับในระดับอาเซียนและนานาชาติ และเป็นการเตรียมความพร้อมในการขอรับรองมาตรฐาน ISO/IEC 17025 ของวิธีวิเคราะห์ดังกล่าว

อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ (Materials and Methods)

อุปกรณ์

1. เชื้อไรโซเบียมถั่วเขียวสายพันธุ์บริสุทธิ์
2. ปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม
3. เมล็ดถั่วเขียว
4. เมล็ดถั่วเซอร่าโตร
5. อาหาร yeast mannitol broth medium
6. สารละลายธาตุอาหาร N-free plant nutrient
7. เครื่องมือและวัสดุวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ตู้บ่มเชื้อ หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ เครื่องเพิ่มปริมาณสารพันธุกรรม (PCR) เครื่องถ่ายภาพเจล (Gel documentation) เครื่องเขย่า
8. สารเคมีในกระบวนการสกัดสารพันธุกรรม ได้แก่ ชุดสกัดดีเอ็นเอ ไพรเมอร์ (primer)
9. เครื่องแก้วและวัสดุอื่น ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

วิธีการ

1. การวัดประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน

เชื้อไรโซเบียมจำนวน 5 สายพันธุ์ที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้แก่ DASA 02001, DASA 02002, DASA 02006, DASA 02008 และ DASA 02009 ซึ่งเป็นเชื้อไรโซเบียมที่แยกมาจากปมรากถั่วเขียวและมีความจำเพาะกับการสร้างปมรากในต้นถั่วเขียวเท่านั้น โดยได้รับมาจากห้องปฏิบัติการวิจัยไรโซเบียม กลุ่มงานวิจัยจุลินทรีย์ดิน กลุ่มวิจัยปฐพีวิทยา กองวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร กรมวิชาการเกษตร นำเชื้อทั้ง 5 สายพันธุ์ดังกล่าวมาทำการเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ yeast mannitol medium นับจำนวนเชื้อไรโซเบียมด้วยวิธี standard plate count จากนั้นทำการปลูกเชื้อไรโซเบียมดังกล่าวให้กับต้นถั่วเขียวที่ปลูกใน Leonard jar (Leonard, 1943) โดยวางแผนการทดลองแบบ Complete randomized design จำนวน 3 ซ้ำ เมื่อต้นถั่วเขียวอายุประมาณ 32 วันหลังจากปลูกเชื้อ ทำการศึกษาประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของไรโซเบียม

ในปมรากแก้ว ด้วยเทคนิค Acetylene Reduction Assay (ARA) ตามวิธีการของ Hardy *et al.* (1973) แล้วนำตัวอย่างแก๊สที่ได้ไปวิเคราะห์เพื่อหาปริมาณเอทิลีนด้วยเครื่อง Gas Chromatograph (GC) คำนวณหาปริมาณแก๊สเอทิลีน โดยเปรียบเทียบกับพื้นที่ใต้กราฟของเอทิลีนมาตรฐานจากสูตรดังนี้

$$\text{อัตราการตรึงไนโตรเจนของแก้วเขียว} = (10^3 \times B \times V) / (250 \times \text{Std.} \times A \times 22.4)$$

B = พื้นที่ใต้กราฟของพืชตัวอย่าง

V = ปริมาตรของขวดกรวยแก้วที่ใช้เก็บตัวอย่างเป็นมิลลิลิตร

Std. = พื้นที่ใต้กราฟเฉลี่ยของแก๊สเอทิลีนมาตรฐาน

A = เวลาที่ใช้ในการรีดิวซ์แก๊สเอทิลีนเป็นชั่วโมง

หน่วยเป็นไมโครโมลของเอทิลีน (C_2H_4) ต่อต้นพืชต่อชั่วโมง เมื่อใช้เอทิลีนมาตรฐานที่ทราบปริมาตรที่แน่นอน (250 มิลลิลิตร) นำข้อมูลอัตราการตรึงไนโตรเจนของแก้วเขียวที่ได้รับการปลูกเชื้อไรโซเบียมแต่ละสายพันธุ์มาเปรียบเทียบกับกัน เพื่อคัดเลือกสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนดีที่สุดไปใช้ในการทดลองต่อไป

2. การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม โดยวิธีการหาค่า MPN (Most Probable Number)

1) การเตรียมถุงปลูก

ถุงปลูกพืชทำจากถุงพลาสติกอย่างหนาขนาด 5×8 นิ้ว ภายในบรรจุกระดาชฟางพับขอบด้านหนึ่งของถุงปลูกใส่หลอดพลาสติกเพื่อสะดวกในการเติมธาตุอาหารพืชปริมาณ 30 มิลลิลิตรต่อถุงปลูก นำถุงปลูกที่เตรียมเรียบร้อยแล้วไปผ่านการฆ่าเชื้อปนเปื้อน แล้วนำไปจัดวางในชั้นวางถุงปลูกที่ทำจากลวดสแตนเลสตัดเป็นกรอบสี่เหลี่ยมตอกลงบนแผ่นไม้โดยมีช่องห่างระหว่างกรอบลวด 1 เซนติเมตร

2) การเพาะเมล็ดถั่ว

นำเมล็ดถั่วเซอร่าโตร ถั่วเขียว ถั่วเหลือง และถั่วลิสง มาฆ่าเชื้อปนเปื้อนที่ผิวหุ้มเมล็ด จากนั้นแช่เมล็ดถั่วและเพาะบนสำลีที่มีความชื้นเหมาะสมในสภาวะปลอดเชื้อบนจานเพาะเมล็ดพร้อมฝาปิด เปลี่ยนเมล็ดให้ทั่ว นำไปบ่มที่อุณหภูมิประมาณ 28 องศาเซลเซียสทิ้งไว้จนเมล็ดงอกรากมีความยาวประมาณ 0.5 – 1.0 เซนติเมตร

3) การเตรียมสารละลายเจือจางของตัวอย่างปุ๋ยชีวภาพ

ชั่งตัวอย่างปุ๋ยชีวภาพสำหรับถั่วเขียวจำนวน 10 กรัม ใส่ในขวดแก้วที่บรรจุน้ำกลั่นหนึ่งฆ่าเชื้อปริมาณ 90 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยมือประมาณ 5 นาที จะได้สารละลายปุ๋ยชีวภาพที่มีความเจือจาง 10^{-1} เท่า จากนั้นทำสารละลายดังกล่าวให้มีความเจือจางเพิ่มขึ้นตามลำดับ (serial dilution) ตั้งแต่ 10^{-1} ถึง 10^{-8} โดยใช้น้ำกลั่นหนึ่งฆ่าเชื้อเป็นตัวละลายเจือจาง (diluent)

4) การปลูกถั่วในถุงปลูก

นำถุงปลูกที่ผ่านการฆ่าเชื้อวางในชั้นวางถุงปลูก เติมสารละลายธาตุอาหารพืชที่ปราศจากไนโตรเจน (N-free plant nutrient) ที่ผ่านการหนึ่งฆ่าเชื้อลงละ 30 มิลลิลิตร ใช้ปากคีบเจาะรูบนขอบกระดาชฟางที่พับไว้ 2 รู โดยมีระยะห่างประมาณ 5 เซนติเมตร สอดรากเมล็ดถั่วเซอร่าโตรที่รากงอกแล้วลงในรูที่เจาะไว้ด้านใดด้านหนึ่งของถุงปลูกโดยเมล็ดถั่วจะอยู่บนขอบกระดาชฟางที่พับไว้ ส่วนรูที่เหลือให้ปลูกถั่วเขียว ด้วยวิธีการเช่นเดียวกัน ดูดสารละลายปุ๋ยชีวภาพที่มีระดับของความเจือจางที่ 10^{-1} ถึง 10^{-8} โดยเริ่มจากระดับความเจือจางมากที่สุดไปถึงน้อยที่สุดคือ เริ่มจาก 10^{-8} ถึง 10^{-1} ทำการหยดสารละลายเจือจางปุ๋ยชีวภาพจำนวน 1 มิลลิลิตรต่อถุงปลูกบริเวณรากแก้ว ทำ 4 ซ้ำต่อระดับความเจือจาง โดยใช้ถุงที่ปลูกถั่วอย่างเดียวกันที่มีการเติมน้ำกลั่นเป็นชุดควบคุมชนิดลบ (negative control) และถุงที่ปลูกเชื้อ ไรโซเบียมสายพันธุ์บริสุทธิ์ที่จำเพาะเจาะจงกับถั่วเขียวเป็นชุดควบคุมชนิดบวก (positive control) จากนั้นนำชั้นวางถุงปลูกไปวางบนชั้นแสง ให้แสงสว่างแก่พืช 12 ชั่วโมงต่อวัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ดูแลให้ธาตุอาหารพืชที่ปราศจากไนโตรเจนเมื่อพืชต้องการ จนครบกำหนด 3 สัปดาห์ ทำการทดลองในข้อ 4 ซ้ำ โดยเปลี่ยนจากเมล็ดถั่วเขียว เป็นเมล็ดถั่วเหลือง และถั่วลิสง ตามลำดับ โดยทุกถุงที่ปลูกจะต้องมีถั่วเซอร่าโตรเป็นตัวอย่างควบคุมชนิดบวก (positive sample) ทุกถุง เนื่องจากถั่วเซอร่าโตรสามารถเกิดปมรากได้กับเชื้อไรโซเบียมทุกชนิด

5) การคำนวณจำนวนไรโซเบียมต่อกรัมปุ๋ยชีวภาพ

เมื่อครบกำหนดเวลา 3 สัปดาห์ ทำการตรวจนับจำนวนถุงที่ต้นถั่วติดปม และนำไปเปิดตาราง MPN (Somasegaran and Hoben, 1994) เพื่อหาค่าประเมินของจำนวนไรโซเบียมที่เข้าสร้างปมที่รากต้นถั่ว (m) จากนั้นคำนวณจำนวนไรโซเบียมต่อกรัมของปุ๋ยชีวภาพดังนี้

$$X = \frac{m \times d}{V}$$

X = จำนวนไรโซเบียมต่อกรัมปุ๋ยชีวภาพ

m = ตัวเลขที่ได้จากการเปิดตาราง MPN

d = ระดับความเจือจางต่ำสุดของสารละลายปุ๋ยชีวภาพที่ใส่ให้กับต้นถั่ว (10^1)

v = ปริมาตรสารละลายปุ๋ยชีวภาพที่ใส่ให้กับต้นถั่ว (1 มิลลิลิตร)

6) การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ปริมาณไรโซเบียมในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นสูง และสมาคม เอ โอ เอ ซี ประเทศไทย, 2558)

การหาค่าความถูกต้องสัมพัทธ์ (Relative Accuracy) ความจำเพาะสัมพัทธ์ (Relative Specificity) และความไวสัมพัทธ์ (Relative sensitivity)

Responses	Reference method positive (R+)	Reference method negative (R-)
Test kit positive (A+)	+/+ Positive Agreement (PA)	+/- Positive Deviation (PD)
Test kit negative (A-)	-/+ Negative Deviation (ND)	-/- Negative Agreement (NA)

ความถูกต้องสัมพัทธ์ = $(PA+NA)/N \times 100\%$

ความจำเพาะสัมพัทธ์ = $NA/N- \times 100\%$

ความไวสัมพัทธ์ = $PA/N+ \times 100\%$

โดย N คือ จำนวนตัวอย่างทั้งหมด (PA + PD + NA + ND)

N- คือ จำนวนตัวอย่างที่ให้ผลลบทั้งหมดของวิธีอ้างอิง (NA + PD)

N+ คือ จำนวนตัวอย่างที่ให้ผลบวกทั้งหมดของวิธีอ้างอิง (PA + ND)

3. การจัดจำแนกไรโซเบียมในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

1. นำเชื้อไรโซเบียมถั่วเขียวสายพันธุ์บริสุทธิ์เลี้ยงในอาหาร yeast mannitol broth medium ปั่นตกตะกอนเพื่อเก็บเซลล์ไรโซเบียม

2. สกัดดีเอ็นเอของไรโซเบียมสายพันธุ์ต่าง ๆ ตามวิธีการของชุดสกัด Genomic DNA Mini Kit (Tissue) (Geneaid Biotech Ltd., Taiwan)

3. เพิ่มปริมาณชิ้นส่วนยีน 16S rDNA ที่ต้องการโดยวิธี Polymerase chain reaction (PCR) โดยใช้ไพรเมอร์ fD1 (5' AGAGTTTGATCCTGGCTCAG 3') และ rP2 (5'-ACGGCTACCTTGTACGAC TT-3') (Weisburg *et al.*, 1991) จากนั้นนำส่วนผสมทั้งหมดเข้าเครื่อง PCR โดยมีลำดับของปฏิกิริยา (PCR reaction condition) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1	94 องศาเซลเซียส 3 นาที	จำนวน 1 รอบ
ขั้นตอนที่ 2	94 องศาเซลเซียส 30 วินาที	
	50 องศาเซลเซียส 30 วินาที	
	72 องศาเซลเซียส 1 นาที	
		35 รอบ
ขั้นตอนที่ 3	72 องศาเซลเซียส 10 นาที	จำนวน 1 รอบ

ตรวจสอบ PCR product ด้วยเครื่อง agarose gel electrophoresis

4. หาลำดับนิวคลีโอไทด์ของชิ้นส่วนยีน 16S rDNA ที่ได้จากการเพิ่มจำนวนด้วยเครื่อง DNA Sequencer

5. นำลำดับนิวคลีโอไทด์ของไรโซเบียมแต่ละสายพันธุ์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับความคล้ายคลึงกันกับสายพันธุ์ ไรโซเบียมที่มีอยู่ในฐานข้อมูลของ The National Center for Biotechnology Information (NCBI) (www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/) ด้วย Basic Local Alignment Search Tool (BLAST)

6. นำลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อไรโซเบียมในฐานข้อมูลที่มีเปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึงกันมากที่สุด (% similarity) กับลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์อ้างอิง มาสร้างแผนภูมิวิวัฒนาการ (Phylogenetic tree) ด้วยวิธี Neighbor-joining โดยใช้โปรแกรม MEGA 6.0 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลวิวัฒนาการทางพันธุกรรมของเชื้อ ไรโซเบียมทดสอบแต่ละสายพันธุ์ว่ามีความใกล้เคียงกับเชื้อไรโซเบียมชนิดใดในฐานข้อมูล และบ่งบอกชนิด (species) ของเชื้อไรโซเบียมสายพันธุ์อ้างอิง

ผลและวิจารณ์

1. การวัดประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจน

ผลการวิธีวิเคราะห์ประสิทธิภาพการตรึงไนโตรเจนของเชื้อไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวสายพันธุ์ต่าง ๆ ตาม Table 1 พบว่า สายพันธุ์ DASA 02009, DASA 02008 และ DASA 02002 มีค่าการตรึงไนโตรเจนดีที่สุด 3 อันดับแรก ตามลำดับ จึงได้ทำการคัดเลือกเชื้อไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวทั้ง 3 สายพันธุ์ไปใช้เป็นเชื้ออ้างอิงในการวิธีวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมด้วยวิธี MPN โดยทำการปลูกเชื้อไรโซเบียมทั้ง 3 สายพันธุ์ดังกล่าวให้กับถั่วเขียว ถั่วเหลือง และถั่วลิสง เพื่อทดสอบความจำเพาะของเชื้อไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวต่อการสร้างปมรากในถั่วเขียว ถั่วเหลืองและถั่วลิสงต่อไป

Table 1 Number of cell and nitrogen fixation efficiency of each rhizobium strains for mung bean

Order	Rhizobium strain	Number of cell*	Nitrogen fixing rate*
		(Colony forming unit per ml)	(μ moles ethylene/plant/hour)
1	DASA 02001	1.31×10^9	6.524
2	DASA 02002	1.94×10^9	7.858
3	DASA 02006	4.03×10^8	7.704
4	DASA 02008	1.17×10^9	8.891
5	DASA 02009	5.47×10^9	13.456

* Mean of three replicates of each strain Count the number of cell by standard plate count

2. การวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม โดยวิธีการหาค่า MPN (Most Probable Number) และการตรวจสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ปริมาณไรโซเบียมในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

ผลการวิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวด้วยวิธี MPN พบว่า เชื้อไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวสายพันธุ์ DASA 02002, DASA 02008 และ DASA 02009 ที่ความเข้มข้นของเชื้ออย่างน้อย 1.0×10^6 เซลล์ต่อมิลลิลิตร สามารถก่อให้เกิดปมในรากถั่วเขียวได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับถั่วที่ปลูกถั่วเขียวอย่างเดียวโดยไม่มีการเติมสารละลายปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม (negative control) (Table 2) โดยพบว่าถั่วเซอร่าโตรที่ตัวอย่างควบคุมชนิดบวก (positive sample) มีการสร้างปมในทุกถั่วที่มีการปลูกเชื้อไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียว เนื่องจากถั่วเซอร่าโตรจัดเป็นพืชตระกูลถั่วที่ใช้เป็นพืชกับดัก (trap host) สำหรับเชื้อไรโซเบียม ถั่วเซอร่าโตรจึงสามารถเกิดปมรากได้กับเชื้อไรโซเบียมทุกชนิด (Somasegaran and Hoben, 1994)

Table 2 Most probable number of rhizobium for mung bean strain: DASA 02002, DASA 02008 and DASA 02009

Concentration of serial dilution	Number of growth pouch that have nodule		
	02002	02008	02009
10^{-1}	4	4	4
10^{-2}	4	4	4
10^{-3}	4	4	4
10^{-4}	4	4	4
10^{-5}	3	4	4
10^{-6}	3	3	3
10^{-7}	1	1	2
10^{-8}	0	0	0
Total	23	24	25
Number of cell (cells per gram biofertilizer)	1.0×10^6	1.7×10^6	3.1×10^6
Positive Sample*	4	4	4
Negative Control*	0	0	0

* Positive sample = siratro beans grown with rhizobial inoculant. Negative control = mung beans grown without rhizobial inoculants

ผลการทดสอบความจำเพาะของเชื้อไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวสายพันธุ์ DASA 02002, DASA 02008 และ DASA 02009 ต่อการสร้างปมรากกับถั่วเขียว ถั่วเหลือง และถั่วลิสง พบว่าเชื้อไรโซเบียมที่จำเพาะสำหรับถั่วเขียวทั้ง 3 สายพันธุ์สามารถสร้างปมรากในถั่วเขียวและถั่วเหลืองได้ แต่ไม่สามารถสร้างปมรากในถั่วลิสงได้ (Table 3) ซึ่งตามสมมุติฐาน ถั่วเหลืองและถั่วลิสงถือเป็นถั่วที่ไม่ใช่พืชอาศัยโดยตรงของเชื้อไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียว (Negative sample) จึงไม่ควรเกิดปมรากเมื่อมีการปลูกเชื้อไรโซเบียมที่มีความจำเพาะกับถั่วเขียวดังกล่าว เนื่องจากเชื้อไรโซเบียมมีความจำเพาะต่อการสร้างปมกับพืชอาศัยโดยตรงเท่านั้น (Wang *et al.*, 2012) ดังนั้นจึงต้องวิเคราะห์ความจำเพาะของเชื้อไรโซเบียมทางสถิติเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ปริมาณไรโซเบียม รวมถึงจำแนกชนิดของเชื้อ ไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวทั้ง 3 สายพันธุ์ในการทดลองต่อไป

Table 3 Specificity of rhizobium for mung bean strain: DASA 02002, DASA 02008 and DASA 02009 on nodulation with mung bean and other non-host plant as soybean and groundnut*

Replicate	Hypothetical result**	Negative Control***	DASA 02002		DASA 02008		DASA 02009	
			soybean	groundnut	soybean	groundnut	soybean	groundnut
1	+	-	+	-	+	-	+	-
2	+	-	+	-	+	-	+	-
3	+	-	+	-	+	-	+	-
4	+	-	+	-	+	-	+	-
5	+	-	+	-	+	-	+	-
6	+	-	+	-	+	-	+	-
7	+	-	+	-	+	-	+	-
8	+	-	+	-	+	-	+	-
9	+	-	+	-	+	-	+	-
10	+	-	+	-	+	-	+	-
11	+	-	+	-	-	-	-	-
12	+	-	-	-	-	-	-	-
Total	12	0	11	0	10	0	10	0

* + = nodule, - = without nodule

** Hypothetical result = mung beans grown with rhizobial inoculant and produce nodules.

*** Negative control = mung beans grown without rhizobial inoculant

เมื่อนำผลทดสอบความจำเพาะของเชื้อไรโซเบียมดังกล่าวมาวิเคราะห์ค่าทางสถิติ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของวิธีการวิเคราะห์ที่ศึกษา (method validation) (Table 4) พบว่า ค่าความจำเพาะสัมพัทธ์ (Relative Specificity) ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณไรโซเบียมมีค่าต่ำ คือ 56.94 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเชื้อ ไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวทั้ง 3 สายพันธุ์ไม่ได้มีความจำเพาะต่อชนิดของถั่ว คือ สามารถก่อให้เกิดปมรากได้ทั้งถั่วเขียวและถั่วเหลือง จึงส่งผลให้ค่าความถูกต้องสัมพัทธ์ (Relative Accuracy) ของวิธีวิเคราะห์ปริมาณปริมาณไรโซเบียมมีค่าต่ำ คือ 71.30 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามวิธีวิเคราะห์ปริมาณไรโซเบียมนี้มีค่าความไวสัมพัทธ์ (Relative sensitivity) สูง คือ 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากตัวอย่างปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวเป็นตัวอย่างประเภทบวก คือ จะพิจารณาผลบวกเฉพาะปมรากที่เกิดขึ้นตามชนิดของถั่วที่ได้ระบุไว้บนฉลากปุ๋ยเท่านั้น ซึ่งการทดลองนี้ได้ทำการปลูกเชื้อที่มีความจำเพาะกับถั่วเขียว จึงได้พิจารณาผลบวกเฉพาะปมรากที่เกิดกับถั่วเขียวเท่านั้น ดังนั้นวิธีวิเคราะห์ปริมาณไรโซเบียมนี้จึงสามารถใช้วิเคราะห์ปริมาณจุลินทรีย์ในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมได้อย่างเหมาะสม

Table 4 Validation of quantity and efficiency method for rhizobium in rhizobium biofertilizer

Responses	Reference method positive (R+)	Reference method negative (R-)
Test kit positive (A+)	+/+ Positive Agreement (PA) = 36	-/+ Positive Deviation (PD) = 31
Test kit negative (A-)	+/- Negative Deviation (ND) = 0	-/- Negative Agreement (NA) = 41

when $N =$ total number of samples ($NA + PA + PD + ND$) = $36+31+0+41 = 108$

$N- =$ total number of samples which had negative result ($NA + PD$) = $31+41 = 72$

$N+ =$ total number of samples which had positive result ($PA + ND$) = $36+0 = 36$

