

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 42-44-00-23-329-26-00-04-11

ชื่อโครงการ ผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อคุณภาพดินและน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม
Impact of tiger shrimp farming on soil and water quality in arable land

ผู้ดำเนินการ นายชัยนาม ดิสถาพร Mr. Chaiyanam Dissataporn
นายปราโมทย์ แยมคลี่ Mr. Pramote Yamclee

บทคัดย่อ

การศึกษาผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ระบบปิด ความเค็มต่ำ ในพื้นที่เกษตรกรรม ดำเนินการในบริเวณโครงการสวนพระองค์อำเภอบางแตง จังหวัดปราจีนบุรี โดยการศึกษาคุณภาพของน้ำ ผิวดิน และน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบเกษตร ตั้งแต่ กรกฎาคม 2542-กรกฎาคม 2544 โดยมีการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 4 ครั้ง จากการศึกษาพบว่า

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิด ความเค็มต่ำเป็นการเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยมีน้ำที่หล่อด้วยน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ และคันดินที่อัดแน่นล้อมรอบพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำสามารถป้องกันการแพร่กระจายของน้ำเค็มที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อน้ำผิวดินในพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงและแหล่งน้ำธรรมชาติ แต่ไม่สามารถป้องกันการปนเปื้อนของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อแหล่งน้ำใต้ดินในพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียง โดยทำให้ความเค็มของน้ำใต้ดินที่อยู่ในระดับลึกมีความเค็มสูงขึ้น ซึ่งจะมีผลกระทบต่อ การแพร่กระจายของดินเค็ม และคุณภาพของน้ำใต้ดินที่สามารถนำไปใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค

การที่สามารถนำบ่อเลี้ยงกุ้งมาใช้ในการหมุนเวียนเลี้ยงกุ้ง และปลูกข้าว นั้น เนื่องจากในการปรับตัวของลูกกุ้งด้วยน้ำเค็มกระทำในบ่ออนุบาล ดังนั้นผลกระทบของน้ำเค็มจึงเกิดในบ่ออนุบาลเป็นส่วนใหญ่ ในขณะที่การเลี้ยงกุ้งระบบปิด ความเค็มต่ำ ใช้น้ำที่มีความเค็มไม่แตกต่างจากความเค็มของน้ำที่ใช้ในการปลูกข้าวทำให้สามารถปลูกข้าวในบ่อเลี้ยงกุ้งได้ และความเค็มของดินบนในบ่อเลี้ยงกุ้งภายหลังการเลี้ยงกุ้ง และปลูกข้าวยังอยู่ในระดับต่ำเนื่องจากมีการชะล้างด้วยน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้ง และปลูกข้าว ในขณะที่ดินในระดับลึกจะแสดงการเพิ่มขึ้นของเกลือที่อยู่ในรูปละลายน้ำ และ แลกเปลี่ยนได้ แสดงให้เห็นถึงการชะล้างของเกลือโดยน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้ง และปลูกข้าว ซึ่งน้ำเหล่านี้จะนำเอาความเค็มลงไปปนเปื้อนยังแหล่งน้ำใต้ดิน และแพร่กระจายต่อไป

ภายหลังการเลี้ยงกุ้ง และปลูกข้าว ไม่พบผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อดินนาในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิดเนื่องจากระบบการเลี้ยงกุ้งสามารถป้องกันการรั่วไหลของน้ำไม่ให้มาปนเปื้อนน้ำผิวดิน และถึงแม้ว่าจะมีการเพิ่มขึ้นของความเค็มของน้ำใต้ดินแต่เนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดินในการทำนาตลอดทั้งปีทำให้เกิดการชะล้างในชั้นดินสูงน้ำทำให้ไม่เกิดเป็นดินเค็ม

การเลี้ยงกุ้งในระบบปิด ความเค็มต่ำ และการเลี้ยงกุ้งแบบเกษตรกรสามารถป้องกันการปนเปื้อนของน้ำเค็มต่อน้ำผิวดินไม่แตกต่างกัน แต่ไม่สามารถป้องกันการปนเปื้อนน้ำใต้ดินได้ ควรมีการป้องกันการเคลื่อนที่ของน้ำเค็มลงไปชั้นดิน เพื่อลดผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อแหล่งน้ำใต้ดิน และพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ข้างเคียง

Abstract

Impact of tiger shrimp farming on soil and water quality in arable land

The impacts of tiger shrimp farming cultured in the low salinity closed-recirculation shrimp farming on the fresh water agriculture areas was conducted at the Bangtan Royal project, Bang tan, Ban Sang, Prachinburi. The water quality of surface and groundwater in the low salinity shrimp farming and the low salinity closed-recirculation shrimp farming as well as the near by paddy fields were periodically collected during July 1999 to July 2001. The results of the soil and water analysis during the 4 times cultures were as followed.

The low salinity closed-recirculation shrimp farming consists of open ditch and soil compacted bund surrounded the areas use for shrimp cultures in order to intercept the salinity of salty water which is used for shrimp culture. These instruments could prevented the contamination of salty water to the surface water in the paddy areas but not to the groundwater system. There were increase in the salinity of groundwater at the deeper depths which could be the source of water of consumption.

The acclimatization of post larva in the nursery pond with the high salinity water prevented the accumulation of salt in the soil of growth up pond so the rice cultivation in this pond can be successful. The impact of salty water in the system is hided in the nursery pond. After the transfer of shrimp to the growth up pond, the low salinity water which is the same salinity as water in paddy can be used to raise shrimp. For this reason the cultivation of rice in the growth up pond which was used for shrimp culture can be used for growing rice. The salinity of soil in the growth up pond was not high as low salinity water was applied and the leaching of standing water move salt to the depth greater than root zone of rice. Further more, there were the accumulations of salinity in the deeper soil profile due to the leaching of water which finally contaminate to the groundwater system.

The impact of low salinity closed-recirculation shrimp farming on the cultivated paddy fields could not be observed after 2 times of shrimp cultures as the closed-recirculation system can prevent the leakage of salty water to the surface water in the paddy. Even though it could find that salinity of groundwater increased but the rice cultivation system provides the leaching of salt through the root system.

The low salinity closed-recirculation shrimp farming and the low salinity shrimp farming conducted by farmers can prevented the contamination of salty water to surface water but they

could not that of groundwater system and the fresh water agriculture areas. The new measures which can prevent the recharge of salty water to groundwater aquifer should be study in order to reduce the impact of inland shrimp farming to groundwater system and cultivated lands.

ผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อคุณภาพดินและน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม

Impact of tiger shrimp farming on soil and water quality in arable land

หลักการและเหตุผล

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีการเลี้ยงกันมากในบริเวณริมฝั่งทะเล แต่เนื่องจากการประสบปัญหาในเรื่องการระบาดของโรคกุ้งจึงได้มีการขยายตัวเข้าไปในพื้นที่เกษตรน้ำจืดในภาคกลางอันเป็นพื้นที่ที่ใช้ในการผลิตทางการเกษตรที่สำคัญแหล่งหนึ่งของประเทศ โดยมีการนำน้ำทะเลที่มีความเค็มสูง หรือ เกล็ดดินเค็ม มาผสมกับน้ำจืดเพื่อใช้ในการปรับตัวของลูกกุ้งกุลาดำให้สามารถเจริญเติบโตในสภาพการเลี้ยงที่ใช้ น้ำที่มีความเค็มต่ำ ซึ่งอาจทำให้เกิดผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรมข้างเคียงเนื่องจากการแพร่กระจายของน้ำเค็มและดินเค็ม พื้นที่ที่เปลี่ยนจากพื้นที่เกษตรกรรมมาเป็นบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีแนวโน้มที่จะขยายเพิ่มขึ้นทุกปี ดังนั้นจึงควรที่จะมีการศึกษาถึงผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตพื้นที่เกษตรน้ำจืดภาคกลางเพื่อเป็นแนวทางในกำหนดรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิด ความเค็มต่ำ โดยไม่มีการถ่ายน้ำออกนอกระบบ และมีคูน้ำและคันดินที่อัดแน่นล้อมรอบในบริเวณเขตพื้นที่น้ำจืดภาคกลางต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำ และดินในพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียง
2. เพื่อนำผลการศึกษามาใช้ในการกำหนดวิธีการในการป้องกันผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบความเค็มต่ำต่อคุณภาพของดินและน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม

การตรวจเอกสาร

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบริเวณชายฝั่งทะเลกระทำโดยการนำเอาพื้นที่ป่าชายเลนมาเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และภายในระยะเวลาเพียง 2-3 ปี หลังการเพาะเลี้ยงก็ไม่สามารถทำการเพาะเลี้ยงกุ้งได้อีกต่อไป เนื่องจากประสบปัญหาเรื่องโรคระบาดของกุ้ง คุณภาพของน้ำทะเลและดินที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงกุ้งเสื่อมโทรมลง จนทำให้ผลผลิตกุ้งที่ได้ไม่คุ้มค่าใช้จ่ายในการเพาะเลี้ยง จึงทำให้เกิดการแสวงหาพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้งในบริเวณอื่นๆ ที่ไม่ได้อยู่ชายฝั่งทะเล ซึ่งได้แก่พื้นที่ในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือทำให้เกิดผลกระทบต่อทรัพยากรดิน น้ำ และสภาพแวดล้อม (Miller et al., 1999)

พื้นที่เกษตรกรรมในภาคกลางมีเนื้อที่ประมาณ 2.58 ล้านไร่ เป็นพื้นที่นาประมาณ 12 ล้านไร่ ให้ผลผลิตประมาณ ร้อยละ 30 ของปริมาณข้าวที่ผลิตทั้งประเทศ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร 2539) ในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งส่วนใหญ่เป็นนาข้าวไปเป็นบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำครอบคลุมในพื้นที่ 23 จังหวัด คือ ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี นครปฐม นครนายก ชลบุรี สุพรรณบุรี สมุทรปราการ พระนครศรีอยุธยา ราชบุรี เพชรบุรี ปทุมธานี สมุทรสาคร สมุทรสงคราม อ่างทอง กรุงเทพฯ ลพบุรี ชัยนาท นครสวรรค์ นนทบุรี กาญจนบุรี สระบุรี สิงห์บุรี และ อุทัยธานี โดยมีเนื้อที่ประมาณ 140,343 ไร่ (วิรัตน์ 2541)

ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำบริเวณชายฝั่งทะเลใช้น้ำทะเลที่มีความเค็มระหว่าง 15-30 ppt และมีการเติมน้ำทะเลเพื่อรักษาระดับน้ำภายในบ่อเลี้ยง แต่ในการนำเอากุ้งกุลาดำมาเพาะเลี้ยงในเขตพื้นที่น้ำจืดในระบบความเค็มต่ำนั้น ความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งอยู่ระหว่าง 4-10 ppt หรือ 0 ppt เมื่อทำการจับกุ้ง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำให้กุ้งสามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพของน้ำที่มีค่าความเค็มต่ำ โดยในช่วงที่ลูกกุ้งอยู่ในโรงพักจะลดค่าความเค็มของน้ำจาก 30 ppt เป็น 10 ppt ในระยะเวลา 3-5 วัน และเมื่อลูกกุ้งมีอายุ 12-15 วัน ก็สามารถนำลูกกุ้งจากโรงพักมาเลี้ยงในบ่อเลี้ยงกุ้งได้ อย่างไรก็ตาม ยังมีความจำเป็นต้องให้ลูกกุ้งปรับตัวให้เข้ากับความเค็มของน้ำในระดับต่ำต่อ โดยการปรับตัวลูกกุ้งในคอกที่กั้นในบ่อเลี้ยง หรือบ่ออนุบาลใช้เวลานานประมาณ 45-60 วัน เพื่อให้ลูกกุ้งสามารถเจริญเติบโตในน้ำที่มีความเค็มอยู่ในช่วง 5-8 ppt หรือประมาณ 8-13.5 dS/m (Pongnak, 1999) บ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยทั่วไปมีขนาดประมาณ 3.75 ไร่ ในการอนุบาลลูกกุ้งจะใช้น้ำเค็ม 2 คันรด คิดเป็นน้ำหนักของน้ำเท่ากับ 15 ตัน โดยน้ำมีความเค็ม 60 ppt และผสมกับน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติเพื่อทำให้น้ำในคอกมีความเค็ม ประมาณ 10 ppt และในระหว่างการเลี้ยงในบ่อเลี้ยงจะมีการเติมน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ 5-10 ซม. ต่อวัน เพื่อทดแทนน้ำที่ระเหยออกไป หรือน้ำที่เคลื่อนที่ออกไปทางด้านข้าง และแนวติ่ง โดยรักษาระดับน้ำไว้ที่ 1.3-1.5 ม. การเลี้ยงใช้เวลาประมาณ 100-120 วัน ผลผลิตของกุ้งประมาณ 800 กก. ต่อไร่ต่อครั้ง การเลี้ยงส่วนมากจะเลี้ยงกัน 2 ครั้งต่อปี พื้นที่เฉลี่ยที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงกุ้งประมาณ 6.25 ไร่ โดยผลตอบแทนของการเลี้ยงกุ้งในพื้นที่การเกษตรน้ำจืดที่เคยใช้ในการปลูกข้าวจะสูงกว่าการปลูกข้าวถึง 2.50 เท่า (Flaherty et al., 1999)

เกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้งในบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา บางปะกง ท่าจีน และแม่กลอง ในช่วงฤดูแล้งสามารถนำเอาน้ำกร่อย (brackish water) มาใช้ในการเลี้ยงกุ้งได้เนื่องจากการเคลื่อนที่ของน้ำทะเล (sea water intrusion) ขึ้นไปตามลำน้ำโดยระยะทางของการเคลื่อนที่ของน้ำทะเลขึ้นอยู่กับปริมาณการไหลลงมาของน้ำจืดในลำน้ำ แต่สภาพน้ำกร่อยดังกล่าวจะมีเฉพาะในช่วงฤดูแล้งที่ปริมาณของน้ำจืดที่ไหลมาตามลำน้ำดังกล่าวน้อยลง แต่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำจะเลี้ยงตลอดทั้งปี ดังนั้นเกษตรกรจึงจำเป็นต้องขนน้ำทะเลหรือน้ำจากนาเกลือ หรือ ใช้เกลือเม็ดมาเพิ่มความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (Flaherty and Venderergevs, 1998)

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำทำให้เกิดดินเค็มในบริเวณบ่อเลี้ยงเนื่องจากการสะสมของเกลือที่มากับน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้ง และมีผลต่อพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงโดยการรั่วไหลของน้ำเค็มออกไปปนเปื้อนแหล่งน้ำธรรมชาติ หรือน้ำชลประทานซึ่งใช้ในการปลูกข้าวหรือไม้ผล และมีผลทำให้เกิดการแพร่กระจายของดินเค็ม (Miller et al., 1999) สมศรี และรังสรรค์ (2540) รายงานว่า การเพาะเลี้ยงกุ้งทำให้พื้นที่เกษตรกรรมเกิดสภาพดินเค็มมีระดับความเค็มอยู่ในช่วง 6-20 dS/m นอกจากนี้ยังทำให้เกิดปัญหาสภาพแวดล้อมเสื่อมโทรม การทิ้งตะกอนบ่อกุ้งเข้าไปในเขตชลประทาน การระบายน้ำจากบ่อกุ้งลงไปในลำคลองและคูน้ำ ความขัดแย้งของผู้ใช้น้ำจืดในการกสิกรรมและน้ำในการเลี้ยงกุ้ง