Relative Accuracy = $(PA+NA)/N \times 100 = (36+41)/108 \times 100 = 71.30$

Relative Specificity = $(NA/N-) \times 100 = (41/72) \times 100 = 56.94$

Relative sensitivity = $(PA/N+) \times 100 = (36/36) \times 100 = 100.00$

3. การจัดจำแนกไรโซเบียมในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม

ผลการเปรียบเทียบลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ได้จากการเพิ่มจำนวนยีน 16S rDNA โดยใช้ไพรเมอร์ fD1 และ rP2 ของเชื้อไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียว 10 สายพันธุ์ที่นำมาใช้ทดสอบ ได้แก่ DASA 02001, 02002, 02006, 02007, 02008, 02009, 02010, 02020, 02062 และ 02080 กับฐานข้อมูลลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อไรโซเบียมอื่น ๆ ในฐานข้อมูลของ NCBI พบว่ามีความคล้ายคลึงกันกับเชื้อไรโซเบียมชนิด *Bradyrhizobium japonicum* 99-100 เปอร์เซ็นต์ (Table 5) สำหรับการวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์ที่ขึ้นอยู่กับระยะทางวิวัฒนาการ (evolutionary distance) การวิเคราะห์จากค่าเปอร์เซ็นต์อัตลักษณ์ (identity percentage) จะให้ค่าประมาณที่เป็นประโยชน์ ซึ่งโดยปกติจะพิจารณาว่าสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ มีวิวัฒนาการใกล้เคียงกัน หรือเป็นชนิดเดียวกัน เมื่อเปอร์เซ็นต์อัตลักษณ์มีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ (Pearson, 2013) ดังนั้นจึงสามารถใช้ไพรเมอร์ fD1 และ rP2 ในการจัดจำแนกเชื้อไรโซเบียมจนถึงระดับชนิด (species) ได้

Table 5 BLAST results of rhizobium strains versus rhizobium species in NCBI database

Order	Strain	Species	Identity percentage	NCBI accession number
1	DASA 02001	<i>Bradyrhizobium japonicum</i>	99 %	KY000645
2	DASA 02002	<i>B. japonicum</i>	99 %	AB931151
3	DASA 02006	<i>B. japonicum</i>	99 %	CP017637
4	DASA 02007	<i>B. japonicum</i>	99 %	KY284085
5	DASA 02008	<i>B. japonicum</i>	99 %	AB931151
6	DASA 02009	<i>B. japonicum</i>	99 %	KF995119
7	DASA 02010	<i>B. japonicum</i>	100 %	KY000644
8	DASA 02020	<i>B. japonicum</i>	99 %	KF995119
9	DASA 02062	<i>B. japonicum</i>	99 %	AY904774
10	DASA 02080	<i>B. japonicum</i>	99 %	KY000645

ผลการยืนยันการจำแนกชนิดโดยนำลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อไรโซเบียมถั่วเขียวสายพันธุ์อ้างอิงทั้ง 3 สายพันธุ์ คือ DASA 02002, DASA 02008 และ DASA 02009 มาทำแผนภูมิวิวัฒนาการ (Phylogenetic tree) เปรียบเทียบกับลำดับนิวคลีโอไทด์ของเชื้อไรโซเบียมอื่น ๆ ที่ใกล้เคียงกันในฐานข้อมูล NCBI ด้วยวิธี Neighbor-joining โดยใช้โปรแกรม MEGA 6.0 พบว่า เชื้อไรโซเบียมถั่วเขียวสายพันธุ์ดังกล่าว ยังคงจัดอยู่ในกลุ่มของ *B. japonicum* (Figure 1) โดยมีค่า Bootstrap 85 เปอร์เซนต์ ซึ่งค่า Bootstrap นี้มีความสัมพันธ์กับความเชื่อมั่นในผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการตามหลักการของ Richardson *et al.* (2000) คือ

ค่า Bootstrap 85-100% แสดงถึง ความเชื่อมั่นระดับสูง

ค่า Bootstrap 71-84% แสดงถึง ความเชื่อมั่นระดับปานกลาง

ค่า Bootstrap 50-70% แสดงถึง ความเชื่อมั่นระดับต่ำ

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ชนิดของเชื้อไรโซเบียมถั่วเขียวสายพันธุ์ DASA 02002, DASA 02008 และ DASA 02009 คือ *Bradyrhizobium japonicum* ซึ่งสามารถสร้างปมรากกับถั่วเขียวและถั่วเหลืองได้

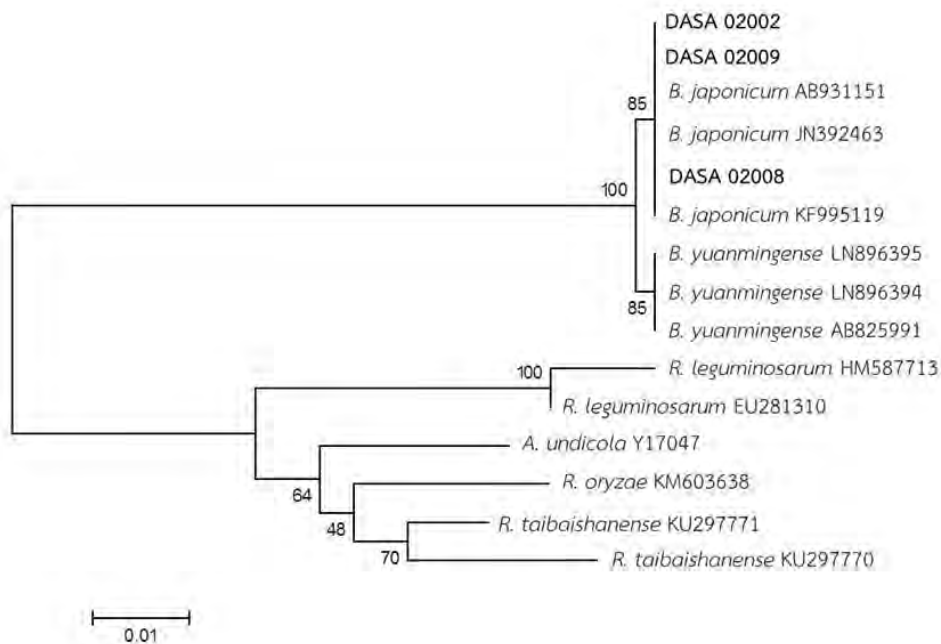


Figure 1 Neighbor-joining phylogenetic tree of partial 16S rDNA gene of three reference rhizobium strains: DASA 02002, DASA 02008 and DASA 02009 versus reference strains from NCBI database. The percentage support values are based on 1000 bootstraps.

สรุป

เชื้อไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียว 3 สายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการตรึงไนโตรเจนดีที่สุด 3 อันดับแรก คือ DASA 02002 DASA 02008 และ DASA 02009 ที่ความเข้มข้นของเชื้อไรโซเบียมอย่างน้อย 1.0×10^6 เซลล์/มิลลิลิตร สามารถก่อให้เกิดปมในรากถั่วได้ดี ซึ่งสามารถสร้างปมรากในถั่วเขียวและถั่วเหลือง แต่ไม่สามารถสร้างปมรากในถั่วลิสง ได้ การตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของวิธีการวิเคราะห์ปริมาณไรโซเบียม (method validation) พบว่า มีค่าความจำเพาะสัมพันธ์ต่ำ คือ 56.94 เปอร์เซนต์ เนื่องจากเชื้อไรโซเบียมสำหรับถั่วเขียวทั้ง 3 สายพันธุ์ไม่ได้มีความจำเพาะต่อชนิดของถั่ว ส่งผลให้มีค่าความถูกต้องสัมพันธ์ต่ำ คือ 71.30 เปอร์เซนต์ อย่างไรก็ตามวิธีการวิเคราะห์ปริมาณไรโซเบียมนี้มีค่าความไวสัมพันธ์สูงถึง 100 เปอร์เซนต์ เนื่องจากตัวอย่างปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมเป็นตัวอย่างประเภทบวก จึงพิจารณาผลบวกเฉพาะปมที่เกิดขึ้นตามชนิดของถั่วที่ได้รับปุ๋ยบนถั่วเหลืองเท่านั้น ส่วนการจัดจำแนกชนิดของเชื้อไรโซเบียม พบว่า การใช้ไพรเมอร์ fd1 และ rP2 สามารถจำแนกเชื้อไรโซเบียมทั้ง 10 สายพันธุ์จนถึงระดับชนิด (species) ได้เป็น *Bradyrhizobium japonicum* ดังนั้นวิธีการหาค่านี้จะสามารถใช้วิเคราะห์ปริมาณ ประสิทธิภาพ และจัดจำแนกชนิดของไรโซเบียมในปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียมได้อย่างเหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

- สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขั้นสูง และสมาคม เอ โอ ซี ประเทศไทย. 2558. หลักการตรวจสอบความถูกต้องของชุดทดสอบทางจุลชีววิทยา (วิธีทางเลือก) และขั้นตอนการรับรอง. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัทพรินท์เอเบิลจำกัด, กรุงเทพฯ.
- Hardy, R. W. F., R. C. Burns and R. D. Holsten. 1973. Application of the acetylene–ethylene assay for measurement of nitrogen fixation. *Soil Biol. Biochem.* 5:47-81.
- Leonard, L. T. 1943. A simple assembly for use in the testing of cultures of rhizobia. *J. Bacteriol.* 45:523-525.
- Pearson W. R. 2013. An Introduction to Sequence Similarity (“Homology”) Searching. *Curr. Prot. Bioinformatics* Chapter 3: Unit 3.1 doi: 10.1002/0471250953.bi0301s42.
- Richardson, J. E., M. F. Fay, Q. C. B. Cronk, D. Bow-man and M. Chase. 2000. A phylogenetic analysis of Rhamnaceae using *rbcl* and *trnL-F* plastid DNA sequences. *Am. J. Bot.* 87:1309-1324.
- Somasegaran, P. and H. J. Hoben. 1994. Handbook for Rhizobia: Methods in legume-rhizobium technology. University of Hawaii, NifTAL project, Hawaii.
- Wang, D., S. Yang, F. Tang and H. Zhu. 2012. Symbiosis specificity in the legume – rhizobial mutualism. *Cell. Microbiol.* 14(3):334-342.
- Weisburg, W. G., S. M. Barns, D. A. Pelletier and D. J. Lane. 1991. 16S ribosomal DNA amplification for phylogenetic study. *J. Bacteriol.* 173:697-703.

โลหะหนักใน FGD ยิปซัม ดินและอ้อยที่ได้รับ FGD ยิปซัม

Heavy metals in FGD gypsum, soil and sugar cane

สมชาย องค์กรประเสริฐ¹, ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร^{1*}, จีราภรณ์ อินทสาร¹, จักรพงษ์ ไชยวงศ์¹ และวันวิสาข์ จันทิกา¹
Somchai Ongprasert¹, Pathipan Sutigoolabud^{1*}, Jiraporn Intasan¹, Chakapong chaiwong¹
and Wanwisa Jantika¹

บทคัดย่อ

ผลของการวิจัยการใช้ FGD ยิปซัม (Fuel Gas Desulfurization Gypsum) จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะเป็นวัสดุปรับปรุงดินในการเกษตร (พ.ศ. 2556-2558) พบว่ายิปซัมนี้ช่วยให้ผลผลิตอ้อยและถั่วลิสงเพิ่มขึ้น สัดส่วนกำไรต่อต้นทุนเพิ่ม (Benefit/Cost Ratio) จากการใช้ FGD ยิปซัมอยู่ในระดับที่น่าลงทุน แม้จะต้องจ่ายค่าขนส่งยิปซัมนี้ ไปใช้ไกลถึงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ นอกเหนือจากเก็บข้อมูลด้านผลผลิตพืชแล้ว โครงการวิจัยนี้ยังวิเคราะห์ความเข้มข้นของโลหะหนักใน FGD ยิปซัม ในดินและพืชที่ได้รับยิปซัมด้วย พบว่า FGD ยิปซัมจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ มีโลหะหนักปนเปื้อนอยู่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยเคมีและตะกอนน้ำเสีย (Sewage sludge, Biosolids) ที่ประเทศอุตสาหกรรมชั้นนำของโลกอนุญาตให้ใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ ทั้งหมดนี้สอดคล้องกับรายงานการวิจัยในสหรัฐอเมริกา เยอรมัน เกาหลี ขณะเดียวกันพบว่าดินและพืชที่ได้รับ FGD ยิปซัมจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ แม้จะได้รับมากครั้งเดียวถึง 2 ตัน/ไร่ ไม่ทำให้ความเข้มข้นโลหะหนักในดินและพืชเพิ่มขึ้นมากกว่าดินและพืชที่ไม่ได้รับ FGD ยิปซัม

คำสำคัญ: FGD ยิปซัม, โลหะหนัก, อ้อย

Abstract

The research on application of FGD gypsum (Fuel Gas Desulfurization Gypsum) from Mae Moh power plant as soil amendment for agriculture revealed that yields of the test crops, sugar cane and ground nut, were positively responded to the application of the gypsum. Benefit/Cost Ratio of application of the gypsum were worthwhile, even though, to transport it to use in the Northeast. Besides collecting information on crop growth, the research also analyzed the concentration of heavy metals in the gypsum and plants and soils treated with the gypsum. It was found that the concentrations in the gypsum were within the range of chemical fertilizer and sewage sludge or biosolids permitted for using as organic fertilizer. The analysis matched with several research reports from USA, German and Korea. Meanwhile, the heavy metals concentration in plants and soils treated with the gypsum were in the range of those were not treated.

Keywords: FGD gypsum, heavy metals, Sugar cane

¹ สาขาปฐพีศาสตร์ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จ.เชียงใหม่ 50290

Soil Science, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

* corresponding author: p12033@gmail.com

บทนำ

โครงการวิจัยการใช้ FGD ยิปซัม (Fuel Gas Desulfurization Gypsum) จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะในการเกษตร ในฐานะวัสดุปรับปรุงดิน เป็นโครงการที่ดำเนินการโดยมหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยการสนับสนุนของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ในระหว่างปี พ.ศ. 2556-2558. คำถามแรกๆ ที่แสดงถึงความกังวลของผู้เกี่ยวข้องทั้งหลาย เมื่อทราบว่ามีการวิจัยนี้ คือ ใน FGD ยิปซัมมีโลหะหนักหรือสารพิษอื่นใดปนเปื้อนอยู่ด้วยหรือไม่ การใช้ FGD ยิปซัมในการเกษตรจะทำให้มีโลหะหนักปนเปื้อนในดินและพืชหรือไม่ ฝ่ายจัดการธุรกิจและฝ่ายการผลิต โรงไฟฟ้าแม่เมาะ กฟผ. จึงได้สนับสนุนโครงการวิจัยฯ หาคำตอบที่มีหลักฐานอ้างอิงได้สำหรับความกังวลนี้ นอกเหนือจากการวิจัยเพื่อหาข้อมูลการใช้ประโยชน์จาก FGD ยิปซัมในการผลิตพืช

การวิจัยนี้จึงได้วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักใน FGD ยิปซัมที่ใช้ในการทดลองนี้ และในดินและผลผลิตพืชที่ได้รับ FGD ยิปซัม. พร้อมกันนี้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้ให้ข้อมูลผลวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักใน FGD ยิปซัมที่ได้ติดตามวิเคราะห์ต่อเนื่อง เพื่อเผยแพร่ด้วยและได้ตรวจเอกสารเกี่ยวกับปริมาณโลหะหนักใน FGD ยิปซัมจากแหล่งต่างๆ และการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมเมื่อมีการใช้ FGD ยิปซัม

1. โลหะหนักใน FGD ยิปซัมเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานในปุ๋ยและของเสียอันตราย

ตารางที่ 1 แสดงความเข้มข้นทั้งหมดของโลหะหนักใน FGD ยิปซัมของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ และที่อื่นๆ รวมถึงค่ามาตรฐานโลหะหนักในปุ๋ยเคมีและ Biosolid ของบางประเทศ และประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่องการจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548

แถวตั้ง (column) ที่ 1 คือผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นทั้งหมดของโลหะหนักใน FGD ยิปซัมของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ (จากหน่วยผลิตไฟฟ้าที่ 4 – 13) ที่ฝ่ายการผลิตโรงไฟฟ้าแม่เมาะ ได้สุ่มเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ต่อเนื่องปีละครั้ง ระหว่างปี 2552 -2556 โดยให้ International Testing Service Co., Ltd กรุงเทพมหานคร เป็นผู้วิเคราะห์. ค่าที่แสดงไว้นี้เป็นค่าต่ำสุดและสูงสุดของผลการวิเคราะห์ทั้งหมดของแต่ละธาตุ. แถวที่ 2 คือผลการวิเคราะห์โลหะหนักใน FGD ยิปซัมที่โครงการวิจัยนี้ ได้รับจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะเพื่อใช้ทดลองปลูกพืชของโครงการวิจัยโดยบริษัทห้องปฏิบัติการกลาง (ประเทศไทย) สาขาเชียงใหม่

แถวตั้งที่ 3 ถึง 8 เป็นค่าความเข้มข้นสูงสุดที่มีในแต่ละรายงาน. แถวตั้งที่ 3 เป็นผลจากการตรวจเอกสารจำนวนมากของ Pflughoeft-Hassett *et al.* (2007) ที่มีผู้รายงานไว้ถึงผลการวิเคราะห์ FGD ยิปซัมในสหรัฐอเมริกา. แถวตั้งที่ 4 เป็นผลการศึกษาของ Kosson *et al.* (2009) ที่รายงานต่อ US Environmental Protection Agency ในการศึกษาที่เขาได้วิเคราะห์ FGD ยิปซัม 20 ตัวอย่างจากโรงไฟฟ้าที่ใช้ถ่านหินประเภทต่างๆ. แถวตั้งที่ 5 เป็นผลการศึกษาของ Chen *et al.*, (2014) ที่วิเคราะห์ FGD ยิปซัมจากโรงไฟฟ้า 4 โรงในรัฐโอไฮโอ อินเดียนา อิลลินอยส์ และวิสคอนซิน. แถวตั้งที่ 6 เป็นข้อมูลใน Ohio State University Extension Fact Sheet เรื่อง Gypsum for Agricultural Use in Ohio Sources and Quality of Available Products โดยแสดงผลการวิเคราะห์โลหะหนักใน FGD ยิปซัมจำนวนมาก พร้อมกับ standard deviation ของผลวิเคราะห์. แถวตั้งที่ 7 เป็นผลการศึกษาของ Narra (2009) ที่แสดงผลการวิเคราะห์ FGD ยิปซัมจากโรงไฟฟ้า 2 แห่งในประเทศเยอรมัน. แถวตั้งที่ 8 เป็นผลการศึกษาของ Yong *et al.* (2002) ที่ได้แสดงค่าเฉลี่ยของผลการวิเคราะห์ FGD ยิปซัมจากโรงไฟฟ้าในเมือง Hadong สาธารณรัฐเกาหลี

แถวตั้งที่ 9 ถึง 12 เป็นเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ย(เคมี) และตะกอนน้ำเสีย (Sewage sludge, Biosolids) ที่อนุญาตให้ใช้ในการเกษตรของบางประเทศ. แถวตั้งที่ 9 เป็นเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ย(เคมี) ของประเทศแคนาดา. แถวตั้งที่ 10 ถึง 11 เป็นเกณฑ์มาตรฐานของตะกอนน้ำเสียที่อนุญาตให้ใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ในสหรัฐอเมริกาและสหภาพยุโรป. แถวตั้งที่ 12 เป็นเกณฑ์กำหนดมาตรฐานของเสียอันตรายตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่องการจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548

เมื่อเปรียบเทียบผลวิเคราะห์โลหะหนักต่างๆ ใน FGD ยิปซัมของโรงไฟฟ้าแม่เมาะและโรงไฟฟ้าในต่างประเทศกับเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ย(เคมี)และตะกอนน้ำเสีย(Sewage sludge, Biosolids) ที่อนุญาตให้ใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ของบางประเทศ. โดยทั่วไปเห็นได้ว่า FGD ยิปซัมจากโรงไฟฟ้าทุกโรงมีค่าสูงสุดของโลหะหนักที่วิเคราะห์ได้ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานดังกล่าว ยกเว้นธาตุ Selenium (Se) ของโรงไฟฟ้าบางโรงในสหรัฐอเมริกา (ในแถวตั้งที่ 2 และ 3) ที่มีค่าสูงกว่ามาตรฐานของปุ๋ยเคมีในแคนาดา แต่ไม่เกินมาตรฐาน Biosolid ของสหรัฐอเมริกา. ส่วน FGD ยิปซัมจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะมีความเข้มข้นสูงสุดของธาตุปรอท (Hg) เท่านั้นที่สูงกว่ามาตรฐานตะกอนน้ำเสียของสหภาพยุโรปเล็กน้อย แต่ก็ไม่เกินมาตรฐานของปุ๋ยเคมี

ในแคนาดาและ Bioslid ในสหรัฐอเมริกา.ทั้งนี้ยกเว้นสารหนู (As) ที่พบว่ามีความเข้มข้นเพียงปีเดียวจาก unit เดียวเท่านั้นมีค่าสูงถึง 98.2 มก./กก. ซึ่งสูงกว่ามาตรฐานปุ๋ยเคมีของแคนาดาและ Bioslid ในสหรัฐอเมริกาเล็กน้อย. ขณะที่ค่าวิเคราะห์ของ unit อื่นๆ ทุกปีมีค่าระหว่าง 0.18-5.25 มก./กก. เท่านั้น.อย่างไรก็ตาม ค่าวิเคราะห์ต่างๆ ทั้งหมดนี้ ต่ำกว่าเกณฑ์ของเสียอันตรายตามประกาศของกระทรวงอุตสาหกรรมว่าด้วยเรื่องการจัดตั้งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้ว พ.ศ. 2548 มาก

Table 1 Total concentrations of heavy metal in FGD gypsum and Standard of fertilizers (mg kg⁻¹)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
As	0.18-5.25	ND	4.0	10.0	1.38	0.56 (0.05)	0.58	0.10	75		75	500
Cd	ND-0.07	ND	1.2	0.61	0.549	<0.48	<0.6	0.02	20	1-3	85	100
Cr	5.19-37.0	11.46	42.0	20	7.58	1.3 (0.85)	1.16	0.03				2,500
Cu	0.04-39.1	ND	27.9		3.25	1.16 (0.30)	2.49	0.03		50-140	4,300	2,500
Hg	ND-3.67	ND	1.40	1.5	1.33	<0.26	0.55		5	1-1.5	57	20
Ni	0.04-24.8	ND	20.1		2.68	0.73 (0.18)	<0.83	0.45	150	30-75	420	2,000
Pb	0.09-13.9	ND	12.0	5.5	1.33	0.80 (0.30)	4.66	0.16	500	50-300	840	1,000
Sb	ND-2.8	ND	9.1	8.2	10.40							500
Se	ND-4.06	2.17	30	46	8.36	5.51 (3.47)			14		100	100
Zn	0.33-38.0	2.95	102		11.5	0.91 (0.49)	5.07	2.10	1,850	150-300	7,500	5,000

ND = non detectable และที่ไม่แสดงตัวเลข หมายถึงไม่มีผลการวิเคราะห์ในรายงานนั้นๆ

¹ฝ่ายการผลิต โรงไฟฟ้าแม่เมาะกฟผ. 2016. (ข้อมูลไม่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่) ยกเว้นค่าวิเคราะห์ของ As จาก unit 10 ในปี 2513 ที่พบ 98.2 มก./กก.

²โครงการวิจัยการใช้ FGD ยับยั้งในการเกษตร. 2016. ผลวิเคราะห์ FGD ยับยั้ง ที่ใช้ในการทดลอง (ข้อมูลไม่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่)

³Pflughoeft-Hassett, et al (2007)

⁴Kossonet. al. (2009) maximum value from 20 power plants in the report

⁵Chen et. al. (2014)

⁶Dontsova, et al. (2005)

⁷Narra, 2009.

⁸Yong Bok Lee, et al (2002)

⁹Canadian Food Inspection Agency. (1997)

¹⁰Werther, J.; Ogada, T. (1999)

¹¹EPA.

¹²ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่องการจัดตั้งปฏิภูลหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้วพ.ศ. 2548.

2. การปนเปื้อนของโลหะหนักในดินเมื่อใช้ FGD ยับยั้งจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะเป็นวัสดุปรับปรุงดิน

ในโครงการวิจัยนี้มีการทดลองใช้ FGD ยับยั้งกับอ้อย แต่ในการวิเคราะห์โลหะหนักนี้ ได้วิเคราะห์เฉพาะดินและพืชที่ได้ FGD ยับยั้งอัตราสูงสุดของการทดลอง คือ 1 ตัน/ไร่ ในดินร่วนทราย และ 2 ตัน/ไร่ ในดินร่วนเหนียว เปรียบเทียบกับที่ไม่ได้รับ FGD ยับยั้ง (control) เท่านั้น. การใส่ FGD ยับยั้งนี้ใส่ครั้งเดียวในปีแรก แล้วทดลองเก็บผลผลิตต่อเนื่อง 3 ปี. ตัวอย่างแต่ละตัวอย่าง ทั้งดินและพืช ถูกสุ่มเก็บจากพื้นที่ทดลอง 4 ซ้ำ แล้วผสมกันทำเป็น 1 ตัวอย่างรวม (composite sample)

ผลการวิเคราะห์ดินทั้ง 3 ปี (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่าดินร่วนเหนียวมีโลหะหนักต่างๆ เกือบทุกธาตุมากกว่าดินร่วนทราย. ความเข้มข้นของธาตุบางธาตุดินต่ำจนตรวจวัดไม่ได้ (non detectable) ได้แก่ แคดเมียม (Cd) ,ปรอท (Mercury, Hg) และ พลวง (Antimony, Sb)โดยเฉพาะในดินร่วนทราย. เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบข้อมูลทีละคู่ ระหว่างดินที่ได้ FGD ยับยั้งอัตราสูงสุดกับที่ไม่ได้รับ FGD ยับยั้งเลย (control) พบว่าความเข้มข้นของธาตุต่างๆ ในดินที่ได้รับยับยั้งมีค่าเท่าๆ กับดินที่ไม่ได้รับยับยั้งทั้งในดินชั้น 0-15 และ 15-30 ซม.

เมื่อคำนวณค่าเฉลี่ยของผลวิเคราะห์แต่ละปีของแต่ละธาตุที่ส่วนใหญ่มีค่าวิเคราะห์ในระดับที่ตรวจวัดได้ ได้แก่ As, Cr, Cu, Ni, Pb และ Zn พบว่าค่าเฉลี่ยของแต่ละธาตุในทุกปี มีค่าเท่าๆ กัน ยกเว้นธาตุสังกะสี (Zn) ที่มีค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ปี เท่ากับ 15.52, 19.50 และ 21.56 มก./กก. ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น. อย่างไรก็ตาม ความเข้มข้นของโลหะหนักต่างๆ ที่พบในดิน

เหล่านี้มีค่าต่ำกว่าเกณฑ์ที่ถือว่ามึมลภาวะในดินการเกษตรของประเทศแคนาดา (Canadian Council of Ministers of the Environment, 2007)

3. การปนเปื้อนของโลหะหนักในพืชเมื่อใช้ FGD ยิปซัมจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะเป็นวัสดุปรับปรุงดิน

ตารางที่ 3 แสดงผลวิเคราะห์โลหะหนักในส่วนกลางของลำอ้อยทั้งเปลือก. ผลการวิเคราะห์ทั้ง 3 ปี ไม่พบธาตุสารหนู (As) และปรอท (Hg) ในความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้พบธาตุพลวง (Sb) เล็กน้อยในอ้อยในปีที่ 1 ธาตุแคดเมียม (Cd) ไม่พบในความเข้มข้นที่ตรวจวัดได้ในปีแรก และพบในความเข้มข้นต่ำมากในปีที่ 2 และ 3 ส่วนธาตุ Cr Cu Ni Pb Zn พบเล็กน้อย.

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างอ้อยที่ได้รับและไม่ได้รับ FGD ยิปซัมที่ปลูกในดินแต่ละชนิด ในแต่ละปี พบว่าในเนื้อท่อนอ้อยที่ได้รับ FGD ยิปซัมอัตราสูงสุดของการทดลอง มีธาตุต่างๆ ทั้ง 9 ธาตุเท่าๆ กับพืชที่ไม่ได้รับ FGD ยิปซัม เป็นเช่นนี้เหมือนกันทั้ง 3 ปีของการทดลอง. แสดงให้เห็นว่าอ้อยไม่ได้รับโลหะหนักเพิ่มจากการใส่ FGD ยิปซัม นอกเหนือจากที่ได้รับจากที่มีอยู่ในดินตามธรรมชาติ

4. รายงานการวิจัยการปนเปื้อนของโลหะหนักในดินและพืชเมื่อใช้ FGD ยิปซัมจากแหล่งต่างๆ เป็นวัสดุปรับปรุงดิน

ในรัฐในภาคเหนือของสหรัฐอเมริกา Norton *et al.* (2011) ศึกษาผลการใช้ FGD ยิปซัมในไร่กับข้าวโพด ถั่วเหลือง และอัลฟัลฟา ที่โดยเปรียบเทียบกับยิปซัมธรรมชาติ (mined gypsum) เป็นเวลา 3 ปี ระหว่างปี 2009-2011 โดยใส่ยิปซัม 2.24 ตัน/เฮกตาร์ (360 กิโลกรัม/ไร่). ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำในดินที่ระดับ 60 ซม. จากผิวดิน เนื้อเยื่อ และเมล็ดพืช เพื่อหาความเข้มข้นของธาตุต่างๆ 28 ธาตุ พบว่าความเข้มข้นของธาตุต่างๆ ในทุกระยะการปลูกที่ได้รับ FGD ยิปซัมไม่ต่างจากแปลงที่ไม่ได้รับ FGD ยิปซัม (control) และที่ได้รับยิปซัมธรรมชาติ แม้กระทั่งการใส่ FGD ยิปซัมอัตรา 8.89 ตัน/เฮกตาร์ (1.4 ตัน/ไร่) ในแปลงปลูกอัลฟัลฟา. นักวิจัยกลุ่มนี้จึงสรุปว่าเกษตรกรสามารถใช้ FGD ยิปซัมเป็นสารปรับปรุงดินได้ในอัตราตามปกติของการเกษตร โดยไม่มีความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารพิษใดๆ ในห่วงโซ่อาหาร

อีก 3 ปีถัดมา Chen *et al.* (2014) ได้ทดลองเพื่อศึกษาผลของการใส่ FGD ยิปซัมต่อความเข้มข้นของปรอทและธาตุอื่นๆ ในดินและใส่เดือนดิน ในแปลงทดลอง 4 แปลงกระจายทั่วสหรัฐอเมริกา ได้แก่ รัฐโอไฮโอ อินเดียนา อلابามา และวิสคอนซิน โดยทดลองใส่ทั้ง FGD ยิปซัมและยิปซัมธรรมชาติอัตรา 2.2 ตัน/เฮกตาร์ (352 กก./ไร่) ในแปลงที่รัฐโอไฮโอ และ 20 ตัน/เฮกตาร์ (3.2 ตัน/ไร่) ในแปลงในอีก 3 รัฐ เปรียบเทียบกับไม่ใส่ยิปซัมเลย. อัตรา 20 ตัน/เฮกตาร์นี้มากเป็น 10 เท่าของอัตราแนะนำทั่วไป. ผลการทดลองเมื่อ 4 – 18 เดือนพบว่า ที่รัฐโอไฮโอจำนวนและชีวมวลของใส่เดือนในแปลงที่ได้รับยิปซัม ทั้ง FGD และยิปซัมธรรมชาติ ลดลงเมื่อเทียบกับแปลงที่ไม่ได้รับ ส่วนในรัฐอื่นไม่ลดลง. ในการทดลองทุกรัฐความเข้มข้นของปรอทในดินและใส่เดือนที่ได้รับ FGD ยิปซัมเพิ่มขึ้นเล็กน้อย แต่ไม่ต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบกับยิปซัมธรรมชาติ ยกเว้นรัฐวิสคอนซินพบว่าปรอทในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ. ในการทดลองที่รัฐอินเดียนาและวิสคอนซิน ปริมาณธาตุ selenium ในใส่เดือนที่ได้รับ FGD ยิปซัมสูงกว่าที่ไม่ได้รับอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่สูงกว่าที่ได้รับยิปซัมธรรมชาติ. Chen *et al.*, (2014) จึงสรุปจากการศึกษาว่า การใช้ FGD ยิปซัมในการเกษตรในอัตราปกติดูเหมือนจะไม่ทำให้ความเข้มข้นของโลหะหนักในดินและใส่เดือนเพิ่มขึ้น

ในสาธารณรัฐเกาหลี Yong *et al.*, (2002) ศึกษาผลของการใช้วัสดุผสมระหว่างเถ้าลอยกับ FGD ยิปซัมจากเมือง Hadong ต่อการเติบโตและผลผลิตของข้าวที่ปลูกในนา อัตราส่วนระหว่างเถ้าลอยกับ FGD ยิปซัม คือ 75:25 โดยใช้วัสดุผสมอัตรา 0 – 60 ตัน/เฮกตาร์ (0 – 9.6 ตัน/ไร่). พบว่าอัตราที่ใช้ 0 – 20 ตัน/เฮกตาร์ (0 – 3.2 ตัน/ไร่) ให้ผลผลิตข้าวดีที่สุด. การใส่วัสดุผสมทุกอัตราไม่ทำให้โลหะหนักต่างๆ ได้แก่ As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb และ Zn ในเมล็ดข้าวสารข้าวสูงขึ้นจากข้าวที่ไม่ได้รับวัสดุผสมเลย (control)

**Table 2** Heavy metals in soils (mg kg^{-1}) after sugar cane harvesting

Years	Soil type	Depth, cm	Treatment	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Zn
First (2013)	Sandy	0-15	No gypsum	ND	ND	9.52	9.05	ND	1.01	2.93	ND	2.38
			Gyp.1 ton rai ⁻¹	ND	ND	9.97	3.42	ND	1.18	3.10	0.63	2.41
	Loam	15-30	No gypsum	2.42	ND	9.18	6.56	ND	1.31	3.39	<0.50	2.42
			Gyp.1 ton rai ⁻¹	1.46	0.13	10.2	2.89	ND	1.13	3.04	ND	2.01
	Clayey	0-15	No gypsum	5.89	ND	45.41	24.98	ND	9.49	20.06	2.18	24.34
			Gyp.2 ton rai ⁻¹	7.37	ND	50.94	16.36	ND	8.39	18.09	2.01	18.73
	Loam	15-30	No gypsum	7.76	ND	47.88	22.69	ND	8.97	20.38	1.90	21.25
			Gyp.2 ton rai ⁻¹	6.68	ND	46.96	16.07	ND	7.93	17.87	1.24	18.28
Average				8.80		21.61	12.53		6.13	11.60		15.52
Second (2014)	Sandy	0-15	No gypsum	2.96	ND	9.42	1.26	ND	1.65	3.27	0.69	1.69
			Gyp.1 ton rai ⁻¹	1.04	ND	10.23	1.52	ND	1.53	3.62	1.16	1.78
	Loam	15-30	No gypsum	9.80	ND	51.66	6.38	ND	8.41	16.40	3.53	8.82
			Gyp.1 ton rai ⁻¹	3.00	ND	10.59	1.59	0.82	1.53	3.76	0.74	1.82
	Clayey	0-15	No gypsum	9.99	ND	49.60	25.21	ND	18.00	20.19	1.88	42.79
			Gyp.2 ton rai ⁻¹	12.19	ND	43.41	21.78	ND	13.66	20.91	2.15	31.08
	Loam	15-30	No gypsum	12.16	ND	50.49	22.70	ND	16.62	24.19	1.98	35.91
			Gyp.2 ton rai ⁻¹	11.82	ND	48.88	20.05	0.79	11.60	18.64	2.42	28.89
Average				12.96		21.06	10.30		6.99	12.86		19.50
Third (2015)	Sandy	0-15	No gypsum	<2.00	ND	9.30	1.44	ND	0.84	<5.00	ND	1.42
			Gyp.1 ton rai ⁻¹	<2.00	ND	8.11	1.63	ND	1.29	<5.00	ND	1.76
	Loam	15-30	No gypsum	<2.00	ND	9.41	1.53	ND	0.82	<5.00	ND	1.44
			Gyp.1 ton rai ⁻¹	2.27	ND	13.60	2.08	ND	1.39	<5.00	ND	2.07
	Clayey	0-15	No gypsum	6.29	ND	52.86	31.84	ND	22.34	23.60	1.11	51.42
			Gyp.2 ton rai ⁻¹	5.32	ND	76.06	18.09	ND	11.04	18.42	0.85	24.31
	Loam	15-30	No gypsum	3.75	ND	39.99	34.66	ND	27.94	24.59	0.86	60.51
			Gyp.2 ton rai ⁻¹	3.83	ND	44.54	18.57	ND	9.28	17.14	0.88	23.21
Average				10.33		20.54	11.71		7.80	16.80		21.56

ND = non detectable (Analysis by Central Lab (Thailand)), Chiang Mai

Table 3 Heavy metals in sugar cane (mg kg⁻¹)

Years	Soil type	Treatment	As	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Sb	Zn
First (2013)	Sandy	No gypsum	ND	ND	0.15	2.16	ND	ND	ND	0.54	1.98
		Gyp.1 ton rai ⁻¹	ND	ND	0.17	2.31	ND	0.14	<0.13	0.58	3.50
	clayey	No gypsum	ND	ND	0.18	5.81	<0.25	0.28	0.29	<0.50	4.87
		Gyp.2 ton rai ⁻¹	ND	ND	<0.13	2.48	ND	0.16	0.21	<0.50	2.65
	Average				0.16	5.24		3.27	0.16		28.43
Second (2014)	sandy	No gypsum	ND	0.057	0.44	2.10	<0.018	0.26	0.21	ND	5.27
		Gyp.1 ton rai ⁻¹	ND	<0.018	0.40	1.69	ND	0.17	0.19	ND	3.88
	clayey	No gypsum	ND	0.027	0.30	2.14	ND	0.27	0.27	ND	5.05
		Gyp.2 ton rai ⁻¹	ND	0.037	0.32	2.43	ND	0.33	0.30	ND	7.34
	Average				0.37	5.22		3.08	0.24		29.54
Third (2015)	Sandy	No gypsum	<0.13	<0.018	0.59	0.84	ND	0.20	0.19	ND	3.66
		Gyp.1 ton rai ⁻¹	<0.13	<0.018	0.64	0.87	ND	0.23	0.17	ND	3.79
	clayey	No gypsum	ND	0.021	0.62	1.16	ND	0.37	0.22	ND	4.41
		Gyp.2 ton rai ⁻¹	ND	<0.018	0.47	1.07	ND	0.25	0.20	ND	3.04
	Average				0.58	4.87		2.29	0.20		26.99

ND = non detectable (Analysis by Central Lab (Thailand)), Chiang Mai

Yodthongdee *et al.* (2013) ได้วิเคราะห์ FGD ยิปซัมจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ พบว่าความเข้มข้นทั้งหมดของธาตุ As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Se และ Zn อยู่ในพิสัยของผลการวิเคราะห์ FGD ยิปซัมโดยฝ่ายการผลิต โรงไฟฟ้าแม่เมาะ (แถวตั้งที่ 1 ของตารางที่ 1). จากนั้นได้ทดลองโดยผสม FGD ยิปซัมกับดินชั้นบน (0-20 ซม.) ของดินนา 2 ชนิด ในอัตรา 0 (control), 2.5 5.0 และ 7.5 % ของน้ำหนักดิน (เทียบได้กับการใส่ FGD ยิปซัมอัตรา 0, 7.5, 15.0 และ 22.5 ตัน/ไร่) แล้วปลูกผักคะน้าและถั่วเขียว เป็นเวลา 45 และ 60 วัน. ผลการวิเคราะห์ดินพบว่าการได้รับ FGD ยิปซัมอัตราต่างๆ สูงสุดถึง 22.5 ตัน/ไร่ ไม่ทำให้ธาตุโลหะหนักในดินเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ผลการวิเคราะห์ผลผลิตส่วนที่บริโภคได้ (edible parts) ของพืชทั้ง 2 ชนิด ก็พบว่าพืชแต่ละชนิดที่ได้รับ FGD ยิปซัมทุกอัตรามีธาตุ As, Cd, Cr, Cu, Pb และ Zn ไม่ต่างกัน และไม่ต่างจากพืชที่ไม่ได้รับ FGD ยิปซัมเลย แต่แตกต่างกันระหว่างชนิดของพืช

สรุป

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักใน FGD ยิปซัมของประเทศต่างๆ และผลการวิเคราะห์อย่างต่อเนื่องของฝ่ายการผลิต โรงไฟฟ้าแม่เมาะ รวมถึงผลการทดลองใช้ FGD ยิปซัมเป็นวัสดุปรับปรุงดินในการปลูกพืช ในโครงการวิจัยนี้ ตลอดจนรายงานการวิจัยในสหรัฐอเมริกา เยอรมัน เกาหลี ทั้งหมดได้ผลตรงกัน จนสามารถสรุปได้ว่า FGD ยิปซัมจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะและที่อื่นๆ มีโลหะหนักปนเปื้อนอยู่ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของปุ๋ยเคมีและตะกอนน้ำเสีย (Sewage sludge, Biosolids) ที่ประเทศอุตสาหกรรมชั้นนำของโลกอนุญาตให้ใช้เป็นปุ๋ยอินทรีย์ในการเกษตร.

ในดินทั่วไปต่างมีธาตุโลหะหนักต่างๆ เป็นองค์ประกอบโดยธรรมชาติอยู่เล็กน้อย การใส่ FGD ยิปซัม ซึ่งมีโลหะหนักอยู่เล็กน้อย ในเกณฑ์ปลอดภัยของปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ แม้จะใส่มากครั้งเดียวถึง 2 ตัน/ไร่ ไม่ทำให้ความเข้มข้นโลหะหนักในดินเพิ่มขึ้นจากที่มีอยู่โดยธรรมชาติ. เมื่อปลูกพืชโดยใช้ FGD ยิปซัมเป็นวัสดุปรับปรุงดิน ก็ไม่พบว่า FGD ยิปซัมทำให้ผลผลิตของพืชที่มีธาตุโลหะหนักต่างๆ เพิ่มขึ้นมากกว่าพืชที่ปลูกในดินที่ไม่ได้รับ FGD ยิปซัม. ขณะเดียวกัน การใส่ FGD ยิปซัมก็ไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น ในน้ำและไส้เดือนดิน.

คำขอบคุณ

การศึกษารวบรวม การใช้ FGD ยิปซัมในการเกษตร ได้รับการสนับสนุนจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ที่ได้ดำเนินงานวิจัยโดยได้รับความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากหลายฝ่ายของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยและโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง พร้อมด้วยหน่วยงานราชการทุกส่วน หน่วยงานเกษตรอำเภอเมือง จังหวัดลำปาง และเกษตรกรทุกคนที่อนุเคราะห์พื้นที่ทดลองตลอดเวลา 3 ปี คณะผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบคุณ เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

โครงการวิจัยการใช้ FGD ยิปซัมในการเกษตร. 2549. ผลวิเคราะห์ FGD ยิปซัม ที่ใช้ในการทดลอง (ข้อมูลไม่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่)

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรมเรื่องการจัดตั้งปฏิรูปหรือวัสดุที่ไม่ใช่แล้วพ.ศ. ๒๕๔๘.

<http://www.industry.go.th/roiet/index.php/2013-11-22-12-30-42/2013-12-09-08-37-28/item/319-2548> เข้าถึงเมื่อ 1 มกราคม 2559

ฝ่ายการผลิต โรงไฟฟ้าแม่เมาะ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย. 2016. ผลวิเคราะห์ Fly ash, Bottom Ash and FGD gypsum ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ Unit 4 – 13 ระหว่างปี 2552-2556 (ข้อมูลไม่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่)

- Canadian Food Inspection Agency. 1997. Standards for Metals in Fertilizers and Supplements.
<http://www.inspection.gc.ca/plants/fertilizers/trade-memoranda/t-4-93/eng/1305611387327/130561154747> เข้าถึงเมื่อ 1 มกราคม 2559
- Chen, L., D. Kost, Y. Tian, X. Guo, D. Watts, D. Norton, R.P. Wolkowski, and W.A. Dick. 2014. Effects of gypsum on trace metals in soils and earthworms. *J. Environ. Qual.* 43:263–272
- Dontsova, K, Y. B. Lee, B. K. Slater, and J. M. Bigham. 2016. Ohio State University Extension Fact Sheet ANR-20-05. Gypsum for Agricultural Use in Ohio—Sources and Quality of Available Products. <http://ohioline.osu.edu/anr-fact/0020.html> เข้าถึง เมื่อ January 11, 2016.
- EPA. Biosolids laws and regulations. <http://www.epa.gov/biosolids/biosolids-laws-and-regulations>. เข้าถึงเมื่อ 1 มกราคม 2016
- Kosson, D.D., F. Sanchez, P. Kariher, L.H. Turner, R. Delapp and P. Seignette. 2009. Appendices A through L for Characterization of Coal Combustion Residues from Electric Utilities – Leaching and Characterization Data EPA-600/R-09/151 December 2009.
- Narra, S., 2009. Flue Gas Desulphurization Gypsum as a Soil Amendment in the Growth of Wild Rye and Poplar (Hybrid 275 and Weser 6) Clones in Lusatia, Germany. *Inter. J. of Agri. Res.* 4: 297-309.
- Norton, L., W. Dick and D. Kost. 2011. Field studies on the use of flue gas desulfurization (FGD) gypsum in agriculture. ASA-CSSA-SSSA Annual Meeting Abstracts. October 16, 2011 <http://www.science.gov/topicpages/f/fgd+by-products+quarterly.html#>
- Pflughoeft-Hassett, D.F., D.J. Hassett and K. Eylands. 2007. A Comparison of Properties of FGD & Natural Gypsum Products. Agricultural & Industrial Uses of FGD Gypsum Workshop. Atlanta, Georgia: October 23, 2007.
- Werther, J. and T. Ogada. 1999. Sewage sludge combustion. *Progress in Energy and Combustion Science*: 25: 55-116.
- Yodthongdee, Y., S. Ponlayuth, J. Jaroon and S. Lapanantnoppakhun. 2013. Uptake of Nutrients in Vegetables Grown on FGD-Gypsum-Amended Soils. *Orient. J. of Chemistry* 29: 1027-1032.
- Yong, B.L., S.H. Ho, K.P. Bum, S.C. Ju and P.U. Kim. 2002. Effect of a fly ash and gypsum mixture on rice cultivation, *Soil Sci. Plant Nutr.* 48: 171-178.