นฤมล และนันทิยา (2541) ศึกษาการแพร่กระจายของความเค็ม และการสะสมของกำมะถันในดิน อันเนื่องมาจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืด ที่อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม โดยเก็บตัวอย่างดิน ตั้งแต่ระยะ 50 ม. จนถึง 150 ม. จากบ่อเลี้ยงกุ้ง และเปรียบเทียบกับตัวอย่างดินที่เก็บจากระยะห่าง 1 กม. จนถึง 2 กม. ผลของการศึกษาพบว่า ดินมีความเค็มสูงขึ้น การแพร่กระจายของความเค็มในช่วงฤดูฝนจะสูงกว่าการแพร่กระจายในช่วงฤดูแล้ง และการเปลี่ยนแปลงของความเค็มจะเห็นเด่นชัดในดินบนในช่วงความลึกระหว่าง 0-50 ซม. และมีการสะสมกำมะถันสูงขึ้น โดยรูปแบบการเพิ่มขึ้นของกำมะถันมีลักษณะใกล้เคียงกับการเพิ่มขึ้นของความเค็มในดิน และการเพิ่มขึ้นของความเค็มของดิน และปริมาณกำมะถันในดินเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับทิศทางกรไหลของน้ำบนผิวดิน

จากการศึกษาผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อคุณภาพน้ำในจังหวัดสุราษฎร์ธานี ของสุทัส และประสิทธิ์ (ไม่ระบุปีที่พิมพ์) พบว่า การเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำอย่างเด่นชัด โดยเฉพาะจะมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณของออร์โทฟอสเฟต (PO_4-P) อย่างเด่นชัด ซึ่งคล้ายกับรายงานผลการศึกษาของชินินทร์ (2536) การเพิ่มขึ้นของออร์โทฟอสเฟตจะมีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำ เนื่องจากฟอสเฟตเป็นอาหารที่สำคัญของแพลงก์ตอน ถ้ามีฟอสเฟตในแหล่งน้ำสูง จะทำให้แพลงก์ตอนเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว คุณภาพของน้ำจะต่ำลง เกิดน้ำเสียขึ้น โดยเฉพาะปริมาณของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (dissolved oxygen) จะลดลงอย่างรวดเร็วและเป็นอันตรายต่อสัตว์น้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงจะมีความเค็มสูงขึ้น (คณะกรรมการศึกษาข้อมูลการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืด 2544)

ได้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีของดินนาชุดบางกอก (Bangkok series) ภายหลังจากนำมาใช้ในการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยเปรียบเทียบกับดินในนาข้าวที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียง นากุ้ง พบว่าสมบัติทางเคมีของดินนาที่นำเอามาใช้ในการเพาะเลี้ยงกุ้งเปลี่ยนไป โดย pH สูงกว่าช่วงที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าว EC เพิ่มมากขึ้น 3.96 เท่า % organic matter ลดลง Na K Ca และ Mg เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะ Na เพิ่ม 21 เท่า ปริมาณของ ฟอสฟอรัส ซัลเฟอร์ ทองแดง และสังกะสีเพิ่มมากขึ้น ส่วนแมงกานีสจะมีปริมาณลดลง (พิภพ และคณะ 2537)

ได้มีการคาดคะเนปริมาณของเกลือต่อการเลี้ยงกุ้งหนึ่งครั้งเท่ากับ 2.7 ตันต่อพื้นที่ 6.25 ไร่ โดยในการเลี้ยงกุ้ง 6.25 ไร่ จะใช้น้ำ 3 คันรถแต่ละคันบรรจุ 15 ตัน น้ำมีความเค็ม 60 ppt และการเลี้ยงกุ้งส่วนมากจะเลี้ยงกุ้ง 2 ครั้งต่อปี ดังนั้นใน 1 ปีจะมีเกลือเข้ามาในพื้นที่เกษตรกรรมเท่ากับ 5.4 ตัน ต่อพื้นที่ 6.25 ไร่ ต่อ ปี

จากปัญหาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืดที่มีผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรม และสภาพแวดล้อมเนื่องจากการใช้ความเค็มสูงที่เกินไป และการจัดการไม่ดี รวมไปถึงไม่มีระบบป้องกันการแพร่กระจายของความเค็ม จึงได้มีการเสนอการเลี้ยงกุ้งในระบบทฤษฎีใหม่ ซึ่งในระบบการเลี้ยงกุ้งแบบนี้จะมีการป้องกันการแพร่กระจายของความเค็มจากบ่อเพาะเลี้ยงกุ้ง โดยมีการใช้คูน้ำ คันดิน ระบบบำบัด

น้ำเสีย บ่อพักน้ำ ใช้ความเค็มที่ลดน้อยลงรวมทั้งลดการใช้น้ำในการเลี้ยงกุ้ง และมีการปลูกพืชในบ่อเลี้ยงกุ้งและคันดิน เพื่อสร้างสมดุลของเกลือ (พยุ่ง และ วิชัย 2544)

ในระบบการเลี้ยงกุ้งแบบปิดนี้ น้ำที่นำมาใช้ในการเลี้ยงกุ้งจะหมุนเวียนใช้ภายในระบบไม่มีการถ่ายน้ำออกจากระบบเพื่อลดผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรม และสภาพแวดล้อม อันเนื่องมาจากความเค็ม ตะกอน และสารอินทรีย์ต่างๆ ในระบบดังกล่าวจะมีบ่อพักน้ำเพื่อเก็บน้ำที่สูบขึ้นมาจากแหล่งน้ำธรรมชาติ โดยทำให้เกิดการตกตะกอนของโคลนก่อนที่จะนำไปใช้ และใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำที่หมุนเวียนใช้ในระบบโดยป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนของโรคกุ้ง โดยขนาดของบ่อพักน้ำจะแตกต่างกันออกไป เนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่ประกอบการ นอกจากการหมุนเวียนใช้น้ำในระบบไม่มีการสูบน้ำออกไปจากระบบ และเลี้ยงในระดับความเค็มต่ำแล้ว ยังมีคูน้ำล้อมรอบพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อดักจับน้ำเค็มที่รั่วไหลออกไปจากระบบ (Miller et al., 1999 และ Flaherty et al., 2000)

สิริ และคณะ (2540) ศึกษาผลของกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิดในบริเวณจังหวัดสุพรรณบุรี เนื้อดินประกอบด้วย Clay ประมาณ 70% silt 20% และ sand 10% ในพื้นที่ 32 ไร่ โดยมีบ่อขนาด 5 ไร่ จำนวน 3 บ่อ และบ่อพักน้ำ 1 บ่อ ใช้น้ำทะเลผสมน้ำให้ได้ความเค็มของน้ำ 8 ppt และลดลงเหลือ 1.8 ppt ในเดือนแรกของการเลี้ยง ภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งจำนวน 2 ครั้ง พบว่า ความเค็มของดินที่กั้นบ่อกุ้ง คันคลอง และนาข้าวข้างเคียงมีค่า เท่ากับ 4.84 4.47 และ 3.6 mmhos/cm ตามลำดับ การเพิ่มขึ้นของความเค็มของดินในนา เนื่องมาจากผลของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ นอกจากนี้การสูบน้ำทิ้งลงไปในแหล่งน้ำธรรมชาติยังเป็นการแพร่เชื้อโรคจากบ่อกุ้งซึ่งจะไปมีผลต่อการเลี้ยงสัตว์น้ำในบริเวณอื่น และผู้ทำการวิจัยได้เสนอให้มีการป้องกันการแพร่กระจายของความเค็มจากบ่อเลี้ยงโดยการขุดคูล้อมรอบบริเวณบ่อกุ้ง โดยให้คูลึกกว่าบ่อกุ้ง 50 ซม. และจากการศึกษาของชะลอ และคณะ (2544) ได้ยืนยันถึงผลของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อการเพิ่มขึ้นของความเค็มของดินกั้นบ่อเลี้ยง และถ้ามีการใช้น้ำที่มีความเค็ม 8-10 ppt ตลอดการเลี้ยงทำให้มีเกลือสะสมอยู่ในดินสูง แต่ถ้ามีการลดค่าความเค็มของน้ำในการเลี้ยงกุ้งก่อนการจับกุ้งให้มีความเค็ม 0-1 ppt จะทำให้ดินกั้นบ่อกุ้งมีค่าความเค็มลดน้อยลง ส่วนดินกั้นคูน้ำที่ล้อมรอบไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของดิน จึงเห็นได้ว่าการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืดเป็นการทำลายทรัพยากรดิน และระบบนิเวศน้ำจืด โดยทำให้เกิดการสะสมเกลือโซเดียมในบริเวณบ่อเพาะพัก บ่ออนุบาล บ่อเลี้ยง บ่อบำบัดและบ่อเก็บเลน (กู่เกียรติ 2544)

จากการศึกษาสมดุลของน้ำ (water balance) ในพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำ ในบริเวณจังหวัดฉะเชิงเทรา ระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึง กรกฎาคม พบว่า ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 ครั้ง จะมีการใช้น้ำ (water input) ตอนเริ่มแรกเท่ากับ 84 ซม. (34%) น้ำที่สูบเข้ามาเพิ่มเติมในระหว่างการเลี้ยงกุ้ง 103 ซม. (41%) น้ำฝน 57 ซม. (23%) และน้ำที่ไหลบ่ามาจากพื้นที่ใกล้เคียง (run off) 3 ซม. (2%) ส่วนปริมาณของน้ำที่ปล่อยออกไปจากบ่อที่เลี้ยงกุ้ง (water output) ประกอบด้วย สูบน้ำทิ้งไป 76 ซม. (31%) รั่วไหลไป (seepage) 57 ซม. (23%) ระเหย 34 ซม. (14%) และ 80 ซม. (33%) ระบายออกเมื่อจับกุ้ง (Braaten and Flaherty, 2000)

และการแพร่กระจายของความเค็มจากบ่อเลี้ยงกุ้งจะเกิดในแนวตั้งมากกว่าในแนวราบ ดังนั้นการเพาะเลี้ยงกุ้งในเขตพื้นน้ำจืดภาคกลางไม่ควรดำเนินการในบริเวณที่รองรับด้วยตะกอนทรายและกรวดที่มีน้ำจืด เพราะความเค็มจากบ่อเลี้ยงกุ้งจะไปมีผลกระทบต่อน้ำใต้ดินที่สามารถนำมาใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค (เกรียงศักดิ์ และคณะ 2544)

U. S. Geological Survey ได้แบ่งคุณภาพของน้ำตามปริมาณของเกลือที่ละลายน้ำได้ (Total Dissolved Solids, TDS) โดยน้ำจืด (Fresh) มีค่า TDS น้อยกว่า 1,000 ppm น้ำเค็มน้อย (Slightly saline) มีค่า TDS อยู่ระหว่าง 1,000-3,000 ppm น้ำเค็มปานกลาง (Moderately saline) ค่า TDS อยู่ระหว่าง 3,000-10,000 ppm น้ำเค็มมาก (Very saline) มีค่า TDS อยู่ระหว่าง 10,000-35,000 ppm ส่วนน้ำทะเล (Brine) จะมีค่า TDS มากกว่า >35,000 ppm โดยในน้ำจืดจะมี bicarbonates และ calcium เป็นองค์ประกอบหลักของเกลือที่ละลาย ส่วนในน้ำทะเลจะมี chloride sodium และ sulphate เป็นองค์ประกอบหลัก หรือสามารถกล่าวได้ว่าน้ำในเขตพื้นที่น้ำจืดจะมีค่าความเค็มน้อยกว่า 1 ppt เขตพื้นที่น้ำกร่อยมีค่าความเค็มของน้ำอยู่ระหว่าง 1 ถึง 34 ppt และเขตพื้นที่น้ำเค็มมีค่าความเค็มของน้ำตั้งแต่ 35 ppt ขึ้นไป (Swenson and Baldwin, 1965)

แต่สำหรับน้ำที่เหมาะสมที่ใช้เพื่อการเกษตรโดยไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อพืชนั้น FAO (1985) ได้กำหนดว่าน้ำควรมีความเค็ม (E_{c_w}) น้อยกว่า 0.7 dS/m (ความเข้มข้นของสารละลายน้อยกว่า 0.42 ppt) มีค่า SAR (Sodium Adsorption Ratio) น้อยกว่า 3 และมีปริมาณของคลอไรด์น้อยกว่า 3 me/l แต่ U. S. Salinity Laboratory (1954) ได้จำแนกน้ำเพื่อการเกษตรไว้ โดย น้ำที่มีค่าการนำไฟฟ้า หรือความเค็มน้อยกว่า 2.25 dS/m ในขณะที่น้ำที่มีความเค็มมากกว่านี้สามารถนำมาใช้ได้แต่จะมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช และจำเป็นต้องมีวิธีการพิเศษในการปรับปรุงดิน หรือวิธีการในการหลีกเลี่ยงการสะสมเกลือในชั้นดิน

การใช้น้ำชลประทานที่มีคุณภาพต่ำทำให้เกิดการสะสมของเกลือในชั้นดินได้ เนื่องจากดินมีการระบายน้ำต่ำหรือมีการให้น้ำในปริมาณที่ไม่เพียงพอในการชะล้างเกลือออกไปจากชั้นดิน (FAO, 1973) ดินเค็มที่เกิดจากการใช้น้ำกร่อย หรือมีน้ำที่มีคุณภาพต่ำในการชลประทานจะเกิดมากในเขตชลประทานที่ไม่มีระบบระบายน้ำ (FAO, 1973 และ Tanji, 1990) การเพิ่มขึ้นของ Na ที่ถูกดูดซับไว้ในดินทำให้โครงสร้างของดินเสียไปโดยทำให้ดินเกิดการฟุ้งกระจาย (clay dispersion) (Abu-Sharon et al., 1987; Shaninbug and Singer, 1985 และ Samanai, 1991) เกิดการสูญเสียอินทรีย์วัตถุสูงกว่าปกติทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Arunin et al., 1994) และเกลือที่อยู่ในระบบรากพืชไปมีผลต่อการดูดน้ำ และธาตุอาหารของพืช (Bernstein and Francois, 1973)

ในการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็มจำเป็นต้องมีการชะล้างเกลือออกไปจากระบบรากพืชในปริมาณที่เพียงพอ โดยปัจจัยที่มีผลในการควบคุมปริมาณของเกลือในชั้นดิน ได้แก่ ปริมาณน้ำชลประทานที่ให้แก่พืชและปริมาณน้ำฝนมากกว่าความสามารถในซาบซึมน้ำของดิน (Karen, 1990) การชะล้างเกลือให้เคลื่อนที่ลึก

ลงไปในพื้นที่ดินสามารถกระทำได้อย่างต่อเนื่องที่มีการให้น้ำ หรือทำเป็นบางครั้งก็ได้ (Rhoades and Loveday, 1990) การให้น้ำก่อนและหลังการปลูกในปริมาณที่มากกว่าปกติจะทำให้ความเค็มของดินลดลง เท่ากับความเค็มของน้ำที่ใช้ไปในการชะล้างเกลือ (Khoshgoftarmansh and Shariatmadari, 2002) ใน ขบวนการการเกิดดินเค็มนั้นจะมีการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินที่เค็มและอยู่ในระดับตื้นขึ้นมาจะเหยบริเวณผิว ดินโดยขบวนการ capillary rise ทำให้เกิดการสะสมของเกลือในบริเวณรากพืช ซึ่งจะไปมีผลกระทบต่อ การเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นในการฟื้นฟูพื้นที่ดินเค็ม ถ้าสามารถป้องกันการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินที่เค็มไม่ให้ ขึ้นมาจะเหยบริเวณผิวดิน และส่งเสริมให้เกิดขบวนการชะล้างเกลือออกไปจากชั้นดินจะทำให้ความเค็ม ของดินลดน้อยลงได้ (FAO, 1992)

ระยะเวลาและสถานที่ดำเนินการ

ระยะเวลาดำเนินการ เริ่มต้นเดือน กรกฎาคม 2542

สิ้นสุดเดือน กรกฎาคม 2544

สถานที่ดำเนินการ

1. โครงการพัฒนาสวนพระองค์ ต.บางแตง อ.บ้านสร้าง จ.ปราจีนบุรี (รูปที่ 1)
2. Site characterization จากแผนที่ดินแบบละเอียดสำรวจโดย ฝ่ายสำรวจดิน สำนักงานพัฒนา ที่ดินเขต 2 (รูปที่ 2) พบว่า ดินในบริเวณบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิด ความเค็มต่ำ เป็นดิน ชุดดินรังสิต (Rs-SICA) ส่วนบริเวณอื่นๆ เป็นชุดดินบางน้ำเปรี้ยว (Bp-acid SICA) ชุดดินฉะเชิงเทรา (Cc-acid SICA) ชุดดินมหาโพธิ์ (Ma-CA) และชุดดินองครักษ์ (Ok-CA) และมีดินถมในบางส่วน ดินเหล่านี้เกิดจากตะกอน น้ำจืดพัดพามาทับถมบนตะกอนน้ำกร่อย เนื้อดินเป็นดินเหนียวมีการระบายน้ำเลว น้ำซึมผ่านได้ช้า ดินมี ปฏิกริยาความเป็นกรด ถึงกรดจัด มีน้ำท่วมขังในฤดูฝน การใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นบ่อเลี้ยง และนาข้าว (ภาคผนวก) แหล่งน้ำธรรมชาติได้แก่ คลองบางแตง และแม่น้ำบางปะกง โดยมีสถานีสูบน้ำเข้ามาในคูน้ำ ซึ่งติดต่อกันตลอดทั้งโครงการพัฒนาสวนพระองค์ฯ ส่วนนาทุ่งของเกษตรกรจะอยู่บริเวณใกล้เคียงโครงการ พัฒนาสวนพระองค์ฯ โดยอยู่ริมคลองบางแตงแต่อยู่บนฝั่งตรงข้ามกัน และบริเวณใกล้แม่น้ำบางปะกงเป็น นาทุ่ง และนาข้าวอุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ในการวิจัย

1. ท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน (Nested piezometer)
2. เครื่องวัดความเค็มของน้ำ (Electrical conductivity meter)
3. ส่วนเก็บตัวอย่างดิน

วิธีการ

จากปัญหา และผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่เกษตรกรรมซึ่งเป็นพื้นที่น้ำจืดต่อการ ผลิตทางการเกษตร และสภาพแวดล้อม จึงได้มีการพัฒนารูปแบบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืดโดย การใช้น้ำหมุนเวียนไม่มีการถ่ายน้ำออกจากระบบเพื่อลดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม อันเนื่องมาจาก

ความเค็ม ตะกอน และสารอินทรีย์ต่างๆ และใช้น้ำในการเลี้ยงกุ้งในระดับความเค็มต่ำสุดที่ไม่มีผลกระทบ ต่ออัตราการรอดและการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาการแพร่กระจายของดินเค็ม และ น้ำเค็มอันเนื่องมาจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยมีการพัฒนาบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำใน บริเวณพื้นที่โครงการพัฒนาส่วนพระองค์บางแตน ประกอบด้วย บ่อพักน้ำ บ่อเลี้ยงปลา P2 และบ่ออนุบาล (NP) ขนาด 51x51 ม. ความลึก 15 ม. และบ่อเลี้ยงกุ้ง P1 และ บ่อเลี้ยงกุ้ง P3 ขนาด 57.5 x 57.5 ม. ลึก 1.5 ม. รอบบริเวณเพาะเลี้ยงมีคูน้ำลึก 2.7 ม. กว้าง 3 ม. หล่อด้วยน้ำจากคลองบางแตนตลอดเวลา โดย ระดับน้ำในคูสูงกว่าระดับน้ำในบ่อ ประมาณ 30 ซม. และระดับกั้นคูน้ำลึกกว่ากั้นบ่อ 60 ซม. คันของคูน้ำที่ ล้อมรอบเป็นคันดินอัดแน่นขนาดความกว้าง 4 ม. (รูปที่ 3) คูน้ำ และคันดินจะใช้ในการป้องกันไม่ให้เกิด การเคลื่อนที่ของน้ำเค็มทั้งน้ำผิวดิน และน้ำใต้ดินจากระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำออกไปยังพื้นที่เกษตรกรรม น้ำจืดที่อยู่ข้างเคียง เนื่องจาก Head ของน้ำในคูที่ล้อมรอบระบบการเลี้ยงกุ้งอยู่จะสูงกว่า Head ของน้ำใน บ่อ และระดับกั้นคูน้ำก็อยู่ต่ำกว่าระดับกั้นบ่อที่ใช้ในการอนุบาลลูกกุ้ง และบ่อเลี้ยงทำให้สามารถดักจับน้ำ ผิวดิน และน้ำใต้ดินในระดับไม่เกิน 2.70 ม. ได้ ส่วนการกำจัดตะกอนภายหลังการจับกุ้งจะนำขึ้นมาตากไว้ ภายในระบบ

ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตพื้นที่น้ำจืดจำเป็นต้องนำเอาน้ำเค็มจากทะเล หรือน้ำจากนาเกลือที่มี ความเข้มข้นของสารละลายเกลือสูง (100-250 ppt) มาใช้ในการปรับตัวของลูกกุ้งในระยะแรก โดยการกั้น คอกด้วยผ้าพลาสติกในบ่ออนุบาลขนาด 10 x10 ตรม. สูง 1 ม. ผสมน้ำเค็มจากนาเกลือกับน้ำจากคลอง บางแตนให้น้ำมีความเค็ม ประมาณ 10 ppt ส่วนน้ำที่อยู่ในบ่อข้างนอกผ้ากั้นจะมีความเค็มเท่ากับ ความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ เมื่อลูกกุ้งมีอายุมากขึ้นจึงลดความเข้มข้นของสารละลายเกลือในคอกลง โดยการตีน้ำที่อยู่ข้างนอกให้เข้าไปผสมกัน จนความเข้มข้นของสารละลายเกลือในน้ำในบ่ออยู่ในระดับต่ำ (2-4 ppt) เมื่อลูกกุ้งอายุประมาณ 60 วัน ขนาดประมาณ 7 กรัม จึงย้ายกุ้งเหล่านี้ไปเลี้ยงในบ่อเลี้ยง บ่อ P1 หรือ บ่อ P3 โดยน้ำที่ใช้เลี้ยงกุ้งจะเป็นน้ำจากบ่ออนุบาล และ น้ำจากคลองบางแตน ซึ่งสูบขึ้นมากักเก็บ ไว้ในบ่อพักน้ำ ความเค็มของน้ำอยู่ระหว่าง 3-5 ppt ส่วนบ่อที่ยังไม่ได้ใช้ในการเลี้ยงกุ้งจะใช้ในการปลูก ข้าว โดยหมุนเวียนสลับกันไประหว่างบ่อเลี้ยง P1 และ บ่อเลี้ยง P3 น้ำที่นำเข้ามาใช้ในระบบการเลี้ยงกุ้ง กุลาดำแบบปิด ความเค็มต่ำจะไม่มีการสูบออกไปจากระบบ (enclosed) แต่จะหมุนเวียนใช้ภายในระบบ โดยมีบ่อพักน้ำ หรือบ่อบำบัดน้ำเป็นที่สำหรับเก็บน้ำที่สูบขึ้นมาจากคลองบางแตน พร้อมทั้งบำบัดน้ำที่ผ่าน การเลี้ยงกุ้งมาแล้วก่อนที่จะมีการนำกลับไปใช้ต่อไป (re-circulating)

การศึกษาผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตพื้นที่น้ำจืดทำโดยการติดตามการเปลี่ยนแปลง ของความเค็มน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และความเค็มของดินในระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบปิด ความเค็มต่ำ และบริเวณใกล้เคียงพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ โดย ผังท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน (nested piezometer) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 5 10 และ 15 ม. โดยทำ การฝังเป็นแนวจากบ่อกุ้งออกมา (transected) จำนวน 4 แนว คือ

แนว L1 ประกอบด้วยท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน จำนวน 6 จุด ได้แก่ L11-L16

แนว L2 ประกอบด้วยท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน จำนวน 4 จุด ได้แก่ L21-L24

แนว L3 ประกอบด้วยท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน จำนวน 5 จุด ได้แก่ L31-L35 โดย ท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L31 อยู่ในบริเวณระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบปิด ความเค็มต่ำ ท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินตั้งแต่ L32-L35 อยู่ในบริเวณพื้นที่ที่มีบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่มีการเลี้ยงแบบเกษตรกร

แนว L4 ประกอบด้วยท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน จำนวน 4 จุด ได้แก่ L41-L44

2. การเก็บข้อมูล

1. ความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ บ่อ P1 บ่อ P2 บ่อ P3 บ่ออนุบาล และคูน้ำรอบระบบ
2. ความเค็มของน้ำในคลองบางแตน และแม่น้ำบางปะกง
3. ความเค็มของน้ำในนาข้าวบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน
4. ความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 5 10 และ 15 ม. จากผิวดิน
5. ความเค็มของดินบริเวณบ่อเลี้ยงกุ้งก่อนที่จะมีการพัฒนาเป็นพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งและปลูกข้าวตามหลัง
6. ความเค็มของตัวอย่างดินในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินภายหลังการเลี้ยงกุ้ง จำนวน 2 ครั้ง

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ ความเค็มของน้ำในนาข้าว ความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ และความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 5 10 และ 15 ม. จากผิวดิน ในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยแบ่งช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำออกเป็น 5 ช่วง ได้แก่ ช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (133 วัน ก่อนการอนุบาลลูกกุ้ง ครั้งที่ 1) และในช่วงเวลาที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 แล้วดำเนินการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำจากจุดสังเกตการณ์ที่ทำการศึกษาในช่วงเวลาดังกล่าว โดยดำเนินการเฉพาะจุดสังเกตการณ์ที่มีข้อมูลเพียงพอเท่านั้น ด้วยการใช้การวิเคราะห์ทางสถิติแบบ One-way analysis of variance ในกรณีที่พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญจะเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วย Duncan's multiple range test

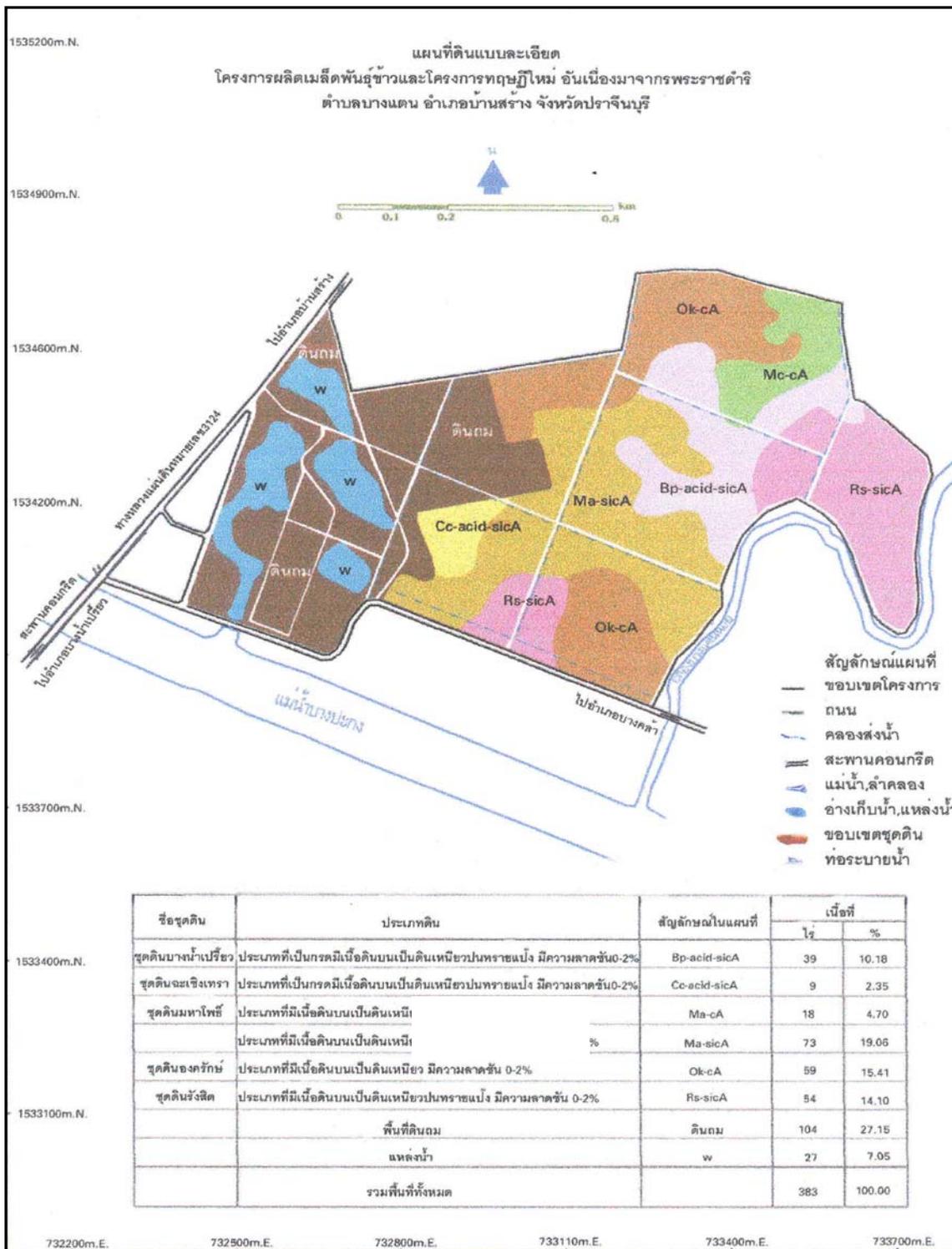
2. ความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำกับความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ ความเค็มของน้ำในนาข้าว และความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 5 10 และ 15 ม. จากผิวดิน โดยการใช้การวิเคราะห์สถิติแบบ Linear correlation analysis

3. การเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ ความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ ความเค็มของน้ำในนาข้าว และความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 5 10 และ 15 ม. จากผิวดิน กับระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ด้วยการใช้การวิเคราะห์สถิติแบบ Linear correlation analysis

4. ผลของระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในนาข้าว โดยการเปรียบเทียบความเค็มของน้ำในนาข้าวในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรในช่วงเวลาที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 และ 3 ด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ One-way analysis of variance ในกรณีที่มีความแตกต่างกันทางสถิติใช้ Duncan's multiple range test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเค็ม