อิทธิพลของไกลโฟเสท แคดเมียมและตะกั่วต่อการเคลื่อนย้ายธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมตามชั้นความลึกดิน

Effect of glyphosate, cadmium and lead on phosphorus and potassium movement in different soil layers

ทิฆัมพร นิลุบล¹ และภากร ศิริวงศ์^{2*}

Tikamporn Nilubol¹ and Wapakorn Siri Wong^{2*}

บทคัดย่อ

การศึกษาอิทธิพลของสารไกลโฟเสท แคดเมียมและตะกั่วต่อการเคลื่อนย้ายธาตุฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินเป็นการทดลองในดินร่วนปนทราย ที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 20.3 g/kg และค่าความเป็นกรดต่างของดิน เท่ากับ 6.5 เป็นดินที่บรรจุใน soil microcosm ทำการทดลองแบบ 2x3 factorial in CRD ประกอบด้วยสองปัจจัย ปัจจัยแรก คือ การเติมไกลโฟเสท ได้แก่ การไม่ใส่สารไกลโฟเสท และใส่สารไกลโฟเสทที่ระดับความเข้มข้น 98 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปัจจัยที่สอง คือ การเติมธาตุโลหะ ได้แก่ การไม่เติมธาตุโลหะ เติมธาตุโลหะแคดเมียมความเข้มข้น 56 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเติมธาตุโลหะตะกั่วความเข้มข้น 104 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เก็บตัวอย่างดินโดยแบ่งเป็น 5 ชั้น คือ 0-2, 2-4, 4-6, 6-8 และ 8-10 เซนติเมตรเพื่อศึกษาการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารตามระดับความลึกที่ระยะเวลา 1, 14 และ 40 วัน พบว่าการเติมแคดเมียมและตะกั่วไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีปริมาณลดลงในดินที่ได้รับแคดเมียมและตะกั่วทั้งที่ชั้นบนโดยตรงและดินชั้นต่ำกว่า 2 เซนติเมตรแสดงถึงการเคลื่อนย้ายของโพแทสเซียมไปสู่ชั้นดินล่างของหน้าตัดดินได้เร็วขึ้น การเติมไกลโฟเสทลงในดินมีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นในดินชั้นบนความลึกไม่เกิน 4 เซนติเมตรแต่ไม่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัสสู่ชั้นดินล่าง นอกจากนี้ การเติมไกลโฟเสทร่วมกับแคดเมียมและตะกั่วทำให้การเคลื่อนย้ายโพแทสเซียมออกจากชั้นดินได้เร็วขึ้นโดยหายออกไปจากความลึก 4 เซนติเมตรในวันที่ 14 และออกไปจากความลึก 8 เซนติเมตรในวันที่ 40

คำสำคัญ: ไกลโฟเสท, โลหะหนัก, ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

Abstract

Effect of glyphosate, cadmium and lead on nutrient movement was studied in sandy loam soil posed 2.03% organic matter and pH 6.5. The experiment was conducted in soil microcosm. The experiment was 2x3 factorial in CRD, experiment factors comprised of 2 glyphosate levels (0 and 98 mg/kg) and 3 metal applications (no application, 56 mg/kg of cadmium and 104 mg/kg of lead). Soil sample was collected and divided in 5 layers (0-2, 2-4, 4-6, 6-8 and 8-10 cm.) at 1, 14 and 40 days. The results from the study showed that amount of available phosphorus in metals spiked soil was not different from no metal application. Exchangeable potassium in cadmium and lead spiked soil was lower than non-spiked soil in top and deeper layer soil show rapidly potassium leaching occurred. Glyphosate

¹ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
Master of Science Program, Environmental Science, Naresuan University

² ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร
Department of Natural Resources and Environment, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University

* Corresponding author: Email: wapakorna@nu.ac.th

application showed effect on available phosphorus was significant increase in upper 4-centimeter soil and not significant move to deeper layer. The application of glyphosate and metals lead to rapidly loss of potassium from 4-centimeter soil at 14 days and 40-centimeter soil at 40 days.

Keywords: Glyphosate, Metals, Phosphorus and Potassium

บทนำ

การปนเปื้อนของดินในพื้นที่เกษตรกรรม มีสาเหตุมาจากการใช้สารกำจัดวัชพืช ปุ๋ยเคมี แหล่งน้ำเพื่อการเกษตร และการแพร่กระจายจากบ่อขยะและโรงงานอุตสาหกรรม (นันทนา ชื่นอิม, 2551; จันทรแจ่ม ดวงอุปะ และคณะ, 2554 และ สุจิตรา ชูเกิด, 2555) ไกลโฟเสท (glyphosate) เป็นสารกำจัดวัชพืชประเภทหนึ่งที่มีนิยมนำเข้ามากที่สุดและมีการนำเข้ามาเป็นอันดับหนึ่ง เป็นปริมาณ 38.5 ล้านกิโลกรัม และมีมูลค่า 2.04 ล้านบาท ในปี 2558 (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2558) การใช้ไกลโฟเสทในปริมาณมากทำให้เกิดการตกค้าง สะสม และปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม ทั้งทางดิน แหล่งน้ำ และพืช ไกลโฟเสท หรือ N-(phosphonomethyl) glycine เป็นสารกำจัดวัชพืชในกลุ่มฟอสฟอรัสอินทรีย์ (organophosphate) มีสูตรโครงสร้างทางเคมี $(HO)_2P(O)CH_2NHCH_2CO_2H$ มีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อน ค่าครึ่งชีวิตตามปกติเพียง 45-60 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพของดินและภูมิอากาศ ไกลโฟเสทมีความสามารถในการดูดซับกับอนุภาคดินได้อย่างรวดเร็ว (Morillo, et. al., 2002) โครงสร้างทางเคมีประกอบด้วยหมู่ฟังก์ชันสามหมู่ คือ amine, carboxylate และ phosphonate (Zhou, et. al., 2004) ที่มีค่าคงที่ในการแตกตัว (pKa) ได้หลายค่าจึงสามารถจับกับอนุภาคดินได้ดี (Morillo et. al., 1997) การแตกตัวเป็นโมเลกุลที่มีขั้ว ทำให้ไกลโฟเสทมีความสามารถในการจับกับไอออนที่มีประจุเป็นบวกได้โดยกลไกการสร้างสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างไกลโฟเสทกับไอออนบวก เป็นสารประกอบเชิงซ้อน bidentate chelating structure (Ramstedt, 2004) กลไกการดูดซับไกลโฟเสทบนผิวอนุภาคดินมีความคล้ายคลึงกับการดูดซับฟอสเฟต แต่มีความชอบสูงกว่าทำให้เกิดแข่งขันกัน และไกลโฟเสทสามารถไล่ที่ฟอสฟอรัสออกมาอยู่ในสารละลายดินได้ (Gimsing and Borgdaard, 2002 และ Gimsing et al., 2004) การปนเปื้อนของดินด้วยโลหะหนักในพื้นที่เพาะปลูกมักพบการปนเปื้อนด้วยธาตุแคดเมียมและตะกั่วในดิน โดยมีแหล่งที่มาจากสารกำจัดวัชพืช ปุ๋ยเคมี และอุตสาหกรรม เช่น น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม การกำจัดของเสียด้วยวิธีที่ไม่เหมาะสม การใช้พื้นที่ดินเป็นที่ทิ้งขยะ โรงกำจัดขยะ และเหมืองแร่ ปล่องน้ำเสียและฝังขยะที่ไม่ได้รับการบำบัด จึงทำให้เกิดการตกค้างสะสม (นันทนา ชื่นอิม, 2551; จันทรแจ่ม ดวงอุปะ และคณะ, 2554 และ สุจิตรา ชูเกิด, 2555) หากธาตุเหล่านี้มีการสะสมในปริมาณที่มากจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น มีการสะสมแคดเมียมและตะกั่วในพันธุ์ข้าวในส่วนของเมล็ดและเปลือก นอกจากนี้ยังพบว่าการสะสมแคดเมียมในพืชประเภทบริโภค คือ ผักบุ้ง ผักคะน้า ผักกาดหอม ผักกาดเขียว และต้นหอม เป็นต้น (เพื่อนจิต บุญจันทร์, 2548 และสุภาพร พงศ์ธรพฤษ, 2545) แคดเมียมและตะกั่วในดินอาจส่งผลกระทบต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน โดยเมื่อมีการปนเปื้อนแคดเมียมลงสู่ดินจะทำให้กิจกรรมเอนไซม์ดิน Urease เกิดการทำงานที่ลดลง และสารตะกั่วมีผลยับยั้งการทำงานของกิจกรรมจุลินทรีย์ดิน มวลจุลินทรีย์และสรีรวิทยาของข้าวในระบบดิน (ศุภมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา, 2540; Renella et al., 2005; Zeng et al, 2007) พฤติกรรมของโลหะหนักในดินสามารถส่งผลต่อการไล่ที่ไอออนบวกอื่นๆในดิน (Smith, 1990) หรือเกิดการตกตะกอนกับอนุภาคไอออนลบได้ (Jurinak and Inouye, 1962)

การปนเปื้อนไกลโฟเสทร่วมกับโลหะหนักในดินอาจส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักของพืช (macronutrient) ปริมาณ รูป และความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล่านี้เป็นตัวบ่งถึงความอุดมสมบูรณ์และคุณภาพของทรัพยากรที่สำคัญต่อการเป็นตัวกลางในการเพาะปลูกพืช การเคลื่อนย้ายของธาตุเหล่านี้ภายในหน้าตัดดินและกระจายออกจากหน้าตัดดินส่งผลกระทบต่อความเสื่อมโทรมของดินและการแพร่กระจายสารไปสู่สิ่งแวดล้อม การศึกษาวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใส่สารไกลโฟเสทและโลหะลงในดินต่อการเคลื่อนย้ายธาตุอาหารตามระดับความลึกของชั้นดิน

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างดินที่ใช้ในการทดลอง

ตัวอย่างดินเก็บจากหน้าดินลึก 0-15 เซนติเมตรจากพื้นที่บ้านหนองกวางลี อำเภอมือง จังหวัดพิษณุโลก จุดเก็บตัวอย่างดินอยู่ในหน่วยแผนที่ชุดดินโคราชที่ดินบนเป็นดินทรายปนดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) ลักษณะพื้นที่เป็นป่าผสมผสาน

แผนการทดลอง

ดำเนินการทดลองในโรงเรือนทดลอง บรรจุตัวอย่างดินลงใน soil microcosm ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6.35 เซนติเมตร ความสูง 18 เซนติเมตร วางแผนทดลองแบบ 2x3 factorial in CRD (Completely Randomized Design) ประกอบด้วยปัจจัยการทดลอง ดังนี้

1. ปัจจัยแรก คือ การใส่สารไกลโฟเสท ประกอบด้วย 2 ระดับ คือ G0: ไม่ใส่สารไกลโฟเสท (น้ำกลั่น) และ G1: ใส่สารไกลโฟเสท (ความเข้มข้น 98 mg/kg)

2. ปัจจัยที่สอง คือ การใส่โลหะหนัก ประกอบด้วย 3 ระดับ คือ M0: ไม่เติมธาตุโลหะ (น้ำกลั่น) Cd: เติมแคดเมียมระดับความเข้มข้น 56 mg/kg และ Pb: เติมตะกั่วระดับความเข้มข้น 104 mg/kg โดยความเข้มข้นอ้างอิงจากข้อมูลพื้นที่ปนเปื้อนจากเอกสารอ้างอิง (กรมควบคุมมลพิษ, 2013; จันทรแจ่ม ดวงอุปะ และคณะ, 2011; ปภามณูย์ ซีประเสริฐ และคณะ, 2011; วีรภัทร์ ทองอนันท์ และคณะ, 2014)

ทำการทดลอง 2 ซ้ำ โดยดำเนินการทดลองจากสองปัจจัย ประกอบด้วย 6 ดำรับการทดลอง ได้แก่

- M0G0: ไม่เติมธาตุโลหะ + ไม่ใส่สารไกลโฟเสท
- M0G1: ไม่เติมธาตุโลหะ + ใส่สารไกลโฟเสท (ความเข้มข้น 98 mg/kg)
- CdG0: เติมแคดเมียมระดับความเข้มข้น 56 mg/kg + ไม่ใส่สารไกลโฟเสท
- CdG1: เติมแคดเมียมระดับความเข้มข้น 56 mg/kg + ใส่สารไกลโฟเสท (ความเข้มข้น 98 mg/kg)
- PbG0: เติมตะกั่วระดับความเข้มข้น 104 mg/kg + ไม่ใส่สารไกลโฟเสท และ
- PbG1: เติมตะกั่วระดับความเข้มข้น 104 mg/kg + ใส่สารไกลโฟเสท (ความเข้มข้น 98 mg/kg)

การดำเนินการทดลอง

1. ชั่งดิน 500 g บรรจุตัวอย่างดินลงใน soil microcosm ให้มีความลึก 10 เซนติเมตร เพื่อให้มีความหนาแน่นรวมเท่ากับดิน ณ จุดเก็บตัวอย่าง วางดินในโรงเรือนและรดน้ำเป็นเวลา 7 วัน

2. หยดสารละลายธาตุโลหะปริมาณ 40 ml ในแต่ละท่อ แต่ละท่อใช้สารละลายธาตุเดียวของแคดเมียมและตะกั่วเข้มข้น 700 และ 1,300 mg/l ตามลำดับ โดยหยดให้ทั่วผิวน้ำดิน และใช้น้ำกลั่นในดินที่ไม่เติมธาตุโลหะหนัก

3. หยดสารไกลโฟเสทหลังจากหยดโลหะหนัก 1 วัน โดยใช้สารละลายไกลโฟเสทที่ความเข้มข้น 4,900 mg/l ปริมาณ 10 ml ให้ทั่วผิวน้ำดิน และใช้น้ำกลั่นในดินที่ไม่ใส่สารไกลโฟเสท

4. รักษาระดับความชื้น ดินให้มีค่า 88.5% ของความสามารถในการอุ้มน้ำ ของดินที่ทำโดยวิธีของ Harding and Ross (1964) ตลอดระยะเวลาการทดลองโดยเติมน้ำกลั่น

5. เก็บตัวอย่างดินที่ระยะเวลา 1, 14 และ 40 วันหลังจากใส่สารไกลโฟเสท เมื่อครบระยะเวลาแล้วทำการวิเคราะห์ดินแต่ละชั้น โดยแบ่งดินเป็น 5 ระดับชั้น คือ 0-2, 2-4, 4-6, 6-8 และ 8-10 เซนติเมตร

6. คลุกเคล้าดินในแต่ละชั้นให้สม่ำเสมอ นำดินที่ผ่านการผึ่งให้แห้งไปวิเคราะห์ต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

- ค่าความเป็นกรดต่างของดิน ด้วยวิธี ดิน : น้ำ 1 : 1
- ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ด้วยวิธี Bray II method (Bray and Kurtz, 1945)
- ปริมาณโพแทสเซียม ด้วยวิธีการสกัดด้วย ammonium acetate (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

วิเคราะห์หัตถิพลของไกลโฟเสทและโลหะหนักในแต่ละชั้นดินตามระยะเวลา โดยใช้สถิติ F-test ด้วยวิธี ANOVA และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละตำรับการทดลองโดยวิธี Duncan's Multiple-Range Test

ผลและวิจารณ์

1. สมบัติของดินที่ใช้ทำการศึกษา

ตัวอย่างดินที่ใช้ในการศึกษาวิจัยมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ลักษณะดินจัดว่าเป็นดินเนื้อหยาบ มีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียว 10.7% เป็นดินที่มีการระบายน้ำได้ดี มีอินทรีย์วัตถุปานกลางเท่ากับ 20.3 g/kg มีค่าความเป็นกรดต่าง เท่ากับ 6.5 มีฤทธิ์เป็นกลาง ดังแสดงใน Table 1

Table 1 Soil properties used in the study

Soil properties	value
Clay, %	10.7
Sand, %	80.36
Silt, %	8.97
Soil texture	sandy loam
pH (1:1 H ₂ O)	6.50
OM, g/kg	20.3
Total Cd, mg/kg	3.14
Total Pb, mg/kg	96.81
Available Phosphorus, mg/kg	21.92
Exchangeable K, mg/kg	114.3

2. การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างของดิน

การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดต่างของดินของดินชั้นบนความลึก 0-2 เซนติเมตรแสดงดังแสดงใน Figure 1 ผลของการเติมไกลโฟเสทและโลหะหนักไม่ทำให้ค่าความเป็นกรดต่างของดินมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ดินมีระดับค่าความเป็นกรดต่างของดินลดลงเล็กน้อยในวันที่ 40 การลดลงของค่าความเป็นกรดต่างของดินเป็นผลมาจากสารไกลโฟเสทเป็นสารประกอบที่มีคุณสมบัติเป็นกรดอ่อน (Morillo, et al., 1997)

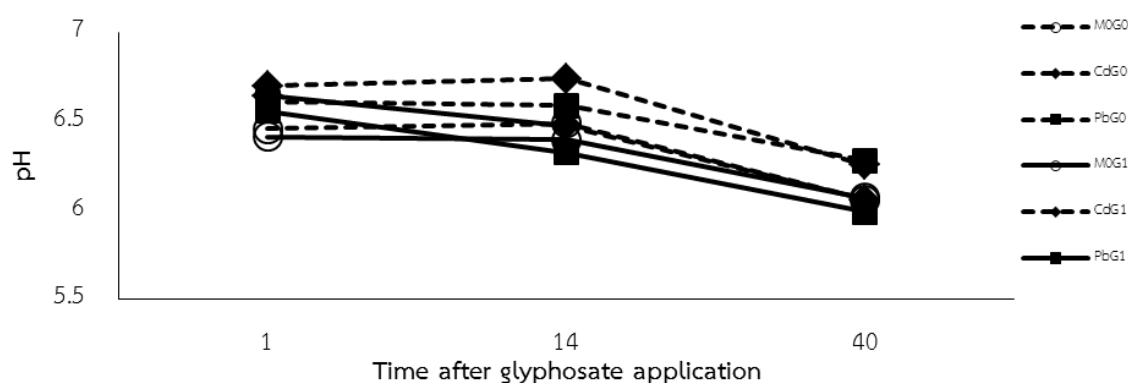


Figure 1 pH in soil of time after not and glyphosate application

3. การเปลี่ยนแปลงฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินชั้น 0-2 เซนติเมตร มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนในวันที่ 40 การเติมแคดเมียมและตะกั่วลงในดินไม่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ดัง Figure 2 เนื่องจากไกลโฟเสทมีฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบถึง 56.17% ทำให้การเพิ่มไกลโฟเสทลงในดินมีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นทั้งในดินที่ไม่ใส่โลหะหนัก ดินที่ใส่แคดเมียมและตะกั่วอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ดัง Figure 3

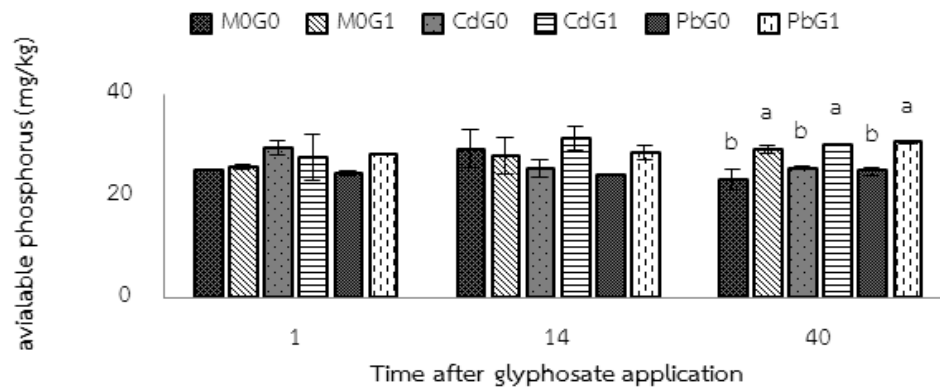


Figure 2 Available phosphorus in soil at depth 0 - 2 cm of time after glyphosate application

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินทุกชั้นมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลา ที่สอดคล้องกับการลดลงของค่าพีเอชของดิน ผลของการดื่บการทดลองต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินไม่พบความแตกต่างในวันที่ 1 และ 14 แต่มีความแตกต่างอย่างชัดเจนในวันที่ 40 ดังแสดงใน Figure 3 การเติมแคดเมียมและตะกั่วไม่มีผลต่อฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อย่างมีนัยสำคัญตลอดหน้าตัดดิน การเติมไกลโฟเสทลงในดินมีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้น ทั้งดินที่ไม่เติมโลหะหนักและดินที่เติมโลหะหนักพร้อมด้วย โดยมีผลในชั้น 0-2 และ 2-4 เซนติเมตร ในแคดเมียม และในชั้น 0-2 เซนติเมตรในตะกั่ว และไม่พบหลักฐานการเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เนื่องจากปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในชั้นดินที่ลึกลงไปไม่มีความแตกต่างระหว่างแต่ละการดื่บการทดลอง การเพิ่มปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จากการใส่สารไกลโฟเสทเกิดจากการสลายตัวของสารไกลโฟเสท ทำให้เกิดการแตกพันธะระหว่าง carbon-phosphate จึงเป็นผลให้มีการปลดปล่อยฟอสฟอรัสเพิ่มมากขึ้นที่ระยะเวลาที่สอดคล้องกับค่าครึ่งชีวิตของการสลายตัวของไกลโฟเสทที่ 47 วัน (Forlani, et al., 1999; Kools, 2012)

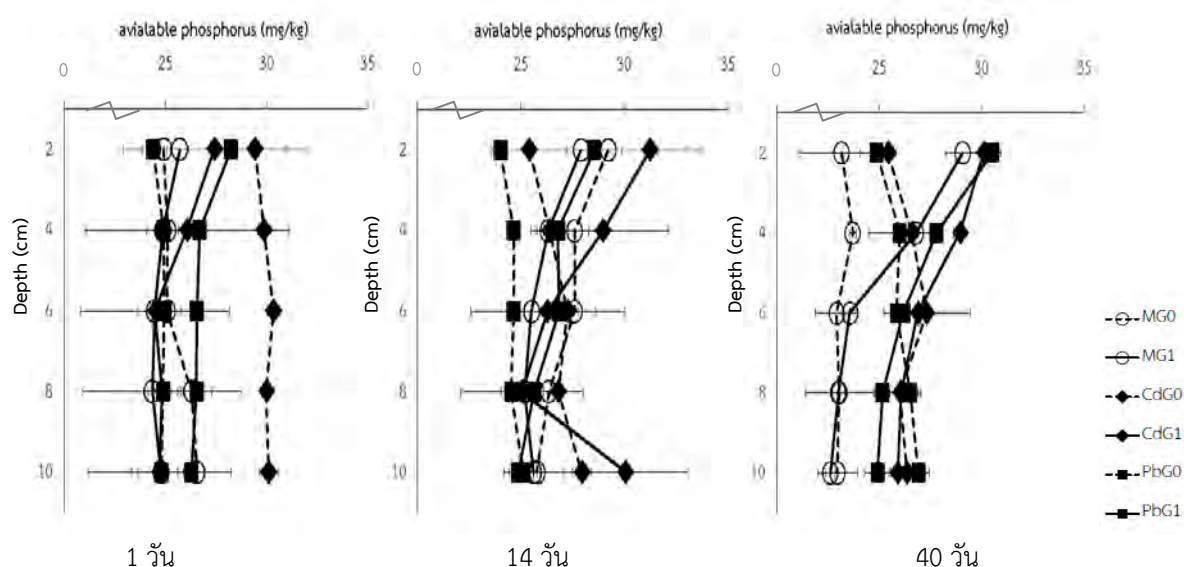


Figure 3 Available phosphorus in soil according to depth of time after glyphosate application