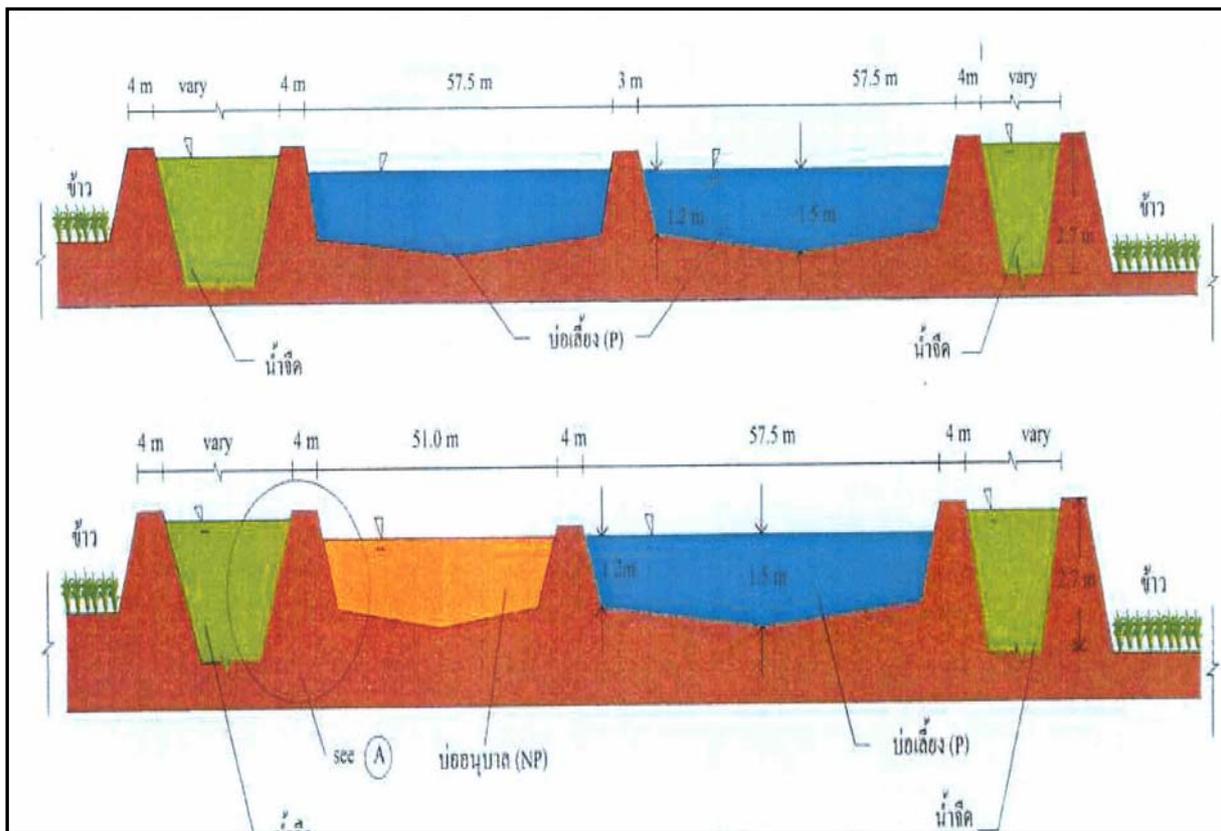
5. ผลของระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 5 10 และ 15 ม. จากผิวดิน ในบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ บริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรในช่วงเวลาที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 ด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ One-way analysis of variance ในกรณีที่มีความแตกต่างกันทางสถิติใช้ Duncan's multiple range test เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเค็ม

6. การเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางเคมีของดินบางประการภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยการเปรียบเทียบสมบัติของดินก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ สมบัติของดินในบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และปลูกข้าวตามหลัง และสมบัติของดินในนาข้าวที่ติดกับพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ



ที่มา : ฝ่ายสำรวจดิน สฟพ 2

รูปที่ 2 แผนที่แสดงชุดดิน และพื้นที่บ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรในบริเวณพื้นที่ศึกษา



ที่มา : บริษัทเจริญโภคภัณฑ์

รูปที่ 3 รูปแบบการเลี้ยงกุ้งในระบบปิด

ผลการวิจัย

การศึกษาผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตพื้นที่น้ำจืดต่อคุณภาพของดินและน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมดำเนินการโดยการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ แบบเกษตรกร รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงของสมบัติของดินบางประการอันเนื่องมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ โดยเริ่มรวบรวมข้อมูลตั้งแต่วันที่ 7 กรกฎาคม 2542 จนถึงวันที่ 11 กรกฎาคม 2544 ผลการศึกษาพบว่า **การเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ**

ความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ ประกอบด้วย ความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ ความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาล ความเค็มของน้ำในบ่อ P1 ความเค็มของน้ำในบ่อ P2 ความเค็มของน้ำในบ่อ P3 ความเค็มของน้ำในคลองบางแตน และ ความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง ซึ่งจากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำดังกล่าวในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 1 2 3 และ 4 (ตารางภาคผนวกที่ 1) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำดังกล่าว (ตารางที่ 1) พบว่า

ความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 เท่ากับ 0.70 1.07 1.13 และ 2.91 dS/m ตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 แตกต่างกับค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 3 2 และ 1 แต่ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 และครั้งที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในคูน้ำในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำทั้ง 4 ครั้ง มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 3.30 dS/m และแตกต่างกันทางสถิติกับค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 และ 3 ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกันสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 1.28 1.40 และ 0.97dS/m ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาล (NP)

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาลในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับ 10.51 dS/m ส่วนค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาลในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 2 3 และ 4 มีค่าความเค็มเฉลี่ยเท่ากับ 5.17 3.68 และ 5.90 dS/m ตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาลในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 พบว่า ความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาลมีความแตกต่างกันอย่างนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาลในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 แตกต่างกับค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาลในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 2 3 และ 4 แต่ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาลในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 2 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ความเค็มของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง P1

บ่อ P1 ในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 1 ใช้ในการปลูกข้าว และเลี้ยงกุ้งกุลาดำในช่วงเวลาเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 2 และปลูกข้าวในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 3 และเลี้ยงกุ้งกุลาดำหนที่ 2 ในช่วงเวลาเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในบ่อ P1 ในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.13 3.43 3.84 และ 4.10 dS/m ตามลำดับ

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำในบ่อ P1 พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ความเค็มของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาทบิม P2

ความเค็มของน้ำในบ่อ P2 มีการถ่ายเทน้ำมาจากบ่อ P1 บ่อ P3 และบ่อพักน้ำ จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 4 ครั้ง พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในบ่อ P2 ในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 2 3 และ 4 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในบ่อ P2 ในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 มีค่าเฉลี่ยของความเค็มสูงสุด เท่ากับ 3.74 dS/m แต่ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในบ่อ P2 ในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 นี้ ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในบ่อ P2 ในช่วงเวลาของการ

เลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 3 และครั้งที่ 2 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในบ่อ เท่ากับ 3.29 และ 3.01 dS/m ตามลำดับ

ส่วนค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในบ่อ P2 ในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 2 และ ครั้งที่ 1 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในบ่อ P2 ในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับ 2.07 dS/m

ความเค็มของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง P3

ความเค็มของน้ำในบ่อ P3 ซึ่งใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 และปลูกข้าวในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 2 แล้วกลับมาเลี้ยงกุ้งกุลาดำในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 3 และปลูกข้าวในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 นั้น จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำในบ่อ P3 ในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 4 ครั้ง พบว่าค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในช่วงเวลาต่างๆ ของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 มีความแตกต่างกันทางสถิติกับค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 2 3 และ 4 แต่ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 2 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในบ่อ P3 ในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 ถึง 4 มีค่าเท่ากับ 5.57 2.52 3.06 และ 3.37 dS/m ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในคลองบางแตน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำในคลองบางแตนในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในคลองบางแตนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยความเค็มของน้ำในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 เท่ากับ 1.28 dS/m ส่วนค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในคลองบางแตนในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 1.53 1.65 และ 2.65 dS/m ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง

จากการติดตามความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง พบว่า ค่าเฉลี่ยของความเค็มของแม่น้ำบางปะกงในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 เท่ากับ 2.53 3.08 2.05 และ 2.89 dS/m ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 (dS/m)

จุดสังเกตการณ์	ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (dS/m)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
บ่อพักน้ำ	0.70 ^b	1.07 ^b	1.13 ^b	2.91 ^a
	8	8	7	8
คูน้ำรอบระบบ	1.28 ^b	1.40 ^b	0.97 ^b	3.30 ^a
	7	8	6	4
บ่ออนุบาล	10.51 ^a	5.17 ^b	3.68 ^b	5.90 ^b
	5	8	4	5
บ่อเลี้ยงกุ้ง P1	3.13	3.43	3.84	4.10
	6	7	7	6
บ่อเลี้ยงปลาทบทีม P2	2.07 ^b	3.01 ^{ab}	3.29 ^a	3.74 ^a
	8	8	7	8
บ่อเลี้ยงกุ้ง P3	5.57 ^a	2.52 ^b	3.06 ^b	3.37 ^b
	8	7	7	6
คลองบางแตน	1.28	1.53	1.65	2.65
	7	8	7	6
แม่น้ำบางปะกง	2.53	3.08	2.05	2.86
	8	8	6	8

0.70^b ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวเดียวกันและมีตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 5 เปอร์เซ็นต์

8 จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในนาข้าวในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 และ 3 (dS/m)

จุด สังเกตการณ์	ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในนาข้าวในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (dS/m)		
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3
L13	1.43	1.41	-
	6	5	
L14	1.60	1.32	-
	7	7	
L15	1.20	1.30	-
	8	7	
L22	2.48	1.31	-
	6	5	
L41	0.95	1.30	1.20
	5	5	4
L43	0.56	0.87	0.74
	8	5	5

0.70^b ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวเดียวกันและมีตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 5 เปอร์เซ็นต์

⁶ จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ

- ไม่มีข้อมูลเพียงพอในการวิเคราะห์ทางสถิติ

การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 ม. จากผิวดิน

การศึกษาผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ระบบปิด ความเค็มต่ำ ต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดิน โดยการวัดค่าความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินที่ทำการติดตั้งไว้ในบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ รวมไปถึงพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกร จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 1 2 3 และ 4 (ตารางภาคผนวกที่ 3 และ ตารางที่ 3) พบว่า

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์ของน้ำใต้ดิน L11

ความเค็มของน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิด ความเค็มต่ำ ก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าความเค็มเฉลี่ยเท่ากับ 2.21 dS/m ส่วนค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 2.54 2.43 3.64 และ 2.49 dS/m ตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาดังกล่าว พบว่าความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาต่างๆ ของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 3 มีความแตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 และ 4

ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 และ 4 นี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L12

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย

ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 4 มีค่าความเค็มเท่ากับ 3.72 dS/m แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 1 ที่มีค่าความเค็มของน้ำใต้ดิน เท่ากับ 3.05 dS/m

ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 2 และ 3 มีค่าเท่ากับ 2.88 และ 2.62 dS/m โดยความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 2 และ 3 ไม่แตกต่างทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1

ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าความเค็มเฉลี่ยเท่ากับ 1.56 dS/m ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L33

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 3.75 7.20 4.39 3.94 และ 5.84 dS/m ตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 4 ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 2 และ ครั้งที่ 3

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L34

ผลการการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินในบริเวณที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกร พบว่าความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย

ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 มีค่าความเค็มสูงสุดเท่ากับ 5.45 dS/m แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 และ 3 ซึ่งมีค่าความเค็มของน้ำใต้ดินเท่ากับ 5.44 และ 5.01 dS/m

ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 2 มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 3.79 dS/m แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 3

ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าความเค็มเฉลี่ยเท่ากับ 2.00 dS/m และมีความแตกต่างทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L35

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 5.70 5.31 4.20 5.40 และ 7.24 dS/m ตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 พบว่าความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L44

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 2.59 1.45 1.59 2.28 และ 2.54 dS/m ตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาต่าง ๆ ของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย

ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 และครั้งที่ 3 แต่แตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 ม. จากผิวดิน จากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินที่ติดตั้งไว้ในพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรรมในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 (dS/m)

จุดสังเกตการณ์	ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในช่วงเวลาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (dS/m)				
	ก่อนการเลี้ยง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
L11	2.21 ^b	2.54 ^b	2.43 ^b	3.64 ^a	2.49 ^b
	4	9	8	7	8
L12	1.56 ^c	3.05 ^{ab}	2.88 ^b	2.62 ^b	3.72 ^a
	4	9	8	7	8
L13	2.79 ^{ab}	1.99 ^c	1.99 ^c	2.16 ^{bc}	2.99 ^a
	4	9	8	7	8
L14	0.86	1.43	1.41	1.31	1.84
	4	9	8	7	8
L15	2.47 ^b	2.19 ^b	2.53 ^b	2.51 ^b	4.60 ^a
	4	9	8	7	8
L16	2.59	4.18	2.66	3.20	3.70
	4	9	8	7	8
L21	1.19 ^c	2.13 ^b	1.99 ^b	2.76 ^a	2.55 ^{ab}
	4	9	8	7	6
L22	2.85 ^d	4.45 ^{bc}	3.42 ^{cd}	4.85 ^{ab}	5.80 ^a
	4	9	8	7	6
L23	1.69	1.22	1.40	1.31	1.44
	4	9	8	7	6
L24	1.77 ^c	1.29 ^d	1.58 ^{cd}	2.38 ^b	2.85 ^a
	4	9	8	7	8
L31	3.72	4.06	3.53	4.99	4.71
	4	9	8	7	8
L32	2.92	2.24	2.13	2.30	3.17
	4	9	8	7	8
L33	3.75 ^b	7.20 ^a	4.39 ^b	3.94 ^b	5.84 ^{ab}
	4	9	8	7	8

จุด สังเกตการณ์	ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในช่วงเวลาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (dS/m)				
	ก่อนการเลี้ยง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
L34	2.00 ^c	5.44 ^a	3.79 ^b	5.01 ^{ab}	5.45 ^a
	4	9	8	7	8
L35	5.70 ^{ab}	5.31 ^{ab}	4.20 ^b	5.40 ^{ab}	7.24 ^a
	4	9	8	7	8
L41	3.65	3.97	3.03	4.05	4.68
	4	9	8	7	8
L42	3.55 ^b	5.70 ^a	4.04 ^{ab}	5.53 ^a	4.12 ^{ab}
	4	9	8	7	8
L43	3.17	2.56	2.63	2.65	3.33
	4	9	8	7	8
L44	2.59 ^a	1.45 ^b	1.59 ^b	2.28 ^a	2.54 ^a
	4	9	8	7	8

1.44^b ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวเดียวกันและมีตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 5 เปอร์เซ็นต์

8 จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ

การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 5 ม. จากผิวดิน

การศึกษาผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ระบบปิด ความเค็มต่ำ ต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินโดยการวัดค่าความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินที่ทำการติดตั้งไว้ในบริเวณที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ (L31) และบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ติดกับพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ระบบปิด ความเค็มต่ำ (L11 L12 L13 L14 L15 L16 L21 L22 L23 L24 L41 L42 L43 L44) รวมไปถึงบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกร (L32 L33 L34 L35) จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 4) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดิน (ตารางที่ 4) พบว่า

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์ของน้ำใต้ดิน L11

ความเค็มของน้ำใต้ดินในบริเวณที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ ในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าความเค็มเฉลี่ยเท่ากับ 2.37 dS/m แต่ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 7.67 5.10 6.40 และ 7.27 dS/m ตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดิน พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดย

ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 4 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในขณะที่ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 3 และ ครั้งที่ 2 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่แตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L12

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย

ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 4 3 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่จะแตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยมีค่าความเค็มเฉลี่ยเท่ากับ 8.68 8.64 7.40 และ 6.76 dS/m ตามลำดับ ในขณะที่ค่าความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าความเค็มเฉลี่ยเท่ากับ 3.54 dS/m

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L13

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย ค่าเฉลี่ยของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 4.31 dS/m แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำใน ครั้งที่ 4 และ ครั้งที่ 3 ซึ่งมีค่าความเค็มเฉลี่ยเท่ากับ 3.76 และ 3.65 dS/m ตามลำดับ

ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 3 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 2 และความเค็มของน้ำใต้ดินก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าเท่ากับ 3.21 และ 2.35 dS/m ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในทั้งสองช่วงเวลา พบว่าความเค็มของน้ำใต้ดินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L14

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดิน พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 7.21 dS/m และแตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 และ 3

ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 และ 3 มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.28 3.71 และ 3.63 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินนี้ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.41 dS/m มีความแตกต่างกันทางสถิติ กับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L15

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 2.92 6.64 5.06 5.88 และ 7.19 dS/m ตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดิน พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 3

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L22

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย

ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 มีค่าความเค็มเท่ากับ 7.75 dS/m แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 และ ครั้งที่ 3 ซึ่งมีค่าความเค็มของน้ำใต้ดิน เท่ากับ 7.40 และ 6.29 dS/m ตามลำดับ

ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 2 มีค่าเท่ากับ 4.93 dS/m เมื่อทำการเปรียบเทียบทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 3 พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าความเค็มเฉลี่ยเท่ากับ 3.53 dS/m ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 2