4. การเปลี่ยนแปลงโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมีการเปลี่ยนแปลงจากการเติมโลหะหนักแคดเมียมและตะกั่วทำให้โพแทสเซียมในดินลดลงในวันที่ 1, 14 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และหมดไปจากดินในวันที่ 40 ในดินชั้นบน ดังแสดงใน Figure 4 เนื่องจากอนุภาคดินมีความสามารถยึดไอออนของโลหะหนักได้ดีกว่าโพแทสเซียมไอออน จึงทำให้โพแทสเซียมไอออนที่ถูกดูดซับอยู่เดิมถูกไล่ที่ และถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในสารละลาย จึงเป็นผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีปริมาณลดลงในดินชั้นบน (Smith, 1990)

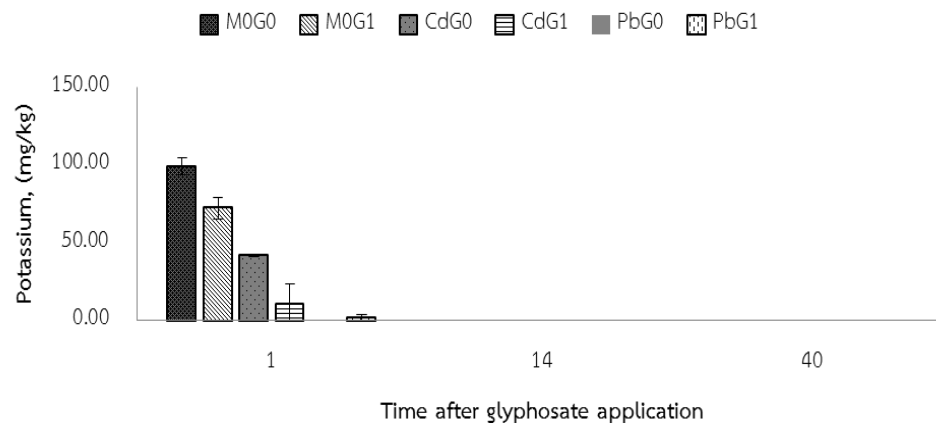


Figure 4 Potassium exchangeable in soil at depth 0 - 2 cm of time after glyphosate application

ปริมาณโพแทสเซียมในหน้าตัดดินมีการลดลงตามระยะเวลาและเพิ่มขึ้นตามความลึกดินแสดงให้เห็นว่าการชะละลายของโพแทสเซียมจากดินชั้นบนลงสู่ชั้นล่างเกิดขึ้นในการทดลอง การเติมโลหะและไกลโฟเสทลงในดินมีผลต่อการลดลงของปริมาณโพแทสเซียมในหน้าตัดดิน ดังแสดงใน Figure 5 โดยปริมาณโพแทสเซียมลดลงในทุกชั้นดินในวันที่ 1 การเติมไกลโฟเสท แคดเมียมและตะกั่วจะทำให้โพแทสเซียมในดินถูกชะออกไปจนหมดไปชั้นดินบน 0-2 และ 2-4 เซนติเมตร ในวันที่ 14 และ หมดไปจากชั้น 0-2, 2-4 และ 4-6 เซนติเมตร ในวันที่ 40 แคดเมียมและตะกั่วมีผลต่อการเคลื่อนย้ายโพแทสเซียมเนื่องจากการไล่ที่ด้วยไอออนที่มีแรงดูดยึดสูงกว่า นอกจากนั้น สารไกลโฟเสทอาจเกิดกลไกการสร้างสารประกอบเชิงซ้อนระหว่างไกลโฟเสทกับโพแทสเซียมไอออน ทำให้สารประกอบเชิงซ้อนมีความเป็นอิสระมากขึ้นและเคลื่อนที่ไปโดยน้ำชะละลายดินได้ (Morillo et al., 2002; Wang et al., 2006) เป็นผลให้มีการสะสมโพแทสเซียมในดินชั้นล่าง ดังนั้นการปนเปื้อนสารไกลโฟเสทร่วมกับโลหะหนักจะทำให้โพแทสเซียมที่สะสมอยู่ถูกปลดปล่อยออกจากพื้นผิวดูดซับและเกิดการเคลื่อนย้ายลงสู่ชั้นดินที่ลึกลงไป

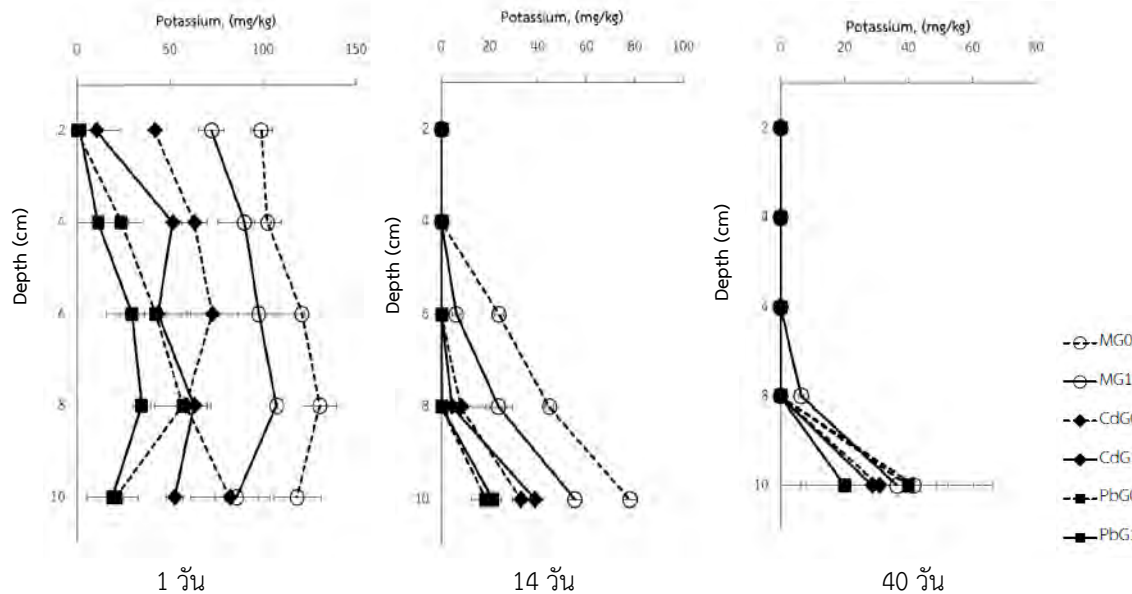


Figure 5 Potassium exchangeable in soil according to depth of time after glyphosate application

สรุปผล

การศึกษาในดินร่วนปนทรายพบว่า การเติมไกลโฟเสตลงในดินมีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นในดินชั้นบนความลึกไม่เกิน 4 เซนติเมตรแต่ไม่มีผลต่อการเคลื่อนย้ายฟอสฟอรัสสู่ชั้นดินล่าง การเติมแคลเซียมและตะกั่วไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน และมีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินโดยทำให้มีปริมาณลดลงในดินชั้นบนที่ได้รับแคลเซียมและตะกั่วโดยตรง ตลอดจนมีผลทำให้มีการเคลื่อนย้ายของโพแทสเซียมจากชั้นดินบนไปดินชั้นล่างได้เร็วขึ้น ผลจากการศึกษาของโครงการนี้ทำให้ได้ข้อมูลผลกระทบของดินปนเปื้อนด้วยไกลโฟเสตและโลหะแคลเซียมและตะกั่วต่อสมมูลธาตุอาหารในดิน และแนวโน้มของความเสื่อมโทรมของดินเนื่องจากการสูญเสียธาตุอาหารนำไปสู่การประเมินผลกระทบและการปรับปรุงดินที่ปนเปื้อนสารไกลโฟเสตและโลหะหนัก อย่างไรก็ตาม โครงการวิจัยนี้เป็นการทดลองกับดินเนื้อหยาบเพียงชนิดเดียวและเป็นการทดลองในโรงเรือน จึงจำเป็นต้องมีการทำการทดลองให้กว้างขวางมากขึ้นทั้งในแง่ชนิดดิน สภาพแวดล้อมของการทดลองและการปรับปรุงบำรุงดิน เพื่อให้ได้ผลสรุปที่แม่นยำและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยการสนับสนุนครุภัณฑ์วิจัยและสถานที่ทำการศึกษาค้นคว้าทดลองของคณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร และจากทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2558 ของมหาวิทยาลัยนเรศวร

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. คู่มือการปฏิบัติงานกระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ และพืช ด้านสิ่งแวดล้อม. เข้าถึงได้จาก: <http://www.ddd.go.th/PMQA/2553/Manual/OSD-03.pdf> [เข้าถึงเมื่อ 26 พฤษภาคม 2560].
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. แผนที่และสารสนเทศดินเพื่อการใช้และบริหารจัดการที่ดินให้เกิดประโยชน์สูงสุด. เข้าถึงได้จาก: <http://sql.ddd.go.th/soilgroup/Main2016.aspx> [เข้าถึงเมื่อ 26 พฤษภาคม 2560].
- ชุดิมา ฉิมปรารค์. 2558. ผลของโลหะหนักต่อกิจกรรมของเอนไซม์ในดินร่วนปนทรายที่ปลูกผักกาดเขียวปลี. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ศุภมาส พนิชศักดิ์พัฒนา. 2540. ภาวะมลพิษของดิน. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- สุภาพร พงศ์ธรพฤกษ์. 2545. การสะสมตะกั่วและแคดเมียมในพืชผัก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- Bray, R.H. and L. T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.* 59:39-45.
- Forlania, G., A. Mangiagallia, E. Nielsena and C. M. Suardib. 1999. Degradation of the phosphonate herbicide glyphosate in soil: evidence for a possible involvement of unculturable microorganisms. *Soil Biology and Biochemistry.* 31:991-997.
- Gimsing, A.L. and O. K. Borggaard. 2002. Competitive adsorption and desorption of glyphosate and phosphate on clay silicates and oxides. *Clay Minerals.* 37:509-515.
- Gimsing, A.L., O. K. Borggaard and P. Sestoft. 2004a. Modeling the kinetics of the competitive adsorption and desorption of glyphosate and phosphate on goethite and gibbsite and in soils. *Environ. Sci. Technol.* 38:1718-1722.
- Renella, G., M. Mench, L. Land and P. Namnipieri. 2005. Microbial activity and hydrolase synthesis in long-term Cd-contaminated soils. *Soil Biology & Biochemistry.* 37:133-139.
- Harding, D.E. and D. J. Ross. 1964. Some factors in low-temperature storage influencing the mineralisable-nitrogen of soils. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 15: 829-834.
- Morillo, E., T. Undabeytia and C. Maqueda. 1997. Adsorption of glyphosate on the clay mineral montmorillonite: Effect of Cu(II) in solution and adsorbed on the mineral. *Environmental Science & Technology.* 31:3588-3592.
- Morillo, E., T. Undabeytia, C. Maqueda and A. Ramos. 2002. The effect of dissolved glyphosate upon the sorption of copper by three selected soils. *Chemospher.* 47:747-752.
- Kools, S.A.E., M. Roover, C. A. M. Gestel and N. M. Straalen. 2005. Glyphosate degradation as a soil health indicator for heavy metal polluted soils. *Soil Biology & Biochemistry.* 37:1303-1307.
- Ramstedt, M. 2004. Chemical processes at the water-manganite (g-MnOOH) interface. (Doctoral dissertation, Umeå University, Sweden). Available from: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:142825/FULLTEXT01.pdf>. [Access November 2, 2016].
- Zeng, L.S., L. Min, L. C. Cheng and Y. H. Chang. 2007. Effects of lead contamination on soil enzymatic activities, microbial biomass, and physiological indices in soil-lead-rice (*Oryza sativa* L.) system. *Ecotoxicology and Environmental safety.* 67: 67-74.
- Zhou, D.M., Y. J. Wang, L. Cang, X. Z. Hao and X. S. Luo. 2004. Adsorption and cosorption of cadmium and glyphosate on two soils with different characteristics. *Chemosphere.* 57:1237-1244.

อิทธิพลของดินเค็มต่อพฤติกรรมการหลีกเลี่ยง อัตราการตาย การเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ของ
ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia foetida* และ *Drawida beddardi*

Influence of saline soil on the avoidance behavior, toxicity, growth and reproduction
of earthworm, *Eisenia foetida* and *Drawida beddardi*

ชุลีมาส บุญไทย อิวาย^{1,2*}, อัจฉราวดี เครือภักดี¹ และวิไลวรรณ ดวงเจริญ²

Chuleemas Boonthai Iwai^{1,2*}, Ajcharawadee Kruapukdee¹ and Wilaiwan Duangcharoen²

บทคัดย่อ

ปัญหาดินเค็มเป็นปัญหาสำคัญของความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินของประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดินและผลผลิตทางการเกษตร ไส้เดือนดินมีบทบาทและความสำคัญต่อทรัพยากรดิน ช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน และฟื้นฟูดินปัญหา ดังนั้น การวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาอิทธิพลของดินเค็มระดับต่างๆ ต่อพฤติกรรมการหลีกเลี่ยง อัตราการตาย การเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน 2 สายพันธุ์ (*Eisenia foetida* และ *Drawida beddardi*) ผลการศึกษาพบว่า ความเค็มในดินมีผลต่อพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงความเค็มของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia foetida* และ *Drawida beddardi* ในชุดดินร้อยเอ็ด และชุดดินทุ่งสัสมฤทธิ์ โดยพบว่า ความเค็มในดินที่ EC = 1.45 dS/m, EC = 3.17 dS/m และ EC = 6.01 dS/m ที่ 48 ชั่วโมง มีค่าการหลีกเลี่ยงของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia foetida* ในชุดดินร้อยเอ็ด เท่ากับ 0%, 0% และ 100% ตามลำดับ ค่าการหลีกเลี่ยงของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Drawida beddardi* ในชุดดินร้อยเอ็ด เท่ากับ 60%, 60% และ 100% ตามลำดับ ค่าการหลีกเลี่ยงของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Eisenia foetida* ในชุดดินทุ่งสัสมฤทธิ์เท่ากับ 0%, 0% และ 100% ตามลำดับ ค่าการหลีกเลี่ยงของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Drawida beddardi* ในดินทุ่งสัสมฤทธิ์เท่ากับ 0%, 20% และ 100% อิทธิพลของความเค็มระดับต่างๆ ต่อเปอร์เซ็นต์การตายของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *Drawida beddardi* และ *Eisenia foetida* ในชุดดินร้อยเอ็ด ภายหลังระยะเวลา 28 วัน พบว่าอัตราการตายของไส้เดือนดินทั้งสองสายพันธุ์สูงขึ้นเมื่อระดับความเค็มในดินเพิ่มสูงขึ้น อิทธิพลของความเค็มระดับต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักไส้เดือนดิน 2 สายพันธุ์ในชุดดินร้อยเอ็ด ภายหลังระยะเวลา 28 วัน พบว่า ไส้เดือนดิน 2 สายพันธุ์ ในทุกตำรับทดลองมีน้ำหนักลดลงตามระดับความเค็มที่เพิ่มขึ้นและระยะเวลาทดลองที่เพิ่มขึ้น โดยในทุกตำรับทดลองไส้เดือนดิน 2 สายพันธุ์ ไม่พบงูไขหรือไม่พบการขยายพันธุ์ของทั้งสองสายพันธุ์

คำสำคัญ: ไส้เดือนดิน, นิเวศพิชวิทยา, ความเค็ม

Abstract

Saline soil is one of the significant problem of the deterioration of soil in Thailand. It has been found, especially in the northeast region of Thailand. The saline soil affected on soil ecology and results on soil fertility and productivity. Earthworms are useful soil organisms that may be used for soil rehabilitation and earthworms can improve soil fertility by decomposing organic matters in soil and releasing plant nutrients to soil. Therefore, the objectives of this research are to study the influence of different soil salinity levels on avoidance behavior, mortality rate, growth rate, and reproduction rate of two species of earthworms (*Eisenia foetida* and *Drawida beddardi*). The study on the influences of

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร สาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

¹ Department of Plant Sciences and Agricultural Resources, Land Resources and Environment Division, Faculty of Agriculture, KhonKaen University, KhonKaen Thailand 40002

² ศูนย์วิจัยและพัฒนาการจัดการทรัพยากรน้ำบูรณาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

² Integrated Water Resource Management Research and Development Center in Northeast Thailand, Khon Kaen, Thailand, 40002

* corresponding author chulee_b@kku.ac.th, chuleemas1@gmail.com

soil salinity on avoidance behavior of earthworm species *Eisenia foetida* and *Drawida beddardi* in Roi-et soil series and ThungSamrit soil series showed the following characteristics under different soil salinity levels: EC= 1.45 dS/m, EC = 3.17 dS/m, and EC = 6.01 dS/m in 48 hours; % avoidance of *Eisenia foetida* in Roi-et soil series were 0%, 0%, and 100%, respectively while those of *Drawida beddardi* in Roi-et soil series were 60%, 60%, and 100% respectively. In addition, %avoidance of *Eisenia foetida* in ThungSamrit soil series were 0%, 0%, and 100% while those of *Drawida beddardi* in ThungSamrit soil series were 0%, 20%, and 100%, respectively. The study on influence of different soil salinity level on % mortality of *Drawida beddardi* and *Eisenia foetida* in Roi-et soil series during the 28 days experimental period showed that the mortality rate of both earthworm species was higher when the soil salinity level increased. The study on influence of different soil salinity level on the change of weight of *Drawida beddardi* and *Eisenia foetida* in Roi-et soil series after 28 days experimental period showed that the weight of both earthworm species in all experiments decreased when the soil salinity level and experiment duration increased. Furthermore, neither cocoon nor reproduction of both earthworm species was found after 28 days of experimental period.

Keywords: earthworm, ecotoxicology, saline

บทนำ

ดินเค็มเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นทั่วโลกโดยกระจายอยู่ทั่วทุกภูมิภาค มีพื้นที่ที่เกิดปัญหาดินเค็มและส่งผลกระทบต่อพื้นที่การเพาะปลูกประมาณ 20% ของพื้นที่โลก (Summer and Wilding, 2000) ดินเค็มในภาคตะวันออกเฉียงเหนือแพร่กระจายอยู่ทุกจังหวัด โดยมีการกระจายตัวตั้งแต่ระดับความเค็มน้อย เค็มปานกลาง และเค็มมาก คิดเป็นพื้นที่ถึง 21.74 ล้านไร่ (พิชัย, 2536) บริเวณพื้นที่ดินเค็มจะมีความชื้นสูงกว่าบริเวณพื้นที่ดินที่ไม่เค็ม เนื่องจากบริเวณพื้นที่ดินเค็มมีระดับน้ำใต้ดินอยู่ต่ำกว่าในบริเวณที่ไม่เค็ม ทำให้ดินเค็มมีความชื้นสูงกว่า แต่ความชื้นที่พบอยู่ในปริมาณสูงนี้พืชไม่สามารถนำไปใช้ได้ เนื่องจากมีเกลือละลายอยู่สูงทำให้พืชดูดใช้น้ำได้ยากขึ้น นอกจากนี้ในพื้นที่ดินเค็มยังพบชั้นไม่ยอมให้น้ำไหลผ่าน (impermeable layer) อยู่ใต้ผิวน้ำดิน ในระดับตื้น (ลึก 10 เซนติเมตรจากผิวน้ำดิน) ไม่ยอมให้น้ำไหลผ่านนี้จะดูดซับเกลือไว้ได้มากจนเป็นแหล่งให้เกิดผลึกแผ่นเกลือและคราบเกลือปกคลุมผิวน้ำดิน มีผลทำให้ลดจำนวนพืชพรรณที่ขึ้นปกคลุมพื้นที่ดินเค็ม (Puengpan *et al.*, 1990) และนอกจากนั้นความเค็มในดินส่งผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน (Sardinha *et al.*, 2003; Rietz and Haynes, 2003; Oo, 2012) ดังนั้นดินเค็มจึงมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชและผลผลิตในพื้นที่ จากการศึกษาของ Owojori *et al.*, 2008; Owojori and Reinecke (2009) ได้ทำการศึกษาการใช้ไส้เดือนดินเพื่อการการฟื้นฟูและปรับปรุงคุณสมบัติของดินเค็ม พบว่าไส้เดือนดินสามารถลดความเค็มในดินและเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน โดยไส้เดือนดินเป็นสัตว์หน้าดินช่วยในการย่อยสลายซากอินทรีย์และปรับปรุงโครงสร้างดินลดความหนาแน่นรวมของดิน (Rossi, 2003) และยังเป็นแหล่งธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Fraser *et al.*, 2003; Kale and Karmegam, 2010) โดยเฉพาะอย่างยิ่งไส้เดือนดินส่งเสริมให้ดินมีโครงสร้างที่ดีขึ้นและยังส่งเสริมให้มีความหลากหลาย และแพร่กระจายของจุลินทรีย์ดิน กิจกรรมของไส้เดือนดินยังกระตุ้นให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดีขึ้น (สุลิมาต และคณะ, 2554) เพิ่มความพรุนช่วยในการถ่ายเทอากาศ และระบายน้ำในดินให้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้สัตว์หน้าดินยังช่วยส่งเสริมการเกิดเม็ดดินและปรับปรุงโครงสร้างของดินให้ดียิ่งขึ้น (Abbott, 1989; Witt, 1997) ไส้เดือนดินมีสมบัติในการฟื้นฟูสมบัติของดินให้ดียิ่งขึ้น เช่น การปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ช่วยพลิกกลับดิน การขออนไชของไส้เดือนดินเพิ่มช่องว่างให้ดินทำให้ดินร่วนซุย ถ่ายเทน้ำและอากาศได้ดี และดินอุ้มน้ำได้ดีขึ้น (อานันท์, 2549) นอกจากนี้ การสร้างขุยของไส้เดือนดินเป็นการส่งเสริมให้เกิดเม็ดดิน สมบัติของเม็ดดินทนทานต่อแรงกระทำของน้ำช่วยให้โครงสร้างดินแข็งแรง ส่งผลให้มีการกักเก็บอินทรีย์วัตถุและคาร์บอนในดินได้ดียิ่งขึ้นด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินไส้เดือนดินช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์ในดินและปลดปล่อยธาตุอาหารพืชออกมาสู่ดิน ซึ่งเป็นการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้กับดิน แต่ความเค็มของดินมีผลกระทบต่อไส้เดือนดิน (สุลิมาต และคณะ, 2554) ดังนั้นงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาอิทธิพลของเกลือในดินระดับต่างๆ ต่อพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงของไส้เดือนดิน 2 สายพันธุ์ (*Eisenia foetida* และ *Drawida beddardi*) ใน 2 ชุดดิน (ชุดดินร้อยเอ็ด และ ชุดดินทุ่งสัสมฤทธิ์) และเพื่อศึกษาอิทธิพลของเกลือในดินระดับต่างๆ ต่ออัตราการตาย การเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน 2 สายพันธุ์ ซึ่งคาดว่าข้อมูลของการศึกษานี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการจัดการ ปรับปรุง และพัฒนาดินเค็ม ในประเทศต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองที่ 1 ศึกษาอิทธิพลของเกลือในดินระดับต่างๆ ต่อพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงของไส้เดือนดิน 2 สายพันธุ์ (*Eisenia foetida* และ *Drawida beddardi*) ใน 2 ชุดดิน (ชุดดินร้อยเอ็ด และ ชุดดินทุ่งสัมฤทธิ์) ตามวิธีการมาตรฐานสากล Avoidance test (ISO, 2006) ใช้ชุดดินร้อยเอ็ดและชุดดินทุ่งสัมฤทธิ์ โดยเก็บดินที่ระดับความลึก 0-15 ซม. ฝังให้แห้งในที่ร่ม นำดินที่แห้งแล้วมาร้อนผ่านตะแกรง 2 มม. เตรียมตัวอย่างดินทดลองให้ได้ระดับความเค็มต่างๆ โดยใช้ NaCl ได้ค่าความเค็ม EC = 1.45 dS/m, EC = 3.17 dS/m และ EC = 6.01 dS/m จากนั้นเติมน้ำ DI ให้ได้ 80 % ของ water holding capacity (WHC) ทั้งไว้ 2 วันเพื่อปรับสมดุลของดิน ก่อนที่จะนำไปใช้ในการทดลอง เตรียมกล่องพลาสติก (พื้นที่ 115 cm, สูง 10 cm) โดยใช้ ดินทดลอง 300 ก. ใช้ไส้เดือนตัวเต็มวัยสิบตัวแต่ละชุดการทดลองวางไว้ตรงกลางของกล่องทดลองระหว่างดินและ ดินทดลอง ทดลองที่อุณหภูมิห้องแสงสว่าง 16/8 ทดลองเป็นเวลา 48 ชั่วโมงหลังจากนั้นนับจำนวนไส้เดือนดินแต่ละตัวที่รอดทดลองผลการทดลองที่นำมาคำนวณตามสมการ Amorim *et al.* (2005)

$$\text{อัตราการหลีกเลี่ยง} = \left\{ \frac{C - T}{N} \right\} * 100$$

C = จำนวนไส้เดือนดินที่อยู่ในดินที่ไม่มีความเค็ม (control soil)

T = จำนวนไส้เดือนดินที่อยู่ในดินที่มีความเค็มระดับต่างๆ (test soil)

N = จำนวนไส้เดือนดินทั้งหมดที่ใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ 1 คุณสมบัติทางเคมีบางประการของชุดดินร้อยเอ็ดและชุดดินทุ่งสัมฤทธิ์

คุณสมบัติ	ชุดดินร้อยเอ็ด	ชุดดินทุ่งสัมฤทธิ์
เนื้อดิน	loam	loam
Sand (%)	49.9	48.2
Silt (%)	38.1	35.5
Clay (%)	12.0	16.3
OM (%)	0.63	0.02
EC (dS/m)	0.09	0.29
pH (1:5)	6.32	7.12
Total N (%)	0.059	0.044
Extractable P (ppm)	2.94	7.19
Exchangeable K ⁺ (ppm)	56.14	8.80
Exchangeable Na ⁺ (ppm)	48.89	160.04
Exchangeable Ca ²⁺ (ppm)	930.90	146.12
Exchangeable Mg ²⁺ (ppm)	81.38	42.89

การทดลองที่ 2 ศึกษาอิทธิพลของเกลือในดินระดับต่างๆ ต่ออัตราการตาย การเจริญเติบโต และการขยายพันธุ์ของไส้เดือนดิน 2 สายพันธุ์ (*Eisenia foetida* และ *Drawida beddardi*) ใช้ชุดดินร้อยเอ็ดและชุดดินทุ่งสัมฤทธิ์ เก็บดินที่ระดับความลึก 0-15 ซม. นำสิ่งแปลกปลอมออก และฝังให้แห้งในที่ร่ม จากนั้นนำดินที่แห้งแล้วมาร้อนผ่านตะแกรง 2 มม. เตรียมตัวอย่างดินทดลองให้ได้ระดับความเค็มต่างๆ โดยใช้ NaCl ได้ค่าความเค็ม EC = 1.45 dS/m, EC = 3.17 dS/m และ EC = 6.01 dS/m จากนั้นเติมน้ำ DI ให้ได้ 80 % ของ WHC ทั้งไว้ 2 วันเพื่อปรับสมดุลของดิน ก่อนที่จะนำไปใช้ในการทดลอง

ทดสอบอัตราการตาย (Mortality test) ตามวิธีการมาตรฐานสากลของ Owojori et al. (2009)

วางแผนการทดลอง CRD (3 ซ้ำ) โดยใช้ไส้เดือนดินจำนวน 10 ตัวต่อมวลดินแห้ง 500-600 g (ไส้เดือน 1 ตัวต่อดิน 50-60 g) ที่อุณหภูมิ $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ (ตัดแปลงเป็นอุณหภูมิห้อง) ควบคุมความชื้นของดิน 40-80 % WHC ทำการทดลอง 28 วัน จากนั้นทำการนับจำนวนที่ตาย ซึ่งน้ำหนักของตัวไส้เดือนดินที่เหลือและน้ำหนักจำนวนถุงไข่ของแต่ละตัวรับการทดลอง

สถานที่ทำการศึกษา ศูนย์การเรียนรู้วิจัยและพัฒนาไส้เดือนดินต่อสิ่งแวดล้อมและการเกษตร เรือนทดลอง คณะเกษตรศาสตร์ และห้องปฏิบัติการวิจัยและสิ่งแวดล้อม สาขาทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

ผลและวิจารณ์ (Results and Discussions)

1. ศึกษาอิทธิพลของเกลือในดินระดับต่างๆ ต่อพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงของไส้เดือนดิน 2 สายพันธุ์ (*Eisenia foetida* และ *Drawida beddardi*) ใน 2 ชุดดิน (ชุดดินร่อยเอ็ด และ ชุดดินทุ่งสัมฤทธิ์)

ผลการศึกษานิเวศพิชวิทยาของความเค็มที่มีต่อพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงความเค็มของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. foetida* และ *D. beddardi* ในชุดดินร่อยเอ็ดและชุดดินทุ่งสัมฤทธิ์ พบว่า ความเค็มในดินที่ $\text{EC} = 1.45 \text{ dS/m}$, $\text{EC} = 3.17 \text{ dS/m}$ และ $\text{EC} = 6.01 \text{ dS/m}$ ที่ 48 ชั่วโมง มีการหลีกเลี่ยงของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. foetida* ในชุดดินร่อยเอ็ด เท่ากับ 0%, 0% และ 100% ตามลำดับ ค่าการหลีกเลี่ยงของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *D. beddardi* ในชุดดินร่อยเอ็ด เท่ากับ 60%, 60% และ 100% ตามลำดับ ค่าการหลีกเลี่ยงของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. foetida* ในชุดดินทุ่งสัมฤทธิ์เท่ากับ 0%, 0% และ 100% ตามลำดับ ค่าการหลีกเลี่ยงของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *D. beddardi* ในดินทุ่งสัมฤทธิ์เท่ากับ 0%, 20% และ 100% ตามลำดับ (ตารางที่ 2) จะเห็นได้ว่าปริมาณความเค็มที่เพิ่มขึ้นส่งผลต่อพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงของไส้เดือนดิน (Owojori et al., 2009b) ความแตกต่างของแหล่งที่อยู่และอาหาร มีผลต่อพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงการมีชีวิตในดิน (Amorim et al., 2005) ปัจจัยลักษณะทางสรีรวิทยาและสัณฐานวิทยาของไส้เดือนดิน (Edwards and Bohlen, 1996) มีผลต่อพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงสารพิษของไส้เดือนดิน โดยพบว่าพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *D. beddardi* ทั้ง 2 ชุดดินมีอัตราการหลีกเลี่ยงที่สูงกว่าสายพันธุ์ *E. foetida* และพบว่าไส้เดือนดินทั้งสองชนิดมีพฤติกรรมหลีกเลี่ยงความเค็มในดินชุดร่อยเอ็ดมากกว่าชุดดินทุ่งสัมฤทธิ์ ซึ่งอธิบายได้ว่าดินชุดร่อยเอ็ดมีปริมาณ clay ต่ำกว่าชุดดินทุ่งสัมฤทธิ์ สอดคล้องกับการทดลองของ Owojori et al. (2009) รายงานว่าปริมาณ clay มีอิทธิพลต่อความเป็นพิษของ NaCl โดยปริมาณของ clay และอินทรีย์วัตถุในดินต่ำ และค่า pH สูง ส่งผลให้ความเป็นพิษของ NaCl ต่อไส้เดือนดินสูงขึ้น และยังมีปัจจัยอื่นๆ ที่มีอิทธิพลต่อความเป็นพิษของ NaCl ในดินต่อไส้เดือนดิน เช่นชนิดของไส้เดือนดิน และคุณภาพสิ่งแวดล้อมซึ่งมีความเฉพาะในแต่ละระบบนิเวศแต่ละพื้นที่

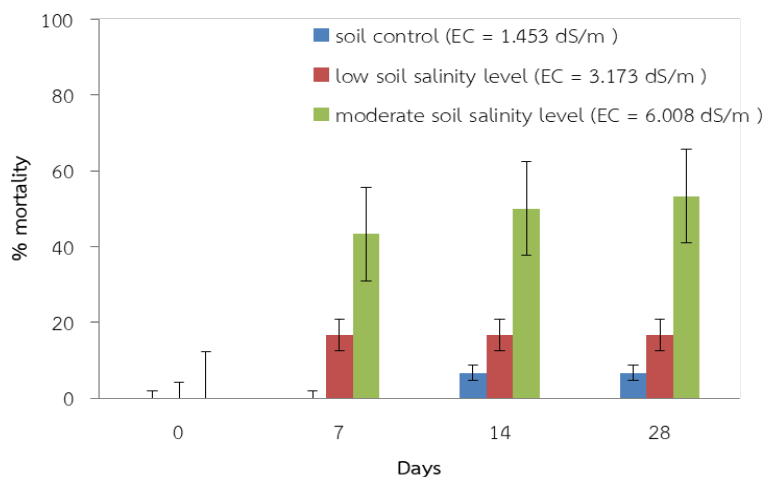
ตารางที่ 2 อิทธิพลของความเค็มระดับต่าง ๆ ต่อเปอร์เซ็นต์พฤติกรรมการหลีกเลี่ยงความเค็มของไส้เดือนดิน 2 สายพันธุ์ *E. foetida* และ *D. beddardi* และ 2 ชุดดิน (ชุดดินร่อยเอ็ดและชุดดินทุ่งสัมฤทธิ์) ระยะเวลาการทดลอง 48 ชั่วโมง

ดินเค็มระดับต่างๆ	ชุดดินร่อยเอ็ด		ชุดดินทุ่งสัมฤทธิ์	
	<i>E. foetida</i>	<i>D. beddardi</i>	<i>E. foetida</i>	<i>D. beddardi</i>
$\text{EC } 1.45 \text{ dS/m}$ ($< 1,000 \text{ mg/kg NaCl}$)	0 % $\pm$ 0	60 % $\pm$ 5	0 % $\pm$ 0	0 % $\pm$ 0
$\text{EC } 3.17 \text{ dS/m}$ ($\sim 1,500 \text{ mg/kg NaCl}$)	0 % $\pm$ 0	60 % $\pm$ 20	0 % $\pm$ 0	20 % $\pm$ 7.5
$\text{EC } 6.01 \text{ dS/m}$ ($\sim 3,000 \text{ mg/kg NaCl}$)	100 % $\pm$ 0	100 % $\pm$ 0	100 % $\pm$ 0	100 % $\pm$ 0
ค่าเฉลี่ยของข้อมูล (n=3)				

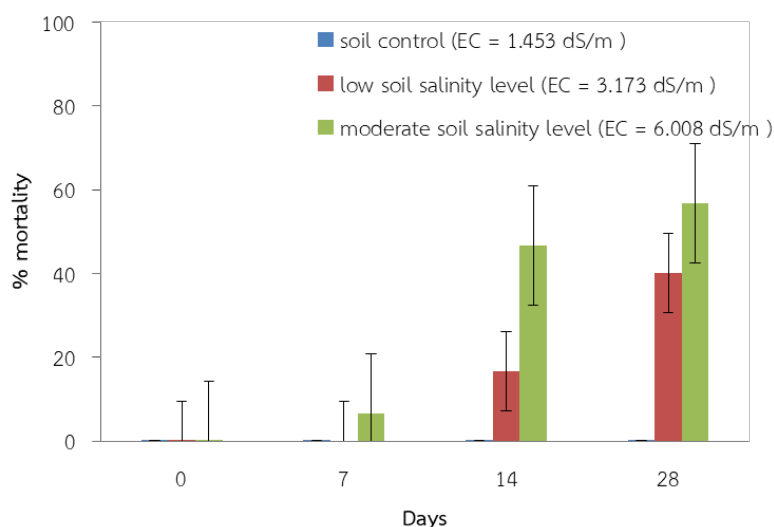
2. อิทธิพลของความเค็มระดับต่าง ๆ ต่อเปอร์เซ็นต์การตายของไส้เดือนดิน

จากการศึกษาอิทธิพลของความเค็มระดับต่าง ๆ ต่อเปอร์เซ็นต์การตายของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *D. beddardi* และ *E. foetida* ในชุดดินร่อยเอ็ด ระยะเวลาการทดลอง 28 วัน อัตราการตายของไส้เดือนดินทั้งสองสายพันธุ์สูงขึ้นเมื่อระดับความเค็มในดินเพิ่มขึ้น (ภาพที่ 1 และ ภาพที่ 2) โดยสอดคล้องกับงานของ Owojori et al. (2009b) ที่รายงานว่า ความเข้มข้นของ

NaCl ที่ 8,000 มก./กก. ส่งผลให้อัตราการตายของไส้เดือนดินสูงขึ้น นอกจากความเป็นพิษของ NaCl ในดิน ต่้ออัตราการตายของไส้เดือนดิน ยังมีปัจจัยด้านระบบ chemoreceptor (Stephenson *et al.*, 1998) สรีรวิทยาและสัณฐานวิทยาของไส้เดือนดิน ทั้ง 2 สายพันธุ์ (Edwards and Bohlen, 1996) และลักษณะทางระบบนิเวศวิทยา (Lukkari and Haimi, 2005) ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ส่งผลต่อพฤติกรรมหลักคือความเค็มและอัตราการตายของไส้เดือนดิน



ภาพที่ 1 อิทธิพลของความเค็มระดับต่างๆ ต่้ออัตราการตายของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *D. beddardi* ระยะเวลาทดลอง 28 วัน



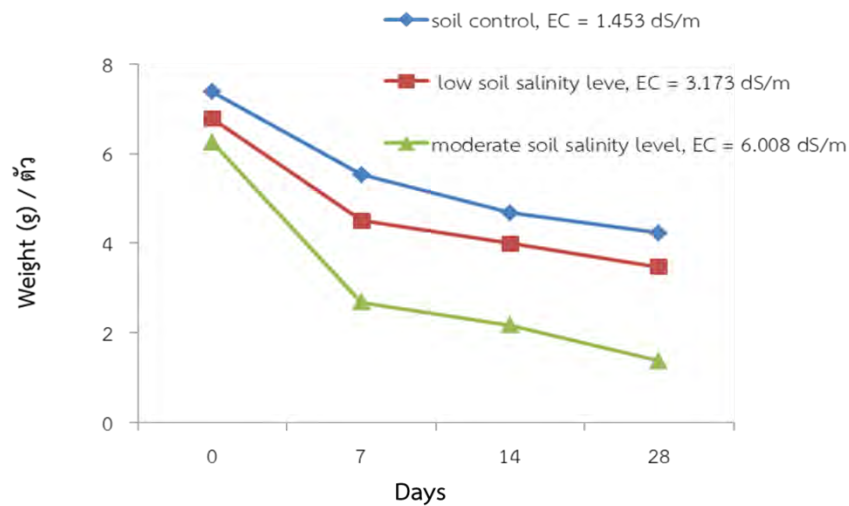
ภาพที่ 2 อิทธิพลของความเค็มระดับต่างๆ ต่้ออัตราการตายของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. fetida* ระยะเวลาทดลอง 28 วัน

3. อิทธิพลของความเค็มระดับต่าง ๆ ต่้อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักไส้เดือนดิน

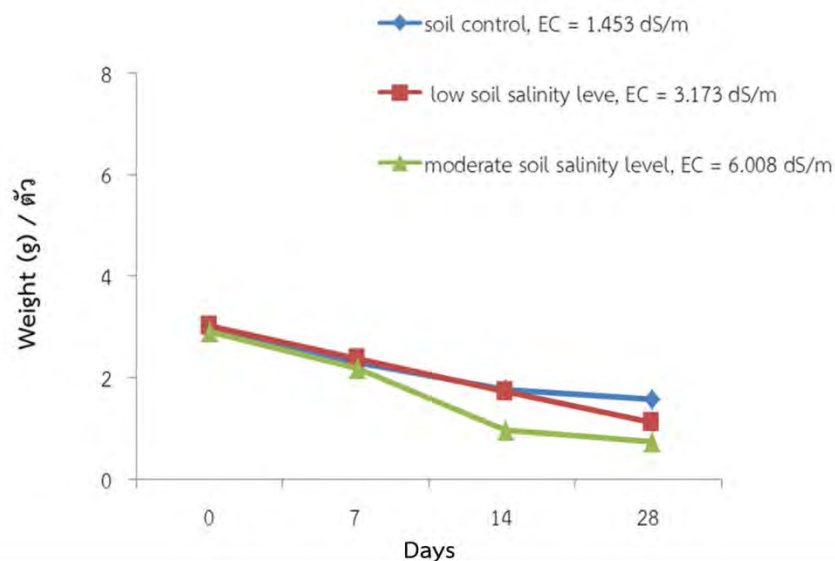
ผลการทดลองอิทธิพลของความเค็มระดับต่าง ๆ ต่้อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักไส้เดือนดิน 2 สายพันธุ์ *D. beddardi* และ *E. fetida* ในชุดดินร่อยเอ็ด ระยะเวลาการทดลอง 28 วัน พบว่า ไส้เดือนดิน 2 สายพันธุ์ในทุกการทดลองมีน้ำหนักลดลงตามระยะเวลาทดลองที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 3 และภาพที่ 4) น้ำหนักก่อนการทดลองของไส้เดือนดินสายพันธุ์ *D. beddardi* มีน้ำหนักประมาณ 6.25 - 7.38 ก. และไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. fetida* มีน้ำหนักประมาณ 2.64 - 2.73 กรัม พบว่าวันที่ 7 ของการทดลอง น้ำหนักไส้เดือนดินสายพันธุ์ *D. beddardi* มีน้ำหนักตัวลดลงทุกการทดลอง

น้ำหนักไส้เดือนดินลดลงตามระยะเวลาและระดับความเค็มที่เพิ่มขึ้น สอดคล้องกับการทดลองของ Guzytr *et al.* (2011) พบว่าระดับความเข้มข้นของ NaCl 4,000 มก./กก. ทำให้น้ำหนักตัวของไส้เดือนดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลัง 7 วัน น้ำหนักไส้เดือนดินลดลงคิดเป็นร้อยละ 53 ที่ 14 วันน้ำหนักไส้เดือนดินลดลงคิดเป็นร้อยละ 72 ที่ 28 วันน้ำหนักไส้เดือนดินลดลงคิดเป็นร้อยละ 74 นอกเหนือจากความเค็มมีอิทธิพลต่อน้ำหนักตัวของไส้เดือนดินแล้ว อาหารเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการ

เจริญเติบโตของไส้เดือนดิน ในการทดลองไม่ได้ใส่สารอินทรีย์ที่เป็นอาหารของไส้เดือนดินจึงส่งผลให้น้ำหนักของไส้เดือนดินลดลง ทุกระดับความเค็ม การใส่ข้าวโอ๊ตในอัตรา 0.5 ก./ไส้เดือนดิน ให้อาหารสัปดาห์ละ 1 ครั้ง พบว่า ที่ระดับความเค็ม 1,000 และ 2,000 มก./กก. ทำให้น้ำหนักตัวของไส้เดือนดินเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 3 อิทธิพลของความเค็มระดับต่างๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักไส้เดือนดิน *D. beddardi* ระยะเวลาทดลอง 28 วัน



ภาพที่ 4 อิทธิพลของความเค็มระดับต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักไส้เดือนดิน *E. fetida* ระยะเวลาทดลอง 28 วัน

สรุป

จากการทดสอบพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงความเค็มของไส้เดือนดิน 2 สายพันธุ์ คือ *E. fetida* และ *D. beddardi* ในชุดดินร่อยเอ็ดและชุดดินทุ่งสัมฤทธิ์ พบว่า ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *D. beddardi* มีอัตราการพฤติกรรมการหลีกเลี่ยงความเค็ม สูงกว่าไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. fetida* และจากการทดสอบอัตราการตายของไส้เดือนดิน 2 สายพันธุ์ คือ *E. fetida* และ *D. beddardi* ในชุดดินร่อยเอ็ด ช่วงระยะเวลา 28 วัน พบว่าความเค็มที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ไส้เดือนดินตายในอัตราที่สูงขึ้น ไส้เดือนดินสายพันธุ์ *D. beddardi* ในดินที่มีค่า EC เท่ากับ 1.45 dS/m มีอัตราการตายอยู่ที่ 42.74 % และในดินที่มีค่า EC เท่ากับ 3.17 dS/m และ ค่า EC เท่ากับ 6.01 dS/m มีอัตราการตายที่ 48.74 % และ 78.11 % ตามลำดับ และไส้เดือนดินสายพันธุ์ *E. fetida* ในดินที่มีค่า EC เท่ากับ 1.45 dS/m มีอัตราการตายอยู่ที่ 48.30 % และในดินที่มีค่า EC เท่ากับ 3.17 dS/m และ ค่า EC เท่ากับ 6.01 dS/m มีอัตราการตายที่ 63.65 % และ 76.98 % ตามลำดับ ความเค็มในดินที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลกระทบต่อน้ำหนักตัวของ

ไส้เดือนดินลดลง และส่งผลให้อัตราการตายของไส้เดือนดินสูงขึ้น และในการทดลองครั้งนี้ไม่พบการขยายพันธุ์ (การผลิตลูกไข่) ของไส้เดือนดิน จากผลการศึกษาเรื่องของความเค็มต่อพฤติกรรมการหลีกเลี่ยง และอัตราการเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ของไส้เดือนดินสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน เพื่อใช้ในการนำไส้เดือนดินไปช่วยในการจัดการ ปรับปรุง และพัฒนาดินเค็ม ในประเทศต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- ชลีมาศ บุญไทย อิวาย, มงคล ต๊ะอูน, สุรศักดิ์ เสรีพงศ์ และนันท์ภูมิ จำปางาม. 2554. การผลิตปุ๋ยหมักโดยไส้เดือนดิน: การจัดการของเสียดินผลผลิตที่ดีและปลอดภัย. ขอนแก่น: ศูนย์บริการ วิชาการ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- พิชัย วิชัยดิษฐ์. 2536. การอ่านและการใช้แผนที่ดินเค็มภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. ใน ดินเค็ม. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ.
- อานัฐ ตันโช. 2549. ไส้เดือนดิน (Earthworms). พิมพ์ครั้งที่ 1. ปทุมธานี: สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.
- Abbott, I. 1989. The influence of fauna on soil structure. In Majer, J.D. (ed) Animals in Primary Succession: The Role of Fauna in Reclaimed Lands. Cambridge University Press.
- Amorim, M.J.B., J. Römbke and A.M.V.M. Soares. 2005. Avoidance behaviour of *Enchytraeus albidus*: effects of benomyl, carbendazim, phenmedipham and different soil types. *Chemosphere* 59: 501–510.
- Aung, N.O. 2012. Monitoring and Amelioration of Salt-affected Soils and its Impact on Food Security. Doctor of Philosophy Thesis in Land Resources and Environment, Graduate School, Khon Kaen University.
- Edwards, C.A. and P.J. Bohlen. 1996. Biology and ecology of earthworm. (3rd edn.), Chapman and Hall, London. 426 pp.
- Fraser, P.M., M. H. Beare, R. C. Butler, T. Harrison-Kirk and J. E. Piercy. 2003. Interactions between earthworms (*Aporrectodea caliginosa*) plants and crop residues for restoring properties of a degraded arable soil. *Pedobiologia*. Vol. 47, no. 5-6: 870–876.
- Guzyte, G., S. Gintare and Z. Jurate. 2011. Effect of salinity on earthworm. Environmental Engineering. The 8th International Conference; May 19-20 2011; Vilnius, Lithuania.
- ISO, 2006. Soil quality – avoidance test for testing the quality of soils and the of chemicals – test with earthworms (*Eisenia fetida*). International Standard Organization Guideline No. 17512-1
- Kale, R.D. and N. Karmegam. 2010. The Role of Earthworms in Tropics with Emphasis on Indian Ecosystems. *Appl. Environ.* 2010:16.
- Lukkari, T. and J. Haimi. 2005. Avoidance of Cu and Zncontaminated soil by three ecologically different earthworm species. *Ecotoxicol. Environ. Safety* 62. 35 - 41.
- Owojori, O. J., A. J. Reinecke and A. B. Rozanov. 2008. Effects of salinity on partitioning, uptake and toxicity of zinc in the earthworm *Eisenia fetida*. *Soil Biology and Biochemistry*, 40: 2385–2393.
- Owojori, O.J. and A.J. Reinecke. 2009a. Avoidance behaviour of two eco-physiologically different earthworms (*Eisenia fetida* and *Aporrectodea caliginosa*) in natural and artificial saline soils. *Chemosphere* 75; 279–283
- Owojori, O.J., A.J. Reinecke, P. Voua-Otomo and S.A. Reinecke. 2009b. Comparative study of the effects of salinity on life-cycle parameters of four soil dwelling species (*Folsomia candida*, *Enchytraeus doerjesi*, *Eisenia fetida* and *Aporrectodea caliginosa*). *Pedobiologia*, 52: 351–360.
- Puengpan, N., T. Subersaram, P. Patcharapreecha and H. Wada. 1990. Impermeable layers in salt-affected sandy soils in Northeast Thailand. *Journal of the Science Society of Thailand*, 16, 77-88.
- Rietz, D.N. and R.J. Haynes. 2003. Effects of irrigation induced salinity and sodicity on soil microbial activity. *Soil Biology and Biochemistry* 35: 845–854.
- Rossi, J.P. 2003. The spatiotemporal pattern of a tropical earthworm species assemblage and its relationship with soil structure. *Pedobiologia*.47: 497–503.