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L23

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 4.61 6.87 6.07 7.55 และ 7.90 dS/m ตามลำดับ

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาต่างๆ ของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดย

ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 3 1 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 2

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L24

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย

ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 6.48 6.34 7.06 และ 8.53 dS/m เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยดังกล่าวทางสถิติ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดย

ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าความเค็มเฉลี่ยเท่ากับ 3.49 dS/m ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบกับค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 4 ครั้ง พบว่าค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L31

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 2.84 7.36 5.40 6.56 และ 7.76 dS/m ตามลำดับ

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดิน พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดย

ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 1 และ 3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 3 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีความแตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L32

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินบริเวณที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกร พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดย ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 มีความเค็มสูงสุดเท่ากับ 3.73 dS/m แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 3 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินเท่ากับ 3.45 dS/m

ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 และ 2 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกัน โดยมีค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินเท่ากับ 2.50 และ 2.78 dS/m ตามลำดับ โดยความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าความเค็มเฉลี่ยเท่ากับ 1.37 dS/m แตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L33

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.61 dS/m ส่วนค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 9.85 6.29 7.35 และ 10.60 dS/m ตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดิน พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย

ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 และ 1 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 3 ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 2

ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแตกต่างกันทางสถิติกับค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L34

ผลการการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินที่อยู่ในบริเวณที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกร พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดย ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 มีค่าความเค็มสูงสุดเท่ากับ 10.35 dS/m แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 และ 3 ซึ่งมีค่าความเค็มของน้ำใต้ดินเท่ากับ 9.85 7.87 และ 7.82 dS/m ตามลำดับ

ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าต่ำสุด เท่ากับ 5.59 dS/m แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 3 และครั้งที่ 2

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L35

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 3.32 8.98 6.03 7.31 และ 8.89 dS/m ตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดย ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 4 3 และ 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกัน ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 2 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L41

ผลการการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดิน พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับ 12.79 dS/m แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดิน เท่ากับ 11.49 dS/m

ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 3 มีค่าเท่ากับ 9.34 dS/m และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าความเค็มของน้ำใต้ดินก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 และ ครั้งที่ 2 มี

กันทางสถิติ แต่จะแตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่
2

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 5 ม. จากผิวดิน จากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินที่ติดตั้งไว้ในพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 (dS/m)

จุดสังเกตการณ์	ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (dS/m)				
	ก่อนการเลี้ยง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
L11	2.37 ^c	7.67 ^a	5.10 ^b	6.40 ^{ab}	7.27 ^a
	4	9	8	7	8
L12	3.54 ^b	8.68 ^a	6.76 ^a	7.40 ^a	8.64 ^a
	4	9	8	7	8
L13	2.35 ^c	4.31 ^a	3.21 ^{bc}	3.65 ^{ab}	3.76 ^{ab}
	4	9	8	7	8
L14	1.41 ^c	4.28 ^b	3.71 ^b	3.63 ^b	7.21 ^a
	4	9	8	7	8
L15	2.92 ^c	6.64 ^{ab}	5.06 ^b	5.88 ^{ab}	7.19 ^a
	4	9	8	7	8
L16	2.03 ^c	7.48 ^a	4.80 ^b	6.51 ^{ab}	8.10 ^a
	4	9	8	7	8
L21	2.79 ^c	8.17 ^a	5.22 ^b	7.51 ^a	8.29 ^a
	4	9	8	7	6
L22	3.53 ^c	7.40 ^a	4.93 ^{bc}	6.29 ^{ab}	7.75 ^a
	4	9	8	7	6
L23	4.61 ^b	6.87 ^a	6.07 ^{ab}	7.55 ^a	7.90 ^a
	4	9	8	7	6
L24	3.49 ^b	6.48 ^a	6.34 ^a	7.06 ^a	8.53 ^a
	4	9	8	7	8
L31	2.84 ^c	7.36 ^{ab}	5.40 ^b	6.56 ^{ab}	7.76 ^a
	4	9	8	7	8
L32	1.37 ^c	2.53 ^b	2.78 ^b	3.45 ^a	3.73 ^a
	4	9	8	7	8
L33	2.61 ^c	9.85 ^a	6.29 ^b	7.35 ^b	10.60 ^a
	4	9	8	7	8

จุด สังเกตการณ์	ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (dS/m)				
	ก่อนการเลี้ยง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
L34	5.59 ^b	9.85 ^a	7.87 ^{ab}	7.82 ^{ab}	10.35 ^a
	4	9	8	7	8
L35	3.32 ^b	8.98 ^a	6.03 ^{ab}	7.31 ^a	8.89 ^a
	4	9	8	7	8
L41	11.49 ^{ab}	12.79 ^a	7.40 ^c	9.34 ^{bc}	8.79 ^c
	4	9	8	7	8
L42	2.81 ^d	8.63 ^{ab}	6.32 ^c	6.79 ^{bc}	9.06 ^a
	4	9	8	7	8
L43	2.72	1.20	2.42	2.62	2.28
	4	9	8	7	8
L44	5.49 ^a	4.96 ^a	3.22 ^b	5.02 ^a	5.01 ^a
	4	9	8	7	8

1.44^b ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวเดียวกันและมีตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 5 เปอร์เซ็นต์

8 จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ

การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 10 ม. จากผิวดิน

การศึกษามลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ระบบปิด ความเค็มต่ำ ต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดิน โดยการวัดค่าความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินที่ทำการติดตั้งไว้ในบริเวณที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ (L31) และบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม (L11 L16 L23 L44) รวมไปถึงบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกร (L32 และ L35) จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จำนวน 4 ครั้ง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 5) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (ตารางที่ 5) พบว่า

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์ของน้ำใต้ดิน L11

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินจากบริเวณที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าเท่ากับ 4.54 dS/m แต่ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 12.17 9.20 10.04 และ 9.45 dS/m ตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำทั้ง 4 ครั้ง พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่จะแตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L16

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย

ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่จะแตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 10.96 12.38 10.38 และ 9.76 dS/m ตามลำดับ ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าเท่ากับ 3.09 dS/m

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L23

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 5.19 14.16 11.29 9.92 และ 8.76 dS/m ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L35

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 8.67 7.66 9.90 และ 10.46 dS/m ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลา ก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าเท่ากับ 3.39 dS/m

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่จะแตกต่างทางสถิติกับค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลา ก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L44

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลา ก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 3.84 8.51 6.06 8.90 และ 9.41 dS/m ตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลา ก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 3 และ 1 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 2 และค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลา ก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 10 ม. จากผิวดิน จากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินที่ติดตั้งไว้ในพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 (dS/m)

จุดสังเกตการณ์	ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (dS/m)				
	ก่อนการเลี้ยง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
L11	4.54 ^b	12.17 ^a	9.20 ^a	10.04 ^a	9.45 ^a
	4	9	8	7	8
L16	3.09 ^b	10.96 ^a	12.38 ^a	10.38 ^a	9.76 ^a
	4	9	8	7	8
L23	5.19 ^c	14.16 ^a	11.29 ^{ab}	9.92 ^b	8.76 ^{bc}
	4	9	8	7	8
L31	4.20 ^b	11.07 ^a	9.14 ^a	8.82 ^a	10.67 ^a
	4	9	8	7	8
L32	1.47 ^c	6.68 ^a	4.74 ^b	5.25 ^b	5.97 ^{ab}
	4	9	8	7	8
L35	3.39 ^b	8.67 ^a	7.66 ^a	9.90 ^a	10.46 ^a
	4	9	8	7	8
L44	3.84 ^b	8.51 ^{ab}	6.06 ^b	8.90 ^a	9.41 ^a
	4	9	8	7	8

4.54^b ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวเดียวกันและมีตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 5 เปอร์เซ็นต์

8 จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ

การเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 15 ม. จากผิวดิน

การศึกษาผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ระบบปิด ความเค็มต่ำ ต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดิน โดยการวัดค่าความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินที่ทำการติดตั้งไว้ในบริเวณที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ (L31) และบริเวณพื้นที่เกษตรกรรม (L16 L23 L44) รวมไปถึงบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรรม (L32 และ L35) จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำใต้ดินในระหว่างการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จำนวน 4 ครั้ง โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดิน (ตารางภาคผนวกที่ 6) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (ตารางที่ 6) พบว่า

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L16

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 พบว่าความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาต่างๆ ของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 10.99 11.78 10.80 และ 10.89 dS/m ตามลำดับ และไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ แต่จะแตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดิน เท่ากับ 2.60 dS/m

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L23

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 พบว่าความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 ไม่มี ความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 12.45 10.70 11.07 และ 9.59 dS/m ตามลำดับ

ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 dS/m ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติกับค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L31

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 4.42 12.32 10.07 10.13 และ 10.88 dS/m ตามลำดับ

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดิน พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดย

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในระยะเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในระยะเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำนี้แตกต่างกันทางสถิติกับค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในชวงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L32

ผลการการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินจากบริเวณที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกร พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดย

ความเค็มของน้ำใต้ดินในระยะเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 2 มีค่าความเค็มสูงสุดเท่ากับ 7.34 dS/m แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในระยะเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 และครั้งที่ 3 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินเท่ากับ 4.79 และ 4.52 dS/m

ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินในชวงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 2.09 dS/m ค่าเฉลี่ยของความเค็มในชวงเวลานี้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในระยะเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 3 และ 1 โดยค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในระยะเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 มีค่าเท่ากับ 3.05 dS/m

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L35

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในชวงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำใต้ดินในระยะเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 6.00 18.19 11.59 11.78 และ 13.35 dS/m ตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินในชวงเวลาต่างๆ ของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในระยะเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในระยะเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในระยะเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 4 3 และ 2 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่จะแตกต่างกันทางสถิติกับค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L44

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าเท่ากับ 4.63 11.76 8.72 10.14 และ 11.04 dS/m ตามลำดับ

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่จะแตกต่างทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 15 ม. จากผิวดิน จากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินที่ติดตั้งไว้ในพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4 (dS/m)

จุดสังเกตการณ์	ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (dS/m)				
	ก่อนการเลี้ยง	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4
L16	2.60 ^b	10.99 ^a	11.78 ^a	10.80 ^a	10.89 ^a
	4	9	8	7	8
L23	4.56 ^b	12.45 ^a	10.70 ^a	11.07 ^a	9.59 ^a
	4	9	8	7	8
L31	4.42 ^b	12.32 ^a	10.07 ^a	10.13 ^a	10.88 ^a
	4	9	8	7	8
L32	2.09 ^b	3.05 ^b	7.34 ^a	4.52 ^{ab}	4.79 ^{ab}
	4	9	8	7	8
L35	6.00 ^c	18.19 ^a	11.59 ^b	11.78 ^b	13.35 ^{ab}
	4	9	8	7	8
L44	4.63 ^b	11.76 ^a	8.72 ^a	10.14 ^a	11.04 ^a
	4	9	8	7	8

1.44^b ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวเดียวกันและมีตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 5 เปอร์เซ็นต์

8 จำนวนข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติ

ความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ กับ ความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ และพื้นที่เกษตรกรรม

การศึกษาความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ระบบปิด ความเค็มต่ำ ซึ่งประกอบด้วย ความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ ความเค็มของน้ำในคูรอบระบบการเลี้ยงกุ้ง ความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาล ความเค็มของน้ำในบ่อ P1 ความเค็มของน้ำในบ่อ P2 และความเค็มของน้ำในบ่อ P3 กับความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ และความเค็มของน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งประกอบด้วย ความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง ความเค็มของน้ำในคลองบางเตน และความเค็มของน้ำในนาข้าวในบริเวณโครงการสวนพระองค์บางเตน โดยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรสองตัว (Correlation analysis) จากค่าสหสัมพันธ์เชิงเส้นสามารถบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรทั้ง 2 ตัว ว่ามีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นต่อกันหรือไม่ และความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นไปในทิศทางเดียวกัน หรือตรงกันข้ามกัน รวมไปถึงขนาดของความสัมพันธ์ด้วย หากความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ และพื้นที่เกษตรกรรมมีความสัมพันธ์ทางสถิติกับความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และทิศทางของความสัมพันธ์เป็นไปในทางเดียว และมีขนาดของความสัมพันธ์สูง ก็อาจจะแสดงได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ และพื้นที่เกษตรกรรมนั้นเป็นผลมาจากความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ระบบปิด ความเค็มต่ำ ซึ่งจากการศึกษาพบว่า

ความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ

ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำนั้น ความเค็มของน้ำที่อาจจะมีผลต่อการเกิด และการแพร่กระจายของน้ำเค็ม และดินเค็มในแหล่งน้ำธรรมชาติ และพื้นที่เกษตรกรรม ประกอบด้วย ความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ ความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาล ความเค็มของน้ำในบ่อ P1 ความเค็มของน้ำในบ่อ P2 และ ความเค็มของน้ำในบ่อ P3 ซึ่งจากการศึกษาหาความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำดังกล่าวด้วย Correlation analysis (ตารางที่ 7) พบว่า

ความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ

ความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำมีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ โดยมีค่าสหสัมพันธ์ในเชิงเส้นในระดับปานกลาง เท่ากับ .65 นอกจากนี้ความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำยังมีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับความเค็มของน้ำในบ่อ P2 โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .41

ส่วนความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำไม่มีความสัมพันธ์กับความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาล ความเค็มของน้ำในบ่อ P1 และความเค็มของน้ำในบ่อ P3 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติ เท่ากับ -.19 .28 และ -.28 ตามลำดับ

ในส่วนของคุณสัมพันธ์ของความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำกับความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ พบว่า มีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความเค็มของน้ำในคลองบางแตน โดยมีค่าสหสัมพันธ์เชิงเส้นในระดับปานกลาง เท่ากับ .64 แต่ความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำไม่มีความสัมพันธ์กับความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง ซึ่งมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .30

ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ

ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับ ความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาล ความเค็มของน้ำในบ่อ P1 และความเค็มของน้ำในบ่อ P3 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ เท่ากับ .20 .11 และ .21 ตามลำดับ แต่ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบมีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ และมีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับความเค็มของน้ำในบ่อ P2 โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .65 และ .40 ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบกับความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ พบว่า มีความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบกับความเค็มของน้ำในคลองบางแตนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .48 แต่ไม่พบความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบกับความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง

ความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาล

ความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ ความเค็มของน้ำในบ่อ P1 และความเค็มของน้ำในบ่อ P3 ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาล โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติ เท่ากับ -.19 .20 -.05 และ .38 ตามลำดับ

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาลกับความเค็มของน้ำในบ่อ P2 พบว่า ความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาลมีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความเค็มของน้ำในบ่อ P2 แต่ความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามกัน โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติเท่ากับ -.54

ส่วนความสัมพันธ์ในเชิงเส้นของความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาลกับความเค็มของน้ำในจุดสังเกตการณ์ในแหล่งน้ำธรรมชาติ พบว่า ความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาลไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง และคลองบางแตน โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติ เท่ากับ .14 และ .01 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในบ่อ P1

ในส่วนของคุณสัมพันธ์ทางสถิติความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำกับความเค็มของน้ำในบ่อ P1 พบว่า ความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ซึ่งประกอบด้วย ความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ ความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาล และความเค็มของน้ำในบ่อ P2 ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับความเค็มของน้ำในบ่อ P1 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ เท่ากับ .28 .11 -.05 และ .38

ตามลำดับ แต่ความเค็มของน้ำในบ่อ P1 มีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับความเค็มของน้ำในบ่อ P3 โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .41

ส่วนความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปร 2 ตัวระหว่างความเค็มของน้ำในบ่อ P1 กับ ความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง และความเค็มของน้ำในคลองบางแตน พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กับความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง และความเค็มของน้ำในคลองบางแตน โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติ เท่ากับ .19 และ .18 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในบ่อ P2