- Sardinha, M., T. Muller, H. Schmeisky and R.G. Joergensen. 2003. Microbial performance in soils along a salinity gradient under acidic conditions. *Applied Soil Ecology*, 23(3), (July, 2003): 237–244, ISSN: 0929-1393.
- Stephenson, N. L. 1998. Actual evapotranspiration and deficit: biologically meaningful correlates of vegetation distribution across spatial scales. *Journal of Biogeography* 25:855–870.
- Summer, M.E. and L.P. Wilding. 2000. *Handbook of Soil Science* CRC Press, Boca Rato, USA.
- Witt, B. 1997. Using Soil Fauna to Improve Soil Health. *Student online Journal*. 2:8.



การส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข 49 ด้วยแบคทีเรียละลายฟอสเฟต ในสภาพเรือนทดลอง Growth promotion of rice RD-49 by phosphate solubilizing bacteria in green house condition

ธัญชนก เขียวคำ^{1*}, รัชฎาภรณ์ ต่อยิ่ง¹, พิชญนันท์ กังแฮ² และวิภา หอมหวล¹
Thanchanok Keawkhom^{1*}, Radchadaphon Toynung¹, Pitchanan Kanghae² and
Wipa Homhual¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถของแบคทีเรียละลายฟอสเฟต 2 สายพันธุ์ (PSB) คือ *Burkholderia pyrracinia* (CMI-23) และ *Burkholderia vietnamiensis* (NAN-21) เมื่อใช้ร่วมกันต่อการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 49 แบ่งเป็น 2 การทดลอง การทดลองที่ 1 ศึกษาการงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์ กข 49 ในห้องปฏิบัติการ และการทดลองที่ 2 ศึกษาผลของ PSB ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 49 ในสภาพเรือนทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ 8 กรรมวิธี ผลการวิจัยพบว่า การแช่เมล็ดข้าวด้วยเชื้อ PSB (CMI23 และ NAN21) ช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอก (99%) ความยาวรากต้นอ่อนและความสูงต้นอ่อนสูงสุด (5.77 และ 6.09 ซม.) เมื่อเทียบกับการแช่เมล็ดข้าวในน้ำกลั่น (94.25%, 3.39 และ 3.49 ซม.ตามลำดับ) และผลการใช้แบคทีเรียละลายฟอสเฟตทั้งสองไอโซเลตต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตข้าวพันธุ์ กข 49 ในสภาพเรือนทดลอง การใส่ปุ๋ยเคมีและหินฟอสเฟตร่วมกับแบคทีเรียละลายฟอสเฟตทั้งสองไอโซเลต ช่วยเพิ่มความสูงของต้นข้าว (124.50 ซม.) จำนวนกอต่อกระถาง (14.25 ต้น/กระถาง) ผลผลิตต่อกระถาง (24.76 ก./กระถาง) น้ำหนักส่วนเหนือดิน (37.04 ก./กระถาง) และน้ำหนักแห้งราก (45.23 ก./กระถาง) แตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อเทียบกรรมวิธีอื่นๆ สรุปได้ว่า การใช้แบคทีเรียละลายฟอสเฟตทั้งสองสายพันธุ์นี้ช่วยเพิ่มอัตราการงอก การเจริญเติบโต และผลผลิตข้าวพันธุ์ กข 49 ได้ดีที่สุด

คำสำคัญ: แบคทีเรียละลายฟอสเฟต, ข้าว, การงอกของเมล็ด, การเจริญเติบโต

ABSTRACT

The objective of this research is to studying the effect of two phosphate-solubilizing bacteria (PSB), *Burkholderia pyrracinia* (CMI-23), *Burkholderia vietnamiensis* (NAN-21) when applied together on seeds germinations, growth and production yield of rice (*Oryza sativa*) RD-49. There are two experimental; Experiment I, germination test of seed in laboratory and Experiment II, effect of phosphate-solubilizing bacteria on growth and production yield of rice RD-49 in greenhouse plot conditions using RCBD of 8 treatments and 4 replications. The results showed that inoculating with PSB (CMI23 and NAN21) give positive value contributed percentage of germination by maximizing increase the length of rice sprout and the height of rice sprout (5.77 and 6.09 cm., respectively) when comparing with to seeds inoculated in distilled water

^{1*} ภาควิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก 65000

¹ Department of Agricultural Science, Faculty of Agriculture Natural Resources and Environment, Naresuan University, Phitsanulok 65000

² ศูนย์วิจัยข้าวจังหวัดแพร่ แพร่ 54000

² Phare Rice Research Center, Phare, 54000

* Corresponding author Thanchanok.keawkhom@gmail.com



(94.25%, 3.39 cm and 3.49 cm., respectively). The result of using bacteria to dissolved phosphate on both isolate has impacted to promoting growth rate of the rice RD-49 in Greenhouse condition. It revealed that inoculation of PSB (CMI23 and NAN21) in combination with chemical fertilizer and rock phosphate can contributed height of rice (124.50 cm.), increase number of dump/pot (14.25 plant/pot). Increase production yield (24.67 g/pot), improve weight of upper part (34.07 g/pot) and increase dry weight of the root (45.23g/pot) significantly at $P < 0.05$ when comparing with other treatments. It is concluded that, phosphate solubilizing bacteria (CMI23 and NAN21) improve on seed germination and growth rate of rice RD-49 significantly.

Keywords: phosphate-solubilizing bacteria, rice, seed germination, growth

บทนำ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย และมีการส่งออกข้าวสู่ท้องตลาดโลกเป็นอันดับต้นๆ ของโลก โดยในปี 2558 มีการส่งออกข้าวประมาณ 9.79 ล้านตันข้าวสาร จัดเป็นการส่งออกข้าวอันดับที่ 2 ของโลกรองจากประเทศอินเดีย (สมาคมส่งออกข้าวไทย, 2559) แต่เนื่องจากพื้นที่เกษตรกรรมมีการเพาะปลูกพืชชนิดเดียวกันซ้ำๆ เป็นระยะเวลานาน ทำให้ธาตุอาหาร โดยเฉพาะธาตุปุ๋ยที่พืชต้องการในปริมาณมากสูญเสียไปกับการที่พืชดูดซับไปใช้ในการเจริญเติบโต ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตช้าและมีผลผลิตที่ลดลง เกษตรกรจึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้นในทุกๆ ครั้งที่มีการเพาะปลูกข้าว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตที่ดีขึ้น ทำให้สิ้นเปลืองต้นทุนในการผลิต (สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน, 2553) ซึ่งปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่ลงไปในดินนั้นส่วนใหญ่จะถูกตรึงเป็นสารประกอบฟอสเฟตในดินอย่างรวดเร็วมีเพียง 10-25% เท่านั้นที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ (คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา, 2548) ฟอสฟอรัสเป็นหนึ่งในธาตุอาหารหลักที่สำคัญและจำกัดการเจริญเติบโตของพืช โดยฟอสฟอรัสจะทำให้พืชมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง กระบวนการหายใจ กระบวนการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแป้ง การถ่ายทอดพันธุกรรม การตรึงไนโตรเจน ตลอดจนการออกดอกออกผล หากพืชขาดธาตุฟอสฟอรัสจะทำให้การเจริญเติบโตหยุดชะงัก ลำต้นแคระแกร็น ผอม สูง ใบขนาดเล็กกลอง จำนวนใบลดลง มีสีน้ำเงินอมเขียวปรากฏทั้งลำต้นและใบของพืช (Brady and Weil, 2008) เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่ถูกตรึงได้ง่ายและละลายออกมาในรูปไอออนได้ยาก ทำให้ต้องใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มลงไป ซึ่งเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปสารฟอสเฟตที่ละลายได้ดีลงไปดิน ส่วนมากจะถูกตรึงอย่างรวดเร็ว โดยวิธีการที่เรียกว่า กระบวนการตรึงฟอสเฟต กลายเป็นรูปที่ละลายได้ยากเกิดขึ้นได้ง่ายกับดินกรดและดินด่างในระยะเวลายาวนานๆ จุลินทรีย์ดินในกลุ่มแบคทีเรียและรามีบทบาทในการช่วยละลายสารประกอบฟอสเฟตให้เป็นฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้จากกระบวนการต่างๆ เช่น การย่อยสลายสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟตด้วยเอนไซม์ การละลายสารประกอบอินทรีย์ฟอสเฟตด้วยกรดอินทรีย์ การตรึงฟอสฟอรัสโดยดูดซึมเข้าสู่เซลล์ และยังสามารถปลดปล่อยอินทรีย์ฟอสเฟตในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้อีกด้วย การศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาความสามารถของแบคทีเรียละลายฟอสเฟต 2 สายพันธุ์ (PSB) คือ *Burkholderia pyrocinia* (CMI-23) และ *Burkholderia vietnamiensis* (NAN-21) ต่อการออก การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวพันธุ์ กข 49 ในสภาพเรือนทดลอง

อุปกรณ์และวิธีการ

การคัดแยกแบคทีเรียด้วยวิธี Soil dilution plating

แบคทีเรียละลายฟอสเฟตคัดแยกได้จากตัวอย่างดินบริเวณรากข้าวในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนบน ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน และน่าน ทั้งหมด 62 ตัวอย่าง ด้วยวิธี Soil dilution plating โดยการเจือจางสารแขวนลอยตัวอย่างดินให้มีความเข้มข้นที่เหมาะสม (10^{-1} - 10^{-5} เท่า) หลังจากนั้นเปิดสารแขวนลอยดินที่ได้ใส่จานเพาะเชื้อเพื่อทำการ spread plate โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ Pikovskaya's medium (PVK) ที่ประกอบด้วย Glucose 10 กรัม Yeast extract 0.5 กรัม $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0.5 กรัม $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.1 กรัม $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 5 กรัม NaCl 0.2 กรัม KCl 0.2 กรัม $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0.002 กรัม และ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$



0.002 กรัม ในปริมาตร 1 ลิตร จากนั้นบ่มจานเพาะเชื้อทั้งหมดไว้ที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 7 วัน เมื่อครบเวลากำหนดเลือกเชื้อที่มีวงใสรอบโคโลนี (clear zone) มาแยกให้บริสุทธิ์ โดยนำโคโลนีเดียวของแบคทีเรียไปซิด (Streak) บนอาหารแข็ง Nutrient agar (NA) เก็บรักษาแบคทีเรียทุกไอโซเลตที่แยกได้ในหลอดอาหารเลี้ยงเชื้อเอียง เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อความสะดวกในการนำแบคทีเรียทั้งหมดไปทดสอบในขั้นตอนต่อไป

การทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียต่อการย่อยละลายฟอสเฟตในอาหารเหลว PVK

นำโคโลนีของแบคทีเรียที่มีความสามารถในการทำให้เกิดบริเวณใสรอบโคโลนี มาแยกให้บริสุทธิ์โดยแยกบนอาหารแข็ง Nutrient Agar (NA) จนได้โคโลนีเดียวที่บริสุทธิ์ นำมาทดสอบความสามารถในการละลายฟอสเฟต โดยการ cork borer เส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร เจาะอาหารจำนวน 3 ชิ้น ลงในพลาสติกขนาด 250 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุอาหารเหลว PVK ปริมาตร 25 มิลลิลิตร นำไปเขย่าด้วยความเร็วรอบประมาณ 150 รอบต่อนาที เพื่อให้อากาศ 4-6 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง 25 ± 2 องศาเซลเซียส (มีปริมาณเชื้อโดยประมาณ 10^{-7} - 10^{-8} cfu/ml) จากนั้นถ่ายกล้ำเชื้อแบคทีเรียที่เจริญในอาหารเหลว PVK ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ลงในพลาสติกขนาด 250 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุอาหารเหลวสูตร PVK ปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำไปเขย่าให้อากาศ ที่อุณหภูมิ 26-28 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน โดยชุดควบคุมจะไม่เติมแบคทีเรีย หลังจากนั้นเก็บอาหารดังกล่าวมาปั่นเหวี่ยงที่ 14,000 รอบต่อนาที แล้วนำสารละลายใสที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณฟอสเฟตที่ละลายได้โดยใช้วิธี molybdenum-blue method วัดค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 882 นาโนเมตร หลังจากนั้นนำแบคทีเรียที่คัดแยกได้ไประบุชนิดของแบคทีเรียด้วยวิธี Biolog microlog system

ผลของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตที่คัดแยกได้ต่ออัตราการงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์ กข 49

ขั้นตอนการทดลองต่อไปนี้จะทำการคัดเลือกแบคทีเรียจำนวน 2 ไอโซเลต มาทำการทดสอบ โดยแบคทีเรีย 2 ไอโซเลตมีความสามารถอยู่ร่วมกันได้ จากการนำไปซิดบนอาหาร Nutrient Agar (NA) ซึ่งโคโลนีของแบคทีเรียทั้งสองต่อกันเป็นเส้นยาวเชื่อมต่อกัน จากนั้นนำแบคทีเรียไอโซเลต CMI23 และ NAN21 มาซิดบนจานอาหารแข็ง NA ซ้ำอีกครั้ง เพื่อให้ได้โคโลนีเดียวและบ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดทำการชุดเซลล์ของแบคทีเรียทั้ง 2 ไอโซเลตลงในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (นิ่งฆ่าเชื้อแล้ว) ความเข้มข้น 0.85 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 25 มล. และเขย่าให้เข้ากันแล้วเปิดสารละลายเซลล์แบคทีเรียดังกล่าว 1.25 มล. ลงบนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA โดยเขย่าเบาๆ ให้สารละลายเซลล์แบคทีเรียเคลือบบนผิวอาหารให้ทั่ว จำนวน 20 จานอาหารเลี้ยงเชื้อต่อไอโซเลต บ่มจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่อุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 3 วัน เมื่อครบกำหนดใช้แท่งสามเหลี่ยมชุดผิวหน้าอาหาร PDA พร้อมล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วเล็กน้อย เก็บรวมใส่บีกเกอร์ที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จากนั้นนำเชื้อที่ได้ไปปั่นเหวี่ยงให้ตกตะกอน ที่ความเร็ว 5,000 รอบต่อนาที ให้เหลือน้ำใสทิ้ง และเก็บตะกอนเชื้อใส่ขวด จากนั้นนำไปวัดค่าความขุ่น (OD_{600}) และปริมาณเชื้อเท่ากับ 10^8 cfu/ml และเก็บหัวเชื้อที่ได้ไว้ในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้สำหรับการแช่เมล็ดข้าวต่อไป ทำการบันทึกข้อมูลทุก 6 ชั่วโมง กำหนดให้เมล็ดงอก คือ เมล็ดที่มีแรดิเคิล (radicle) แทงออกมาจากเปลือกหุ้มเมล็ดอย่างน้อย 0.2 ซม. โดยข้อมูลที่เก็บรวบรวม ได้แก่ เปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวต้นอ่อน และความยาวรากต้นอ่อน

การทดสอบผลของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข 49 ในสภาพเรือนทดลอง

การวางแผนการทดลอง

การทดลองในส่วนนี้ได้คัดเลือกแบคทีเรียละลายฟอสเฟตจำนวน 2 ไอโซเลต ได้แก่ CMI23 และ NAN21 มาทดสอบผลของเชื้อแบคทีเรียต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized complete block design (RCBD) ประกอบด้วย 8 กรรมวิธี 4 ซ้ำ กรรมวิธีต่างๆ ประกอบด้วย 1) กรรมวิธีที่ไม่ปลูกเชื้อ (ชุดควบคุม) 2) กรรมวิธีที่แช่เมล็ดข้าวด้วยอาหารเหลว PVK โดยไม่ปลูกเชื้อ (PVK broth) 3) กรรมวิธีที่แช่เมล็ดข้าวด้วยหัวเชื้อแบคทีเรียละลายฟอสเฟต CMI23 และ NAN21 (PSB) 4) กรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมี (NPK) 5) กรรมวิธีที่แช่เมล็ดข้าวด้วยหัวเชื้อแบคทีเรียละลายฟอสเฟต CMI23 และ NAN21 และมีการใส่ปุ๋ยเคมี (PSB+NPK) 6) กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับหินฟอสเฟต (NPK+RP) 7) กรรมวิธีที่แช่เมล็ดข้าวด้วยหัวเชื้อแบคทีเรียละลายฟอสเฟต CMI23 และ NAN21 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมีและหินฟอสเฟต (PSB+NPK+RP) 8) กรรมวิธีที่ใส่เพียงหินฟอสเฟตอย่างเดียว (RP) โดยในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี จะใส่ 2 ครั้ง (ครั้งที่ 1 สูตร 16-16-8 เท่ากับ 0.8 ก./กระถาง และ



ครั้งที่ 2 สูตร 46-0-0 เท่ากับ 0.4 ก./กระถาง) ส่วนหินฟอสเฟตใส่ 5 ก./กระถาง และใส่แบคทีเรียทั้งสองไอโซเลต จำนวน 10^8 cfu/กระถาง

การเตรียมต้นกล้าข้าว

นำเมล็ดข้าวพันธุ์ กข 49 มาทำการฆ่าเชื้อด้วยสารละลายไฮโดรเจนเพอร์ออกไซด์ 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 10 นาที และนำเมล็ดข้าวมาล้างด้วยน้ำกลั่นที่ผ่านการฆ่าเชื้อจำนวน 3 ครั้ง จากนั้นแบ่งเมล็ดข้าวออกเป็น 2 ส่วน โดยเมล็ดข้าวส่วนที่ 1 นำมาแช่ในน้ำกลั่น และเมล็ดข้าวส่วนที่ 2 นำมาแช่ในหัวเชื้อแบคทีเรีย CMI23 ร่วมกับ NAN21 ที่ทำการบ่มเขย่ามาแล้ว 5 วัน จากนั้นแช่เมล็ดข้าวทิ้งไว้ในที่มืด 1 คืน เมื่อครบกำหนดนำเมล็ดข้าวมาเพาะลงบนภาชนะเมล็ด และรดน้ำทุกๆ วัน เช้าและเย็น เมื่อครบ 10 วัน ทำการย้ายต้นกล้าข้าวลงกระถางปลูก โดยวิธีการปักดำใช้ต้นกล้าข้าว 1 ต้นต่อกระถาง

การเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าว

การเก็บข้อมูลข้าว จะเก็บข้อมูลด้านการเจริญเติบโตของข้าวทุกๆ 7 วัน ได้แก่ ความสูง จำนวนต้นตอก และข้อมูลหลังการเก็บเกี่ยวที่ 98 วัน ได้แก่ จำนวนรวงตอก น้ำหนักแห้งเมล็ดต่อกระถาง เปอร์เซ็นต์เมล็ดดีต่อตอก เมล็ดต่อกระถาง น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และปริมาณธาตุอาหารในฟางข้าว ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด สำหรับตัวอย่างดินก่อนและหลังปลูกข้าวทำการวิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง อินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้ F-test และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's new Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลการทดลองและวิจารณ์

การคัดเลือกแบคทีเรียละลายฟอสเฟต

การคัดเลือกแบคทีเรียจากดินที่สามารถละลายไตรแคลเซียมฟอสเฟตในอาหาร PVK ระดับเบื้องต้น สามารถคัดเลือกแบคทีเรียละลายฟอสเฟตได้จำนวนทั้งหมด 5 ไอโซเลต ที่มีประสิทธิภาพในการละลายฟอสเฟตสูง คือ ไอโซเลต CMI1 CMI12 CMI23 MHS9 และ NAN21 สามารถละลายฟอสเฟตเท่ากับ 84.26 118.59 123.34 99.65 และ 93.73 มก./ล. ตามลำดับ เมื่อจัดจำแนกชนิดของแบคทีเรียด้วยวิธี Biolog microlog system พบว่า แบคทีเรียทั้ง 5 ไอโซเลต มีรูปแบบการใช้สารประกอบคาร์บอนใกล้เคียงกับ *Bacillus subtilis ss subtilis* *Burkholderia cepacia* *Burkholderia pyrocinia* *Bacillus pumilus* และ *Burkholderia vietnamiensis* ตามลำดับ และมีการศึกษาที่สอดคล้องกัน ที่ทำการคัดเลือกแบคทีเรียละลายฟอสเฟตโดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อสูตร PVK ที่มีไตรแคลเซียมฟอสเฟตเป็นส่วนประกอบในอาหาร ซึ่งมีปริมาณการละลายฟอสเฟตในอาหารเหลวที่แตกต่างกันไป ได้แก่ การศึกษาของ เกตน์ณนิภา (2557) ที่คัดเลือกแบคทีเรียละลายฟอสเฟตได้จากดินข้าว อ.บางบาล จ.พระนครศรีอยุธยา สามารถคัดเลือกแบคทีเรียได้ทั้งหมด 45 ไอโซเลต ทำการคัดเลือกไอโซเลตที่ละลายฟอสเฟตสูงได้จำนวน 5 ไอโซเลต และจัดจำแนกชนิดของแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการละลายฟอสเฟตได้ 2 ชนิด คือ *Burkholderia sp.* และ *Pantoea dispersa* ละลายฟอสเฟตได้ 179.8 และ 187.0 มก./ล. ส่วนการศึกษาของ ภัทณวรรณ์ (2557) พบว่าแบคทีเรียที่คัดเลือกได้จากดินบริเวณรากข้าวหอมมะลิแดง มีความสามารถในการละลายฟอสเฟตได้ปริมาณสูงสุดในระยะเวลา 3 วัน และ 7 วัน เท่ากับ 102.11 และ 191.02 มก./ล. ตามลำดับ ในขณะที่การทดลองของ สุพัตรา (2558) พบว่าแบคทีเรียที่คัดเลือกได้จากดินรอบรากข้าวไร่ที่ปลูกใน ตำบลปรางค์ อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดกาฬสินธุ์ สามารถละลายฟอสเฟตในอาหารเหลว PVK ได้สูงสุด เท่ากับ 41.60 มก./ล. จากผลการศึกษาดังกล่าวมาจะเห็นได้ว่าปริมาณการละลายฟอสเฟตในอาหารเหลวมีทั้งสูงและต่ำ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเนื่องมาจากชนิดของแบคทีเรีย สภาพแวดล้อม และตัวอย่างดินที่แตกต่างกัน