ความเค็มของน้ำในบ่อ P2 มีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ และความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ โดยลักษณะของความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับความเค็มของน้ำในบ่อ P2 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติเท่ากับ .41 และ .40 ตามลำดับ

ส่วนความเค็มของน้ำในบ่อ P2 มีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาล แต่ความสัมพันธ์ดังกล่าว จะเป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามกับความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาล โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติเท่ากับ -.54

ความสัมพันธ์ของความเค็มของน้ำในบ่อ P2 กับ ความเค็มของน้ำในบ่อ P1 และ ความเค็มของน้ำในบ่อ P3 พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติเท่ากับ .36 และ -.12 ตามลำดับ

นอกจากนี้ความเค็มของน้ำในบ่อ P2 มีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง และความเค็มของน้ำในคลองบางแตน โดยมีขนาดของความสัมพันธ์ในระดับปานกลาง และมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติ เท่ากับ .41 และ .45 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในบ่อ P3

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำในบ่อ P3 กับความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ พบว่า ความเค็มของน้ำในบ่อ P3 ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ ความเค็มของน้ำในบ่อ P1 ความเค็มของน้ำในบ่อ P2 ความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง และความเค็มของน้ำในคลองบางแตน โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติเท่ากับ -.28 .21 .38 -.12 .08 และ .15 ตามลำดับ

ส่วนความเค็มของน้ำในบ่อ P3 มีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับความเค็มของน้ำในบ่อ P1 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติเท่ากับ .41

ความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง

จากการศึกษาความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ระบบปิดความเค็มต่ำกับความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง พบว่า ความเค็มของน้ำในบ่อ P2 เท่านั้นที่มีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทาง

สถิติเท่ากับ .41 ส่วนความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ ความเค็มของน้ำในบ่อ P1 ความเค็มของน้ำในบ่อ P3 ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติเท่ากับ .30 .31 .14 .19 และ .08 ตามลำดับ

ส่วนการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกงมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในคลองบางแตน มีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติเท่ากับ .79

ความเค็มของน้ำในคลองบางแตน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำในคลองบางแตนกับความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่า ความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำมีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความเค็มของน้ำในคลองบางแตน โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติเท่ากับ .64

ส่วนความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ และความเค็มของน้ำในบ่อ P2 มีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับความเค็มของน้ำในคลองบางแตน โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .48 และ .45 ตามลำดับ โดยนความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาล ความเค็มของน้ำในบ่อ P1 และความเค็มของน้ำในบ่อ P3 พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับความเค็มของน้ำในคลองบางแตน โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติเท่ากับ .01 .18 และ .15 ตามลำดับ

ตารางที่ 7 ความสัมพันธ์ของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ กับความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ

จุดสังเกตการณ์	บ่อพักน้ำ	คูน้ำรอบระบบ	บ่ออนุบาล	บ่อ P1	บ่อ P2	บ่อ P3	แม่น้ำบางปะกง	คลองบางแตน
บ่อพักน้ำ	1	.65**	-.19	.28	.41*	-.28	.30	.64**
	33	26	24	27	32	29	32	29
คูน้ำรอบระบบ		1	.20	.11	.40*	.21	.31	.48*
		26	18	23	26	24	25	24
บ่ออนุบาล			1	-.05	-.54**	.38	.14	.01
			24	20	23	21	23	21
บ่อ P1				1	.36	.41*	.19	.18
				27	27	25	26	26
บ่อ P2					1	-.12	.41*	.45*
					32	29	31	29
บ่อ P3						1	.08	.15
						29	28	26
แม่น้ำบางปะกง							1	.79**
							32	28
คลองบางแตน								1
								29

** Correlation is significant at the 0.01 level 2-tailed

* Correlation is significant at the 0.05 level 2-tailed

32 จำนวนข้อมูล

ความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ กับความเค็มของน้ำในนาข้าว

จากการศึกษาสหสัมพันธ์เชิงเส้นของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ ซึ่งประกอบด้วย ความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ ความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาล ความเค็มของน้ำในบ่อ P1 ความเค็มของน้ำในบ่อ P2 ความเค็มของน้ำในบ่อ P3 และความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติที่อยู่ใกล้เคียงซึ่งประกอบด้วยความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง และความเค็มของน้ำในคลองบางแตง กับความเค็มของน้ำในนาข้าวในโครงการพัฒนาส่วนพระองค์บางแตงที่วัดค่าความเค็มของน้ำจากนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงที่สังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L13 L14 L15 L22 L23 L41 และ L43 (ตารางที่ 8) พบว่า

ความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ

จากการศึกษาสหสัมพันธ์เชิงเส้นของความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำกับความเค็มของน้ำในนาข้าวในพื้นที่เกษตรกรรม พบว่า ความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำไม่มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นกับความเค็มของน้ำในนาข้าวในบริเวณที่สังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L13 L14 L15 L22 L23 L41 และ L43 โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .16 -.03 .14 -.41 .42 .33 และ .28 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ

จากการความสัมพันธ์ทางสถิติโดยการใช้ Correlation analysis พบว่า ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติกับความเค็มของน้ำในนาข้าวในบริเวณที่สังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L13 L14 และ L15 โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .72 .65 และ .75 ตามลำดับ ส่วนความเค็มของน้ำในนาข้าวในบริเวณที่สังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L22 L23 L41 และ L43 ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .56 .51 .45 และ -.21 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาล

ความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาลไม่มีความสัมพันธ์กับความเค็มของน้ำในนาข้าวในบริเวณที่อยู่ใกล้เคียงที่สังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L13 L14 L15 L22 L23 L41 และ L43 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติเท่ากับ -.21 -.12 -.10 .34 -.20 -.23 และ -.27 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในบ่อ P1

จากการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นของความเค็มของน้ำในบ่อ P1 กับความเค็มของน้ำในนาข้าวในบริเวณที่สังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L13 L14 L15 L22 L23 L24 และ L43 ไม่พบความสัมพันธ์เชิงเส้นของความเค็มของน้ำในบ่อ P1 กับความเค็มของน้ำในนาข้าวในบริเวณที่สังเกตการณ์ดังกล่าว โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .59 .13 .30 .39 .42 และ .21 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในนาข้าวในบริเวณที่สังเกตการณ์ L41 มีความสัมพันธ์เชิงเส้นของความเค็มของน้ำในบ่อ P1 อย่างมีนัยสำคัญ โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .65

ความเค็มของน้ำในบ่อ P2

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างความเค็มของน้ำในบ่อ P2 กับความเค็มของน้ำในนาข้าวในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L13 L14 L15 L22 L23 L41 และ L43 พบว่า ความเค็มของน้ำในนาข้าวในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L13 L14 L23 และ L43 มีความสัมพันธ์เชิงเส้นต่อกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยมีขนาดของความสัมพันธ์ทางสถิติเท่ากับ .62 .60 .72 และ .51 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในนาข้าวในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L15 และ L41 มีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความเค็มของน้ำในบ่อ P2 โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .60 และ .64 ตามลำดับ

ส่วนความเค็มของน้ำในนาข้าวในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L22 ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับความเค็มของน้ำในบ่อ P2 โดยค่า Correlation coefficient เท่ากับ .33

ความเค็มของน้ำในบ่อ P3

จากการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นของความเค็มของน้ำในบ่อ P3 กับความเค็มของน้ำในนาข้าวในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินที่ทำการศึกษทั้งหมด พบว่า ความเค็มของน้ำในบ่อ P3 ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับความเค็มของน้ำในนาข้าวบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L13 L14 L15 L22 L23 L41 และ L43 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ เท่ากับ .54 .27 .30 .48 .33 .15 และ -.10 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง

ความเค็มของน้ำในนาข้าวในทุกๆ จุดที่ทำการศึกษายกเว้นน้ำในนาข้าวบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L43 มีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติเท่ากับ .73 .78 .81 .68 .91 และ .68 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในคลองบางแตน

ความเค็มของน้ำในนาข้าวบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L13 L14 L15 L22 L23 L41 และ L43 มีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความเค็มของน้ำในคลองบางแตน โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติเท่ากับ .78 .90 .87 .69 .90 .63 และ .67 ตามลำดับ

ตารางที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และ ความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ กับความเค็มของน้ำในนาข้าวบริเวณใกล้เคียงที่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน

จุดสังเกตการณ์	บ่อพักน้ำ	คูน้ำรอบระบบ	บ่ออนุบาล	บ่อ P1	บ่อ P2	บ่อ P3	แม่ น้ำบางปะกง	คลองบางแตน
L13	.16	.72**	-.21	.59	.62*	.54	.73**	.78**
	14	12	11	11	13	12	14	12
L14	-.03	.65**	-.12	.13	.60*	.27	.78**	.90**
	17	15	14	13	16	15	17	15
L15	.14	.75**	-.10	.30	.60**	.30	.81**	.87**
	20	18	17	16	19	18	19	18
L22	-.41	.56	.34	.39	.33	.48	.68**	.69*
	14	12	11	10	13	13	13	12
L23	.42	.51	-.20	.42	.72*	.33	.91**	.90**
	12	9	8	9	11	11	12	10
L41	.33	.45	-.23	.65*	.64**	.15	.68**	.63*
	16	14	14	14	15	14	16	15
L43	.28	-.21	-.22	.21	.51*	-.10	.38	.67**
	24	21	17	21	23	22	23	22

* Correlation is significant at the 0.05 level 2-tailed

** Correlation is significant at the 0.01 level 2-tailed

24 จำนวนข้อมูล

ความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำและความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ กับความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 ม. จากผิวดิน

จากการศึกษาความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ ต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดิน จากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L12 L13 L14 L15 L16 L21 L22 L23 L31 L41 L42 L43 และ L44 โดยการหาความสัมพันธ์ทางสถิติของค่าความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำกับความเค็มของน้ำใต้ดิน จากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินที่ได้ทำการติดตั้งไว้ในบริเวณที่คาดว่าจะได้รับผลกระทบจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ ในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 4 ครั้ง (ตารางที่ 9) ผลของการศึกษา พบว่า

ความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ

ความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำมีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L12 L13 L22 และ L44 โดยมีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ .34 .35 .42 และ .40 ตามลำดับ

ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L14 L15 L16 L21 L23 L31 L41 L42 และ L43 ไม่มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นกับความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ โดยมีขนาดของความสัมพันธ์เท่ากับ .09 .19 .33 .01 .17 .23 .16 .20 -.19 และ .31 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ

ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L12 และ L15 และมีความความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L14 และ L42 โดยมีขนาด และทิศทางของความสัมพันธ์เท่ากับ .60 .51 .46 และ -.39 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L13 L16 L21 L22 L23 L31 L41 L43 และ L44 ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ โดยมีค่าความสัมพันธ์เท่ากับ -.30 .36 .18 -.08 .12 .39 .06 -.06 .35 และ .14 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาล

ความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาลไม่มีความสัมพันธ์กับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินที่ทำการศึกษาซึ่งประกอบด้วย L11 L12 L13 L14 L15 L21 L22 L23 L31 L41 L42 L43 และ L44 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติเท่ากับ -.17 -.17 -.08 -.31 -.14 -.34 .16 -.32 .31 -.07 .05 .24 และ .14 ตามลำดับ ยกเว้นความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L16 พบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้ง 2 ตัว อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .46

ความเค็มของน้ำในบ่อ P1

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติพบความสัมพันธ์เชิงเส้นของความเค็มของน้ำในบ่อ P1 กับความเค็มของน้ำใต้ดินในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L14 โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .40 ส่วนความสัมพันธ์ของความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L12 L13 L15 L16 L21 L22 L23 L31 L41 L42 L43 และ L44 กับความเค็มของน้ำในบ่อ P1 พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นต่อกัน โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .28 .29 .10 .01 .36 .22 .31 .03 .18 .13 .05 .11 และ .24 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในบ่อ P2

ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L12 L13 L14 และ L44 มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับความเค็มของน้ำในบ่อ P2 อย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติ ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L15 และ L43 มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับความเค็มของน้ำในบ่อ P2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีขนาดของความสัมพันธ์เท่ากับ .58 .45 .57 .57 .39 และ .36 ตามลำดับ ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L16 L21 L22 L23 L31 L41 และ L42 ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับความเค็มของน้ำในบ่อ P2 โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ -.28 .33 .28 .30 .25 .19 และ .01 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในบ่อ P3

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างความเค็มของน้ำในบ่อ P3 กับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L12 L13 L14 L15 L16 L21 L22 L23 L31 L41 L42 L43 และ L44 พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินทั้งหมด ยกเว้นความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L16 ไม่มีความสัมพันธ์เชิงเส้นกับความเค็มของน้ำในบ่อ P3 โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .06 .34 -.06 -.01 -.03 .06 .30 -.27 .17 .21 .28 .10 และ -.21 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในบ่อ P3 มีความสัมพันธ์กันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L16 และมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .69

ความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง

จากการศึกษาความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินในบริเวณโครงการพัฒนาส่วนพระองค์บางแสนซึ่งอยู่ใกล้เคียงกับพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำพบความสัมพันธ์ดังกล่าวในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L12 และ L14 และมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .53 และ .56 ตามลำดับ

ส่วนความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินที่เหลือซึ่งประกอบด้วย L11 L13 L15 L16 L21 L22 L23 L31 L41 L42 L43 และ L44 กับความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติต่อกัน โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติเท่ากับ .16 -.15 -.01 -.07 -.01 .12 .15 -.02 -.09 -.16 .08 และ .08 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในคลองบางแตน

ความเค็มของน้ำในคลองบางแตนมีความสัมพันธ์กันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความเค็มของน้ำใต้ดินจากผิวดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L12 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติเท่ากับ .50 ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L13 L14 L15 L16 L21 L22 L23 L31 L41 L42 L43 และ L44 พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กับความเค็มของน้ำในคลองบางแตน ต่อกัน และมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .21 .17 .33 .22 .02 .01 .35 .18 .08 -.03 -.31 .19 และ .23 ตามลำดับ

ตารางที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิดความเค็มต่ำและความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติกับความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 ม. จากผิวดิน

จุดสังเกตการณ์	บ่อพักน้ำ	คูน้ำรอบระบบ	บ่ออนุบาล	บ่อ P1	บ่อ P2	บ่อ P3	แม่น้ำบางปะกง	คลองบางแตน
L11	.09	-.30	-.17	.28	.39*	.06	.16	.21
	33	26	24	27	32	29	32	29
L12	.34*	.60**	-.17	.29	.58**	.34	.53**	.50**
	33	26	24	27	32	29	32	29
L13	.35*	.36	-.08	.10	.45**	-.06	-.15	.17
	33	26	24	27	32	29	32	29
L14	.19	.46*	-.310	.40*	.57**	-.01	.56**	.33
	33	26	24	27	32	29	32	29
L15	.33	.51**	-.14	.01	.39*	-.03	-.01	.22
	33	26	24	27	32	29	32	29
L16	.01	.18	.46*	.36	-.28	.69**	-.07	.02
	33	26	24	27	32	29	32	29
L21	.17	-.08	-.34	.22	.33	.06	-.01	.01
	31	24	24	25	30	28	30	27
L22	.42*	.12	.16	.31	.28	.30	.12	.35
	31	24	24	25	30	28	30	27
L23	.23	.39	-.32	.03	.30	-.27	.15	.18
	31	24	24	25	30	28	30	27
L31	.16	.06	.310	.182	.254	.170	-.023	.085
	33	26	24	27	32	29	32	29
L41	.20	-.06	-.07	.13	.19	.21	-.09	-.03
	33	26	24	27	32	29	32	29
L42	-.19	-.39*	.05	.05	.01	.28	-.16	-.31
	33	26	24	27	32	29	32	29
L43	.31	.35	.24	.11	.36*	.10	.08	.19
	33	26	24	27	32	29	32	29
L44	.40*	.14	-.19	.24	.57**	-.21	.08	.23
	33	26	24	27	32	29	32	29

* Correlation is significant at the 0.05 level 2-tailed

** Correlation is significant at the 0.01 level 2-tailed

33 จำนวนข้อมูล

ความสัมพันธ์ของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ กับความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 5 ม. จากผิวดิน

การศึกษาความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ ความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง และความเค็มของน้ำในคลองบางแตน กับความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 5 ม. จากผิวดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L12 L13 L14 L15 L16 L21 L22 L23 L24 L31 L41 L42 L43 และ L44 (ตารางที่ 10) พบว่า

ความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ กับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินที่ทำการศึกษาทั้งหมด พบว่า การเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำไม่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินในทุกๆ จุดสังเกตการณ์ที่ทำการศึกษา ยกเว้นความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L14 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติ เท่ากับ .11 .20 -.06 .18 .29 .15 .23 .27 .33 -.22 .25 .12 และ -.15 ตามลำดับ

ค่าสหสัมพันธ์ของความสัมพันธ์ของความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L14 กับความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำมีค่าเท่ากับ .45

ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ

ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L12 L13 L15 L16 L21 L22 L23 L24 L31 L41 L42 L43 และ L44 โดยมีค่า Correlation coefficient เท่ากับ .18 .11 -.07 .17 -.03 .04 .16 .10 .16 -.12 .23 -.01 และ .01 ตามลำดับ

ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L14 มีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .45

ความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาล

การเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาลกับความเค็มของน้ำใต้ดินที่ทำการศึกษาทั้งหมดไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติต่อกัน ยกเว้นน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L41 ซึ่งความเค็มของน้ำใต้ดินในบริเวณดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .59 ส่วนค่าสหสัมพันธ์ของความสัมพันธ์ของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L12 L13 L15 L16 L21 L22 L23 L24 L31 L42 L43 และ L44 มีค่าเท่ากับ .08 .06 .22 -.27 .07 .02 .11 .36 .11 .12 .10 -.04 และ .33 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในบ่อ P1

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติ พบว่า การเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในบ่อ P1 ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L12 L13 L14 L15 L16 L21 L22 L23 L24 L31 L41 L42 L43 และ L44 โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .05 .06 .14 .24 .19 -.03 .06 .10 -.01 .17 -.13 .14 -.16 และ .03 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในบ่อ P2

ความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำในบ่อ P2 กับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อ

สังเกตการณ์ น้ำใต้ดิน L11 L12 L13 L15 L16 L21 L22 L23 L24 L31 L42 L43 และ L44 ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกัน โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .05 -.06 -.26 .32 .12 -.17 -.06 -.10 .01 -.10 .09 .18 -.03 และ .39 ตามลำดับ โดยการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L14 และ L41 มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในบ่อ P2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .45 และ -.36 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในบ่อ P3

การเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในบ่อ P3 มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L12 L13 L15 L21 L22 L31 L41 และ L42 โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .46 .53 .44 .36 .49 .43 .45 .54 และ .42 ตามลำดับ ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L14 L16 L23 L43 และ L44 พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .21 .32 .17 -.36 และ .34 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง

ความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกงกับความเค็มของน้ำใต้ดินในทุกๆ บริเวณที่ทำการศึกษามีความสัมพันธ์ทางสถิติกัน โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .12 -.06 -.20 .06 -.01 -.10 -.03 .13 -.01 -.02 .18 -.29 .09 .20 และ -.07 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในคลองบางแตน

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำในคลองบางแตนกับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L12 L13 L14 L15 L16 L21 L22 L23 L24 L31 L41 L42 L43 และ L44 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L31 มีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในคลองบางแตน โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .39

ส่วนการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินที่เหลือพบว่า ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในคลองบางแตน โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .10 -.02 -.22 .34 .12 .19 .03 .23 .14 -.18 .21 -.04 และ -.17 ตามลำดับ

ตารางที่ 10 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และ ความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ กับความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 5 ม. จาก ผิวดิน

จุด สังเกตการณ์	บ่อพัก น้ำ	คูน้ำรอบ ระบบ	บ่อ อนุบาล	บ่อ P1	บ่อ P2	บ่อ P3	แม่น้ำ บางปะกง	คลอง บางแตน
L11	.11	.18	.08	.05	.10	.46*	.11	.10
	33	26	24	27	32	29	32	29
L12	.20	.11	.06	.06	.02	.53**	-.03	.02
	33	26	24	27	32	29	32	29
L13	-.06	-.07	.22	.14	-.26	.44*	-.21	-.22
	33	26	24	27	32	29	32	29
L14	.45**	.45*	-.27	.24	.45**	.21	.10	.34
	33	26	24	27	32	29	32	29
L15	.18	.17	.07	.19	.19	.36*	.01	.12
	33	26	24	27	32	29	32	29
L16	.29	-.03	.02	-.03	-.01	.32	-.01	.19
	33	26	24	27	32	29	32	29
L21	.15	.04	.11	.06	.01	.49**	.01	.03
	31	24	24	25	30	28	30	27
L22	.23	.16	.36	.10	.05	.43*	.18	.23
	31	24	24	25	30	28	30	27
L23	.27	.10	.11	-.01	.11	.17	.05	.14
	31	24	24	25	30	28	30	27
L31	.33	.16	.12	.17	.23	.45*	.26	.39*
	33	26	24	27	32	29	32	29
L41	-.22	-.12	.59**	-.13	-.36*	.54**	-.09	-.18
	33	26	24	27	32	29	32	29
L42	.25	.23	.10	.14	.19	.42*	.16	.21
	33	26	24	27	32	29	32	29
L43	.12	-.01	-.04	-.16	.18	-.36	-.13	-.04
	33	26	24	27	32	29	32	29
L44	-.15	.01	.33	.03	-.03	.34	-.25	-.17
	33	26	24	27	32	29	32	29

* Correlation is significant at the 0.05 level 2-tailed

** Correlation is significant at the 0.01 level 2-tailed

33 จำนวนข้อมูล

ความสัมพันธ์ของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ระบบปิด ความเค็มต่ำ และความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ กับความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 10 ม. จากผิวดิน

จากการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ ความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง และความเค็มของน้ำในคลองบางแตงกับความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับ 10 ม. จากผิวดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L16 L23 L31 และ L44 (ตารางที่ 11) พบว่า

ความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำกับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินที่ทำการศึกษารวมพบว่าการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำไม่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินในทุกๆ จุดสังเกตการณ์ที่ทำการศึกษา โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติ เท่ากับ $-.10$ $.01$ $-.25$ $.03$ และ $.08$ ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบกับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L16 L23 L31 และ L44 พบว่าการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินโดยมีค่า Correlation coefficient เท่ากับ $-.33$ $-.19$ $-.11$ $.04$ และ $.14$ ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาล

การเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาลกับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินที่ทำการศึกษารวมไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดิน โดยค่าสหสัมพันธ์ของความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาลกับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L16 L23 L31 และ L44 มีค่าเท่ากับ $.21$ $-.18$ $.26$ $.27$ และ $.04$ ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในบ่อ P1

การเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในบ่อ P1 ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L16 L23 L31 และ L44 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ เท่ากับ $-.10$ $-.31$ $-.19$ $-.02$ และ $.04$ ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในบ่อ P2

ความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำในบ่อ P2 กับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L16 L31 และ L44 ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกัน โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ $-.26$ $.01$ $-.16$ และ $.02$ ตามลำดับ แต่การเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L23 ในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 4 ครั้งมีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในบ่อ P2 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ทิศทางของความสัมพันธ์เป็นไปในทางตรงกันข้าม โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ $-.40$

ความเค็มของน้ำในบ่อ P3

การเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในบ่อ P3 มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L23 และ L31 โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .38 .45 และ .42 ตามลำดับ

ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L16 และ L44 พบว่าไม่มี ความสัมพันธ์กันทางสถิติ โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ -.14 และ .34 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง

จากการหาความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกงกับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L16 L23 L31 และ L44 พบว่า การเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกงกับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินในทุกบริเวณที่ทำการศึกษาไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกัน โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ -.06 -.01 .05 และ -.10 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในคลองบางแตน

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำในคลองบางแตนกับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L16 L23 L31 และ L44 แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินดังกล่าวไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในคลองบางแตน โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ -.18 -.01 -.24 -.03 และ -.07 ตามลำดับ

ตารางที่ 11 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และ ความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ กับความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 10 ม. จาก ผิวดิน

จุด สังเกตการณ์	บ่อพัก น้ำ	คูน้ำรอบ ระบบ	บ่อ อนุบาล	บ่อ P1	บ่อ P2	บ่อ P3	แม่น้ำ บางปะกง	คลอง บางแตน
L11	-0.10	-0.33	.21	-0.10	-0.26	.38*	-0.06	-0.18
	33	26	24	27	32	29	32	29
L16	.01	-0.19	-0.18	-0.31	.01	-0.14	-0.01	-0.01
	33	26	24	27	32	29	32	29
L23	-0.25	-0.11	.26	-0.19	-0.40*	.45*	-0.01	-0.24
	31	24	24	25	30	28	30	27
L31	.03	.04	.27	-0.02	-0.16	.42*	.05	-0.03
	33	26	24	27	32	29	32	29
L44	.08	.14	.04	.04	.02	.34	-0.10	-0.07
	33	26	24	27	32	29	32	29

* Correlation is significant at the 0.05 level 2-tailed

** Correlation is significant at the 0.01 level 2-tailed

33 จำนวนข้อมูล

ความสัมพันธ์ของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ กับความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 15 ม. จากผิวดิน

จากการศึกษาความสัมพันธ์เชิงเส้นของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ ซึ่งประกอบด้วยความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ ความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาล ความเค็มของน้ำในบ่อ P1 ความเค็มของน้ำในบ่อ P2 ความเค็มของน้ำในบ่อ P3 และความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งประกอบด้วยความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง และความเค็มของน้ำในคลองบางเตน กับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L16 L23 L31 และ L44 (ตารางที่ 12) พบว่า

ความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ กับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินที่ทำการศึกษทั้งหมด พบว่า การเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำไม่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินในทุกๆ จุดสังเกตการณ์ที่ทำการศึกษา โดยมีค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติ เท่ากับ .15 -.14 -.03 และ .01 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ

ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L16 L23 L31 และ L44 โดยมีค่า Correlation coefficient เท่ากับ -.11 -.01 .04 และ -.01 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาล

ความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาลกับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินที่ทำการศึกษทั้งหมดไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดิน โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ -.23 .05 .19 และ .17 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในบ่อ P1

จากผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ทางสถิติ พบว่า การเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในบ่อ P1 ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L16 L23 L31 และ L44 โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ -.28 .01 .27 และ .07 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในบ่อ P2

ความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำในบ่อ P2 กับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L16 L23 L31 และ L44 ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกัน โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .12 -.10 .01 และ -.11 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในบ่อ P3

การเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในบ่อ P3 มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L31 และ L44 โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .59 และ .47 ตามลำดับ

ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L16 และ L23 พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ -.10 และ .36 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกง

ความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกงกับความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 15 ม. จากผิวดินในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L16 L23 L31 L44 ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกัน โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .04 -.01 .07 และ -.09 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในคลองบางแตน

ผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำในคลองบางแตนกับความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L16 L23 L31 และ L44 แสดงให้เห็นว่าความเค็มของน้ำใต้ดินจากท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินที่ทำการศึกษาไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับความเค็มของน้ำในคลองบางแตน โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .15 -.14 -.03 และ .01 ตามลำดับ

ตารางที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และ ความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ กับความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 15 ม. จาก ผิวดิน

จุด สังเกตการณ์	บ่อพัก น้ำ	คูน้ำรอบ ระบบ	บ่อ อนุบาล	บ่อ P1	บ่อ P2	บ่อ P3	แม่น้ำ บางปะกง	คลอง บางแตน
L16	.15	-.11	-.23	-.28	.12	-.11	.04	.11
	33	26	24	27	32	29	32	29
L23	-.14	-.01	.05	.01	-.10	.36	-.01	-.16
	31	24	24	25	30	28	30	27
L31	-.03	.04	.19	.27	.01	.59**	.07	-.02
	33	26	24	27	32	29	32	29
L44	.01	-.01	.17	.07	-.11	.47**	-.09	-.13
	33	26	24	27	32	29	32	29

* Correlation is significant at the 0.05 level 2-tailed

** Correlation is significant at the 0.01 level 2-tailed

33 จำนวนข้อมูล

การเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ น้ำในนาข้าว และน้ำใต้ดินกับระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

จากการศึกษาความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ น้ำในนาข้าว น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ และน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 5 10 และ 15 ม. จากผิวดินกับระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (ตารางที่ 13) พบว่า

ความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

จากการหาความสัมพันธ์ทางสถิติโดยการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติ (Correlation) ของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ซึ่งประกอบด้วย น้ำในบ่อพักน้ำ น้ำในคูน้ำรอบระบบ น้ำในบ่ออนุบาล น้ำในบ่อ P1 น้ำในบ่อ P2 และน้ำในบ่อ P3 พบว่า ความเค็มของน้ำในบ่อพักน้ำ ความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาล และความเค็มของบ่อ P2 มีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ โดยมีค่าสหสัมพันธ์ เท่ากับ .51 -.64 และ .62 ตามลำดับ

ส่วนความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบมีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ โดยมีค่าสหสัมพันธ์ เท่ากับ .45 ในขณะที่ความเค็มของบ่อ P1 และ ความเค็มของบ่อ P3 ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ โดยมีค่าสหสัมพันธ์ เท่ากับ .34 และ -.19 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ

จากผลการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำในคลองบางแตน และความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกงกับระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่าความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ ทั้งสองแหล่งไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .22 และ -.05 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำในนาข้าว

จากการหาความสัมพันธ์ทางสถิติโดยการวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติ (Correlation) ของความเค็มของน้ำในนาข้าวในบริเวณใกล้เคียงท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L13 L14 L15 L22 L25 L41 และ L43 กับระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิด ความเค็มต่ำ พบว่า ความเค็มของน้ำในนาข้าวไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำที่เพิ่มขึ้น โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (r) เท่ากับ .25 .08 .09 -.34 -.15 .31 และ .28 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 ม. จากผิวดิน

ความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 ม. จากผิวดินกับระยะเวลาที่ทำการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับ 2 ม. ในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L12 L15 L21 L22 และ L24 มีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับระยะเวลาตั้งแต่เริ่มการเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยมีค่าสหสัมพันธ์ เท่ากับ .50 .59 .57 .59 และ .80 ตามลำดับ

ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L13 L31 L34 L35 และ L44 พบว่า มีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิด ความเค็มต่ำ โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .35 .40 .38 .38 และ .33 ตามลำดับ ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับ 2 ม ในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินที่เหลือซึ่งประกอบด้วย L11 L14 L16 L23 L32 L33 L41 L42 และ L43 ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิด ความเค็มต่ำ โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .27 .33 .08 -.07 .24 .27 และ .24 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 5 ม. จากผิวดิน

ความสัมพันธ์ของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 5 ม. จากผิวดินกับระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่า มีความสัมพันธ์กันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ เฉพาะในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L14 L15 L23 L24 L25 L31 และ L32 โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .61 .46 .47 .56 .44 .43 และ .81