การทดสอบผลของแบคทีเรียต่อการงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์ กข 49

จากการศึกษาผลของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตที่คัดเลือกได้ต่อการงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์ กข 49 โดยคัดเลือกแบคทีเรียจำนวน 2 ไอโซเลต คือ CMI23 และ NAN21 มาทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ ตลอดระยะเวลาการทดสอบ 84 ชั่วโมง พบว่าในช่วงการทดสอบชั่วโมงที่ 0-12 เมล็ดข้าวยังไม่มีการงอกเกิดขึ้น โดยเมล็ดข้าวเริ่มมีการงอกเกิดขึ้นในชั่วโมงที่ 18 สามารถทำการวัดผลได้ โดยการแช่เมล็ดข้าวด้วยแบคทีเรียไอโซเลต CMI23 และ NAN21 ส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าวสูงสุด



(98%) ความยาวต้นอ่อนและความยาวรากต้นอ่อนสูงที่สุด (2.42 และ 6.09 เซนติเมตร ตามลำดับ) (Table 1-3) เมื่อเทียบกับการแช่เมล็ดข้าวในน้ำกลั่น และในช่วงสุดท้ายของการทดสอบที่ 84 ชั่วโมง การแช่เมล็ดข้าวด้วยแบคทีเรียไอโซเลต CMI23 และ NAN21 ทำให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดข้าว ความยาวต้นอ่อน และความยาวรากต้นอ่อนสูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ การแช่เมล็ดข้าวในน้ำกลั่น (Figure 1) ที่เป็นเช่นนี้อาจเป็นผลมาจากแบคทีเรียละลายฟอสเฟตสามารถปลดปล่อยสารที่เป็นประโยชน์ ในกลุ่มสารคล้ายฮอร์โมนพืช ได้แก่ ออกซิน ไซโตไคนิน และจิบเบอเรลลิน โดย ที่ฮอร์โมนแต่ละชนิดมีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลง สรีระของเซลล์พืชแตกต่างกัน เช่น ออกซินที่อยู่ในรูป ของ IAA ช่วยส่งเสริมให้รากแตกแขนง ยาวแผ่กว้าง ทำให้พืชสามารถดูด ซึ่มน้ำและธาตุอาหารเพิ่มมากขึ้น และช่วยให้พืชได้รับธาตุอาหารจากสภาพแวดล้อมได้มากขึ้น และแบคทีเรียละลายฟอสเฟตยังช่วย ให้ พืชทนต่อความเครียดต่าง ๆ ที่เกิดจากสภาพแวดล้อมได้ จึงช่วยให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น (Ponmurugan and Gopi, 2006) ซึ่งงานวิจัยของ อัจฉรียา (2555) พบว่า การใช้แบคทีเรียที่สามารถผลิตฮอร์โมน IAA สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้า ข้าว และพบว่าตั้งแต่ระยะงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์สันป่าตอง และ กข 6 แบคทีเรียไม่มีความเป็นพิษ ต่อการงอกและความแข็งแรง ของต้นอ่อน แต่สามารถเพิ่มความสูงของยอดและความยาวของรากข้าว ขณะที่ งานวิจัยของ เนตรนภา และคณะ (2558) พบว่า การใส่เชื้อ *Brevibacillus borstelensis*, *Bacillus megaterium* และ *Brevibacillus agri* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ผลิตฮอร์โมน IAA ทำให้การยืดขยายของรากและการเจริญเติบโตของข้าวเพิ่มขึ้น 59-41.5% แสดงให้เห็นว่า แบคทีเรียดังกล่าวสามารถกระตุ้นการ เจริญเติบโตของพืชได้ และมีส่วนช่วยให้พืชได้รับธาตุอาหารจาก สภาพแวดล้อมได้มากขึ้นส่งผลให้พืชมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น (Ponmurugan and Gopi, 2006) โดยการปลดปล่อยสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่สำคัญ เช่น Indole-3-acetic acid (IAA) (Laskar and Sharma, 2013) ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชที่สำคัญชนิดหนึ่งในกลุ่มออกซิน (Auxin) ที่มีบทบาทสำคัญต่อการงอก ของเมล็ด และการยืดยาวของราก (Slavov *et al.*, 2003) และ กลุ่มของแบคทีเรียที่สามารถสังเคราะห์ IAA ได้ ได้แก่แบคทีเรีย ในสกุล *Bacillus*, *Burkholderia* *Microbacterium* *Methylophaga* *Agromyces*, *Paenibacillus* *Pseudomonas* และ *Azospirillum* (Lava *et al.*, 2014) เป็นต้น

การทดสอบผลของแบคทีเรียละลายฟอสเฟตต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข 49 ในสภาพเรือนทดลอง

เมื่อเปรียบเทียบความสูงของต้นข้าวในกรรมวิธีต่างๆ หลังจากทำการปักดำต้นกล้าเป็นเวลา 14 วัน พบว่า ข้าวมีความ สูงไม่แตกต่างกัน เนื่องจากเป็นระยะข้าวงอก และเมื่อเข้าสู่ระยะกล้าข้าวจะดูดแร่ธาตุอาหารจากดินซึ่งฟอสฟอรัสจะเป็นธาตุ อาหารที่สำคัญในการสร้างระบบรากของต้นข้าว และหลังจาก 14 วัน จนถึง 98 วัน กรรมวิธีควบคุม (control) และกรรมวิธีที่ใส่ หินฟอสเฟต (RP) มีความสูงน้อยกว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีและหินฟอสเฟต ร่วมกับแบคทีเรียละลายฟอสเฟต (NPK+RP+PSB) อย่างมีนัยสำคัญ แสดงให้เห็นว่า แบคทีเรียละลายฟอสเฟตมีความสามารถในการละลายฟอสเฟตในดินทำให้ข้าวเจริญเติบโตอย่าง รวดเร็ว และยังพบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีและหินฟอสเฟตร่วมกับแบคทีเรียละลายฟอสเฟต (NPK+RP+PSB) ช่วยทำให้จำนวนต้น ต่อกอ ผลผลิตต่อกระถาง น้ำหนักแห้งส่วนเหนือดิน และน้ำหนักแห้งรากสูงกว่ากรรมวิธีควบคุม (Control) และสูงกว่ากรรมวิธีที่ ใส่หินฟอสเฟต และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว (Table 4) ส่วนปริมาณธาตุอาหารในฟางข้าว ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสทั้งหมด และโพแทสเซียมทั้งหมด ในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดมีความ แตกต่างกัน โดยมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในช่วง 0.03-0.05% โดยน้ำหนัก ปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดอยู่ในช่วง 6.20- 7.52% โดยน้ำหนัก ขณะที่ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด ในกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีและหินฟอสเฟตร่วมกับแบคทีเรียละลายฟอสเฟต (NPK+RP+PSB) มีค่าสูงที่สุด เท่ากับ 0.14% โดยน้ำหนัก เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณฟอสฟอรัสใน ดินหลังการทดลองเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับปริมาณฟอสฟอรัสในดินเริ่มต้นก่อนการทดลอง และผลการทดลองนี้สอดคล้องกับงานวิจัย ของ Babana and Antoun (2006) โดยทดลองปลูกแบคทีเรีย PSB ไอโซเลต B27 ร่วมกับการใส่ปุ๋ย Tilemsi phosphate rock ในข้าวสาลี (*Triticum aestivum* L. cv. Tetra) พบว่าทำให้ข้าวสาลีมีความสูงและน้ำหนักแห้งของลำต้นมากกว่าข้าวสาลีที่ใส่ปุ๋ย RP อย่างเดียว รายงานของ สุจิตตรา และคณะ (2556) พบว่า การใส่แบคทีเรียไอโซเลต KJHSB-9 ร่วมกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน และปุ๋ยฟอสฟอรัส ทำให้ความสูงของข้าวพันธุ์ปทุมธานี 1 โดยเพิ่มความสูงร้อยละ 5.83 เมื่อเทียบกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและ ปุ๋ยฟอสฟอรัส นอกจากนี้ Rodriguez and Fraga (1999) ยังกล่าวว่าพืชที่ปลูกเชื้อแบคทีเรีย PSB จะสามารถเจริญเติบโตได้ดี เนื่องจากแบคทีเรีย PSB ช่วยละลายฟอสเฟตในรูปที่ไม่ละลายน้ำ ให้ไปอยู่ในรูปที่ละลายน้ำ ทำให้พืชดูดไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต



ได้ ทั้งนี้เนื่องจากแบคทีเรียละลายฟอสเฟตที่นำมาศึกษาในครั้งนี้ สามารถผลิตฮอร์โมน IAA จึงช่วยส่งเสริมให้รากข้าวแตกแขนงมากสามารถดูดธาตุอาหารได้มากขึ้น และแบคทีเรียละลายฟอสเฟตอาจเป็นส่วนหนึ่งที่เป็นปัจจัยในการทำให้ปุ๋ยเคมีเป็นประโยชน์มากขึ้น โดยช่วยละลายธาตุอาหารในปุ๋ยเคมีส่วนที่ถูกตรึงในรูปที่ไม่ละลายน้ำให้อยู่ในรูปที่ละลายน้ำจึงส่งผลทำให้จำนวนการแตกกอของข้าวเพิ่มขึ้น เมื่อข้าวมีการแตกกอมากส่งผลทำให้จำนวนรวงของข้าวมากขึ้นด้วย จากผลการทดลองนี้เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการช่วยเหลือเกษตรกรในการช่วยลดต้นทุนการผลิต และช่วยลดการนำเข้าของปุ๋ยเคมีในประเทศ รวมทั้งช่วยเพิ่มความประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน ลดการสูญเสียเนื่องจากการถูกตรึงในดินและการถูกชะล้างลงสู่แม่น้ำ

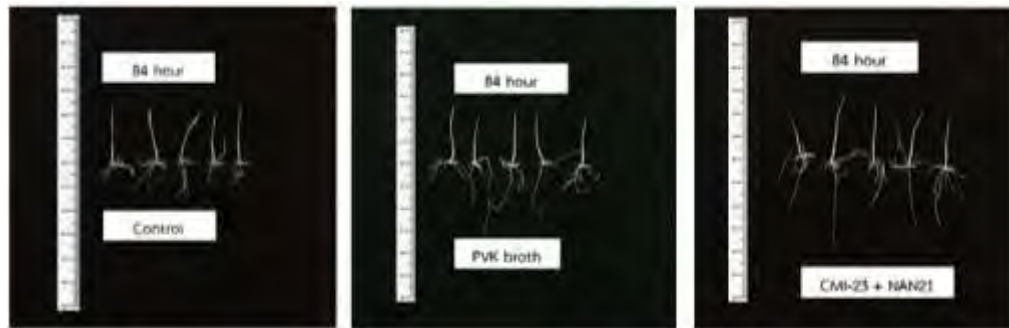


Figure 1 Germination test of seeds at 84 hour

Table 1 Effect of PSB on germination of seeds at 18-84 hour.

Treatments	Germination of seeds (%)											
	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84
Control	94.25 ^b	99.25 ^a	99.25 ^{ab}	99.25	99.25	99.25	99.25	99.25	99.50	99.50	99.50	99.50
PVK broth	97.25 ^{ab}	98.00 ^{ab}	98.25 ^b	98.50	98.50	98.50	98.50	98.50	99.00	99.00	99.00	99.00
PSB	98.00 ^a	99.25 ^a	99.50 ^a	99.50	99.50	99.50	99.50	99.50	99.75	99.75	100.00	100.00
F-test	*	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
% CV	2.06	0.73	0.67	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.38	0.38	0.50	0.50

Means in the same column with the same letter (*) are significant at $P < 0.05$, (ns) are not statistically different at 0.05 probability level by Duncan's multiple range test (DMRT).

Table 2 Effect of PSB on plumule length at 18-84 hour.

Treatments	plumule length (cm)											
	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84
Control	0.26 ^b	0.38 ^b	0.89 ^b	1.33 ^a	1.39	1.57	1.59 ^b	1.89 ^b	2.80	2.89	3.13	3.39
PVK broth	0.33 ^a	0.64 ^a	0.71 ^c	1.21 ^b	1.44	1.65	2.13 ^a	2.24 ^a	2.81	2.82	3.17	3.44
PSB	0.38 ^a	0.71 ^a	0.96 ^a	1.12 ^c	1.38	1.66	2.25 ^a	2.26 ^a	2.87	3.08	3.22	3.49
F-test	*	*	*	*	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns
% CV	18.64	30.15	15.11	8.64	2.29	3.03	17.67	9.77	3.49	4.59	1.42	1.45

Means in the same column with the same letter (*) are significant at $P < 0.05$, (ns) are not statistically different at 0.05 probability level by Duncan's multiple range test (DMRT).



Table 3 Effect of PSB on root length at 18-84 hour.

Treatments	root length (cm)											
	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78	84
Control	1.44 ^b	1.33 ^b	2.11 ^b	2.91 ^b	3.35 ^b	3.50 ^c	3.65 ^c	4.31 ^b	4.75 ^{ab}	5.00 ^b	5.71 ^a	5.77 ^{ab}
PVK broth	1.29 ^c	1.30 ^b	1.83 ^c	2.82 ^b	3.20 ^b	3.99 ^b	4.12 ^b	4.44 ^{ab}	4.47 ^b	4.64 ^b	5.20 ^b	5.50 ^b
PSB	1.61 ^a	1.68 ^a	2.44 ^a	3.49 ^a	4.10 ^a	4.60 ^a	4.79 ^a	4.83 ^a	4.94 ^a	5.58 ^a	5.80 ^a	6.09 ^a
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
% CV	11.07	14.71	14.36	11.83	13.58	13.67	13.68	5.98	5.01	9.35	5.81	5.10

Means in the same column with the same letter (*) are significant at $P < 0.05$, (ns) are not statistically different at 0.05 probability level by Duncan's multiple range test (DMRT).

Table 4 Growth parameters in RD 49 rice in 98 days.

Treatments	Plant height (cm)	plant per hill	grain yield per pot (g/pot)	shoot dry weight (g)	root dry weight (g)
Control	113.62 ^c	12.50 ^c	17.72 ^{bc}	25.13 ^{bc}	20.79 ^b
PVK broth	112.62 ^c	13.00 ^b	16.02 ^c	30.22 ^{bc}	21.07 ^b
PSB	113.50 ^c	13.75 ^{ab}	15.94 ^c	26.94 ^{bc}	24.97 ^b
N-P-K	123.38 ^a	14.00 ^a	19.35 ^{abc}	36.93 ^a	25.86 ^b
N-P-K and PSB	120.88 ^{ab}	13.75 ^{ab}	24.17 ^a	33.63 ^{ab}	31.41 ^b
N-P-K and rock phosphate	121.00 ^a	14.00 ^a	23.07 ^{ab}	33.31 ^{ab}	30.73 ^b
N-P-K and Rock phosphate and PSB	124.50 ^a	14.25 ^a	24.76 ^a	37.04 ^a	45.23 ^a
Rock phosphate	111.75 ^c	13.25 ^{ab}	14.71 ^c	22.75 ^c	27.04 ^b
F-test	*	*	*	*	*
% CV	21.81	18.73	20.65	17.52	27.59

Means in the same column with the same letter (*) are significant at $P < 0.05$, (ns) are not statistically different at 0.05 probability level by Duncan's multiple range test (DMRT).

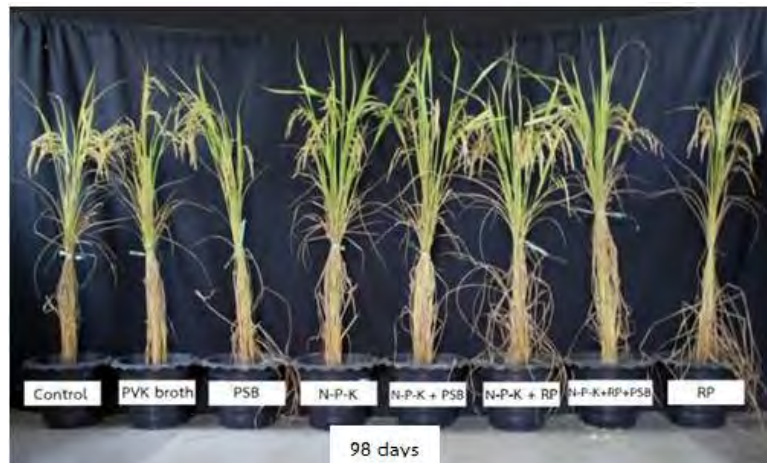


Figure 2 Growth of rice RD-49 at 98 days



สรุปผล

จากการศึกษาผลของแบคทีเรียละลายฟอสเฟต 2 ไอโซเลต คือ CMI23 และ NAN21 ต่อการงอกของเมล็ดข้าว และการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข 49 พบว่า การแช่เมล็ดข้าวด้วยเชื้อ PSB (CMI23 และ NAN21) ช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การงอก ความยาวรากต้นอ่อน และความสูงต้นอ่อนได้ดียิ่งขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่แช่เมล็ดข้าวในน้ำกลั่น และผลการใช้แบคทีเรียละลายฟอสเฟตทั้ง 2 ไอโซเลตต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ กข 49 ในสภาพเรือนทดลอง พบว่าการใส่แบคทีเรียละลายฟอสเฟตทั้ง 2 ไอโซเลตร่วมกับปุ๋ยเคมี ทำให้ความสูงของต้นข้าวสูงสุด ตลอดจนด้านผลผลิตข้าว ได้แก่ เปอร์เซ็นต์เมล็ดดี ผลผลิตต่อกระถาง น้ำหนักส่วนเหนือดิน และน้ำหนักแห้งราก เพิ่มขึ้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และผลการวิจัยครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการประยุกต์แบคทีเรียละลายฟอสเฟตทั้ง 2 ไอโซเลตนี้ในการพัฒนาเป็นปุ๋ยชีวภาพสำหรับการเพาะปลูกข้าวต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

- เกตุณณินา วันชัย. 2556. การประยุกต์ใช้จุลินทรีย์ท้องถิ่นที่ตรึงอยู่บนวัสดุชนิดต่างๆ ในการปรับปรุงคุณภาพดินนาข้าวที่เกิดอุทกภัย กรณีศึกษา: อำเภอบางบาล จังหวัด พระนครศรีอยุธยา วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.
- คณาจารย์ภาคปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เนตรนภา อินสูล, ปรียาภรณ์ แสงเรือน และกานต์สิริ หลีชัยกุล. 2558. อิทธิพลของเชื้อแบคทีเรียที่ผลิต IAA ต่อการกระตุ้นการเจริญเติบโตของข้าว. ว. วิทยาศาสตร์เกษตร. 46: 625-628.
- ภัทรวรรณ ฉันทรัตนโยธิน. 2557. การคัดแยกเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยสลายฟอสเฟตจากรากพืชของข้าวมะลิแดง. รายงานผลการวิจัยปี 2557. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- สุจิตตรา ปะนันโต, ภาควิชา ดันเดชสาธิต, ศิริลักษณ์ จิตรอักษร, รังสฤษฎ์ กาวิต๊ะ และกรรณิการ์ สัจจาพันธ์. 2556. เอนโดไฟติกแบคทีเรียและผลการส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว. ว. ศูนย์บริการวิชาการ. 41: 457-468.
- สุพัตรา รักวงษ์. 2558. การคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียละลายฟอสเฟตประสิทธิภาพสูงจากดินรอบรากข้าวไร่ที่ปลูกในตำบลปรางค์ผล อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดกาฬสินธุ์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยราชภัฏกาฬสินธุ์.
- สมาคมผู้ส่งออกข้าวไทย. 2559. สถานการณ์ส่งออกข้าว แนวโน้มและทิศทางการส่งออกข้าวไทยปี 2559. เข้าถึงได้จาก: <http://www.thairiceexporters.or.th> [เข้าถึงเมื่อ 28 มีนาคม 2560].
- สำนักสำรวจและวิจัยทรัพยากรดิน กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช. เข้าถึงได้จาก: http://oss101.1dd.go.th/web_soils_for_youth/s_prop_nutri02.htm [เข้าถึงเมื่อ 7 กรกฎาคม 2559].
- อัจฉริยา ชมเชย. 2555. การพัฒนาหัวเชื้อแบคทีเรียเพื่อส่งเสริมการเจริญและการควบคุมโรคในข้าวสายพันธุ์เศรษฐกิจของไทย. รายงานผลการวิจัยปี 2555. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Babana, A.H. and H. Antoun. 2006. Effect of Tilemsi phosphate rock-solubilizing microorganisms on phosphorus uptake and yield of field-grown wheat (*Triticum aestivum* L.) in Mali. In *Plant and Soil*, pp: 51-58. Canada.
- Brady, N. C. and R.R. Weil. 2008. The nature and properties of soils (14th ed.). New Jersey: Pearson Education, Upper Saddle River.
- Lava, K., Yadav, J., Verma, J. P., Jaiswal, D. K., and Kumar, A. 2014. Evaluation of PGPR and different concentration of phosphorus level on plant growth, yield and nutrient content of rice (*Oryza sativa*). In *Ecol*, pp: 123-128. Eng.
- Laskar, F. and G.D. Sharma. 2013. Isolation and Characterization of Diazotrophic Bacteria from Rhizosphere of Different Rice Cultivars of South Assam, India. *J. Environmental Science*. 8: 234-239.



- Ponmurugan, P. and C. Gopi. 2006. In vitro production of growth regulators of phosphatase activity by phosphate solubilizing bacteria. *J. Biotechnology*. 2: 348-350.
- Rodriguez, H. and R. Fraga. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *In Biotechnology Advances*, pp: 319-339.
- Slavov, S., Onckelen, H.V., Batchvarova, R., Atanasov, A., and Prinsen, E. 2003. IAA production during germination of *Orobanch* spp. seeds. *J. Plant Physiology*. 10: 847-853.