ส่วนน้ำใต้ดินในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L13 L31 L34 L35 และ L44 พบว่า มีความสัมพันธ์กันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญกับระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .35 .40 .38 และ .33 ตามลำดับ ในส่วนของความเค็มของน้ำใต้ดินในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L13 L34 L35 L43 และ L44 พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิด ความเค็มต่ำ โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .17 .30 .30 .19 และ .07 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 10 ม. จากผิวดิน

ความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 10 ม. จากผิวดิน พบว่ามีความสัมพันธ์ทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L35 และ L44 โดยมีค่าสหสัมพันธ์ เท่ากับ .54 และ .50 ตามลำดับ

ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L11 L16 L23 L31 และ L32 พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติกับระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .10 .20 - .13 .25 และ .31 ตามลำดับ

ความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 15 ม. จากผิวดิน

จากการหาค่าสหสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 15 ม. จากผิวดินกับระยะเวลาตั้งแต่เริ่มก่อสร้างบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L16 มีการเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .33 ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับ 15 ม. จากผิวดินในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L23 L31 L32 L35 และ L44 ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยมีค่าสหสัมพันธ์เท่ากับ .16 .28 .29 .03 และ .30 ตามลำดับ

ตารางที่ 13 ความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ ความเค็มของน้ำในนาข้าว และความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 5 10 และ 15 ม. จากผิวดิน กับระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

จุดสังเกตการณ์	จำนวนข้อมูล	สหสัมพันธ์
น้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ		
บ่อกักน้ำ	33	.51**
คูน้ำรอบระบบ	26	.4*
บ่ออนุบาล	24	-.64**
บ่อ P1	27	.30
บ่อ P2	32	.60**
บ่อ P3	29	-.10
น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ		
คลองบางแตน	29	.20
แม่น้ำบางปะกง	30	-.05
น้ำในนาข้าว		
L13	14	.25
L14	17	.08
L15	21	.09
L22	14	-.34
L25	10	-.15
L41	17	.31
L43	24	.28
น้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 ม จากผิวดิน		
L11	36	.27
L12	36	.50**
L13	36	.35*
L14	36	.33
L15	36	.59**

จุดสังเกตการณ์	จำนวนข้อมูล	สหสัมพันธ์
L16	36	.08
L21	34	.57**
L22	34	.58**
L23	34	-.07
L24	36	.80**
L31	36	.40*
L32	36	.24
L33	36	-.04
L34	36	.38*
L35	36	.38*
L41	36	.27
L42	36	-.06
L43	36	.24
L44	36	.33*
น้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 5 ม จากผิวดิน		
L11	36	.35*
L12	36	.36*
L13	36	.17
L14	36	.61**
L15	36	.46**
L21	34	.40*
L22	34	.34*
L23	34	.47**
L24	36	.56**
L25	36	.44**
L31	36	.43**

จุดสังเกตการณ์	จำนวนข้อมูล	สหสัมพันธ์
L32	36	.81**
L33	36	.42*
L34	36	.30
L35	36	.30
L41	36	-.40*
L42	36	.42*
L43	36	.19
L44	36	.07
น้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 10 ม จากผิวดิน		
L11	36	.10
L16	36	.20
L23	34	-.13
L31	36	.25
L32	36	.31
L35	36	.54**
L44	36	.50**
น้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 15 ม จากผิวดิน		
L16	36	.33*
L23	34	.16
L31	36	.28
L32	36	.29
L35	36	.03
L44	36	.30

ผลของระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในนาข้าว และน้ำใต้ดิน

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำผิวดิน และน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 5 10 และ 15 ม. จากผิวดิน ในบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิด ความเค็มต่ำ บริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตร ในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 1 2 3 และ 4 โดยวิธีการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ Univariate โดยการใช้พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบ และระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเป็นตัวแปร พบว่า

ความเค็มของน้ำในนาข้าว

จากการศึกษาความแปรปรวนทางสถิติของผลของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรในช่วงระยะเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และภายหลังมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 1 2 และ 3 ต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งดังกล่าว พบว่า

ระบบในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำในนาข้าว (ตารางภาคผนวกที่ 7) โดยความเค็มของน้ำในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และความเค็มของน้ำในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรรมมีค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในนาข้าวไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าความเค็มของน้ำเท่ากับ 1.13 และ 0.80 dS/m ตามลำดับ (ตารางที่ 14) โดยระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในนาข้าวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 7)

ความเค็มของน้ำในนาข้าวในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งครั้งที่ 1 และ 2 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าความเค็มเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 และ 1.41 dS/m ตามลำดับ ความเค็มของน้ำในนาข้าวในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และความเค็มของน้ำในนาข้าวในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งครั้งที่ 3 ไม่แตกต่างกันทางสถิติโดยมีค่าความเค็มเฉลี่ยเท่ากับ 0.56 และ 0.65 dS/m ตามลำดับ (ตารางที่ 14)

ส่วนของปฏิภณาร่วมระหว่างระบบที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในนาข้าว พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 7)

ตารางที่ 14 ความเค็มของน้ำในนาข้าวในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้ง
 กุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้ง
 กุลาดำแบบเกษตรกรในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้ง และในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้ง ครั้งที่
 ที่ 1 2 และ 3 (dS/m)

ช่วงเวลา	พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้ง		เฉลี่ย
	ระบบปิด	ระบบเกษตรกร	
ก่อนการเลี้ยงกุ้ง	0.50	0.62	0.56 ^b
เลี้ยงกุ้งครั้งที่ 1	1.73	1.29	1.51 ^a
เลี้ยงกุ้งครั้งที่ 2	1.41	0.87	1.14 ^a
เลี้ยงกุ้งครั้งที่ 3	0.87	0.42	0.65 ^b
เฉลี่ย	1.13	0.80	

0.56^b ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 5 เปอร์เซ็นต์

ความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 ม. จากผิวดิน

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 ม. จากผิวดิน ในบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ติดกับพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกร พบว่าความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 ม. จากผิวดินมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางภาคผนวกที่ 8) โดย

ความเค็มของน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ติดกับพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรมีค่าความเค็มของน้ำใต้ดินไม่แตกต่างทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ แต่จะมีความแตกต่างทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ติดกับพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ โดยค่าความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 ม. จากผิวดินมีค่าเท่ากับ 4.37 4.20 และ 2.50 dS/m ตามลำดับ (ตารางที่ 15)

ส่วนผลของระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 ม. จากผิวดิน พบว่าความเค็มของน้ำใต้ดินมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางภาคผนวกที่ 8)

ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 4 มีค่าความเค็มสูงสุด และแตกต่างทางสถิติกับค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินเท่ากับ 4.44 dS/m (ตารางที่ 15) ในส่วนของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 ม. จากผิวดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 3 และ ครั้งที่ 1 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าความเค็มของน้ำใต้ดินเท่ากับ 3.94 และ 3.85 dS/m ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.10 dS/m แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 2 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของความเค็มเท่ากับ 3.12 dS/m (ตารางที่ 15)

ส่วนปฏิกริยาร่วมระหว่างระบบที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 8)

ตารางที่ 15 ความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 ม. จากผิวดินในบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรรม ในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้ง และในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งครั้งที่ 1 2 3 และ 4 (dS/m)

ช่วงเวลา	พื้นที่เลี้ยงกุ้งระบบปิด	พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้ง		เฉลี่ย
		ระบบปิด	ระบบเกษตรกรรม	
ก่อนการเลี้ยงกุ้ง	3.71	1.99	3.58	3.10 ^c
เลี้ยงกุ้งครั้งที่ 1	4.06	2.44	5.04	3.85 ^b
เลี้ยงกุ้งครั้งที่ 2	3.52	2.22	3.62	3.12 ^c
เลี้ยงกุ้งครั้งที่ 3	4.98	2.67	4.16	3.94 ^b
เลี้ยงกุ้งครั้งที่ 4	4.71	3.19	5.42	4.44 ^a
เฉลี่ย	4.20^a	2.50^b	4.37^a	

2.50^b ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวเดียวกันและมีตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 5 เปอร์เซ็นต์

ความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 5 ม. จากผิวดิน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 5 ม. จากผิวดิน ในบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ติดกับพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกร พบว่า ความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 ม. จากผิวดินมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางภาคผนวกที่ 9)

ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ติดกับพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรรมมีค่าความเค็มของน้ำใต้ดินสูงสุด และแตกต่างทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และความเค็มของน้ำใต้ดินที่อยู่ในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ติดกับพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ โดยมีค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 5 ม. จากผิวดินเท่ากับ 6.32 dS/m ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และความเค็มของน้ำใต้ดินที่อยู่ในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ติดกับพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ มีค่าเท่ากับ 5.98 และ 5.68 dS/m ตามลำดับ (ตารางที่ 16)

ส่วนระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางภาคผนวกที่ 9) โดย ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 4 มีค่าความเค็มสูงสุดเท่ากับ 7.85 dS/m แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 1 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินเท่ากับ 7.32 dS/m ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 3 และ ครั้งที่ 2 มีค่า 6.40 และ 5.42 dS/m ตามลำดับ ในขณะที่ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าต่ำสุด และแตกต่างกันทางสถิติกับค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินเท่ากับ 2.98 dS/m (ตารางที่ 16)

ส่วนของปฏิกริยาร่วมระหว่างรูปแบบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 9)

ตารางที่ 16 ความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 5 ม. จากผิวดินในบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรรม ในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้ง และในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งครั้งที่ 1 2 3 และ 4 (dS/m)

ช่วงเวลา	พื้นที่เลี้ยงกุ้งระบบปิด	พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้ง		เฉลี่ย
		ระบบปิด	ระบบเกษตรกรรม	
ก่อนการเลี้ยงกุ้ง	2.84	2.90	3.22	2.98 ^d
เลี้ยงกุ้งครั้งที่ 1	7.36	6.79	7.80	7.32 ^a
เลี้ยงกุ้งครั้งที่ 2	5.40	5.11	5.74	5.42 ^c
เลี้ยงกุ้งครั้งที่ 3	6.55	6.18	6.48	6.40 ^b
เลี้ยงกุ้งครั้งที่ 4	7.76	7.42	8.39	7.85 ^a
เฉลี่ย	5.98^b	5.68^b	6.32^a	

5.98^b ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวเดียวกันและมีตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 5 เปอร์เซ็นต์

ความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 10 ม. จากผิวดิน

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 10 ม. จากผิวดิน ในบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ติดกับพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกร ซึ่งแสดงไว้ในตารางภาคผนวกที่ 10 ซึ่งให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 10 ม. จากผิวดินอันเนื่องมาจากระบบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย

ความเค็มของน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ติดกับพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำมีค่าความเค็มของน้ำใต้ดินสูงสุด แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับความเค็มของน้ำใต้ดินที่อยู่ในบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ โดยมีค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดิน เท่ากับ 9.43 และ 8.65 dS/m ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ติดกับพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรมีค่าเท่ากับ 6.41 dS/m ส่วนผลของระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 10 ม. จากผิวดิน พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางภาคผนวกที่ 10)

ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 2 มีค่าความเค็มสูงสุด และแตกต่างทางสถิติกับค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำอื่นๆ โดยมีค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินเท่ากับ 10.39 dS/m ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 2 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินเท่ากับ 8.76 8.83 และ 9.21 dS/m ตามลำดับ ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าต่ำสุดเท่ากับ 3.63 dS/m ซึ่งแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 1 2 3 และ 4

ปฏิกริยาร่วมระหว่างระบบที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ พบว่าไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 10)

ตารางที่ 17 ความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 10 ม. จากผิวดินในบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรรม ในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้ง และในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งครั้งที่ 1 2 3 และ 4 (dS/m)

ช่วงเวลา	พื้นที่เลี้ยงกุ้งระบบปิด	พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้ง		เฉลี่ย
		ระบบปิด	ระบบเกษตรกรรม	
ก่อนการเลี้ยงกุ้ง	4.19	4.27	2.43	3.63 ^c
เลี้ยงกุ้งครั้งที่ 1	11.07	12.43	7.67	10.39 ^a
เลี้ยงกุ้งครั้งที่ 2	9.13	10.95	6.20	8.76 ^b
เลี้ยงกุ้งครั้งที่ 3	8.82	10.11	7.57	8.83 ^b
เลี้ยงกุ้งครั้งที่ 4	10.06	9.37	8.21	9.21 ^b
เฉลี่ย	8.65^a	9.43^a	6.41^b	

6.41^b ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวเดียวกันและมีตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 5 เปอร์เซ็นต์

ความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 15 ม. จากผิวดิน

จากตารางภาคผนวกที่ 11 แสดงให้เห็นว่าความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 15 ม. จากผิวดิน ในบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ติดกับพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรรมไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับ 15 ม. จากผิวดิน เท่ากับ 9.56 9.56 และ 8.26 dS/m ตามลำดับ (ตารางที่ 18)

การเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงระยะเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และในช่วงระยะเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 1 2 3 และ 4 มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (ตารางภาคผนวกที่ 11) โดย ความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 1 2 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินเท่ากับ 11.51 10.25 9.73 และ 10.09 dS/m ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่า 4.01 dS/m และแตกต่างกันทางสถิติกับค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปฏิกริยาร่วมระหว่างรูปแบบที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำไม่มีความสัมพันธ์กันทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 11)

ตารางที่ 18 ความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 15 ม. จากผิวดินในบริเวณ พื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้พื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และระบบการเลี้ยงกุ้งแบบเกษตรกร ในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้ง และ ในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งครั้งที่ 1 2 3 และ 4 (dS/m)

ช่วงเวลา	พื้นที่เลี้ยงกุ้งระบบปิด	พื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้พื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้ง		เฉลี่ย
		ระบบปิด	ระบบเกษตรกร	
ก่อนการเลี้ยงกุ้ง	4.41	3.57	4.04	4.01 ^b
เลี้ยงกุ้งครั้งที่ 1	12.31	11.71	10.61	11.51 ^a
เลี้ยงกุ้งครั้งที่ 2	10.07	11.23	9.46	10.25 ^a
เลี้ยงกุ้งครั้งที่ 3	10.13	10.93	8.14	9.73 ^a
เลี้ยงกุ้งครั้งที่ 4	10.88	10.33	9.05	10.09 ^a
เฉลี่ย	9.56	9.56	8.26	

40.1^b ค่าเฉลี่ยที่อยู่ในแถวเดียวกันและมีตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 5 เปอร์เซ็นต์

การเปลี่ยนแปลงของสมบัติทางเคมีของดินบางประการภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

จากผลการวิเคราะห์ทางเคมีของสมบัติของดินนาที่เก็บตัวอย่างเมื่อเริ่มทำการก่อสร้างบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ (กันยายน 2542) และดินจากบ่อ P3 ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งครั้งที่ 1 และปลูกข้าวครั้งที่ 2 และดินนาในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L21 ที่ระดับความลึก 0-150 ซม. จากผิวดิน ภายหลังสิ้นสุดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 2 (กรกฎาคม 2543) พบว่า สมบัติของดินที่ทำการศึกษาได้แก่ ความเค็มของสารละลายดินที่อิ่มน้ำ (E_c) ปฏิริยาความเป็นกรด/ด่าง (pH) อินทรีย์วัตถุ (OM) ฟอสฟอรัส (PO_4^{++}) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca^{++}) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg^{++}) โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Na^+) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K^+) แคลเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Ca) แมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Mg) โซเดียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Na) โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble K) คลอไรด์ที่ละลายน้ำได้ (Soluble Cl) และ ซัลเฟต ที่ละลายน้ำได้ (SO_4) ของดิน มีการเปลี่ยนแปลงของสมบัติของดินตามระดับความลึกของชั้นดิน ดังนี้ (ตารางที่ 15)

สมบัติของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. จากผิวดิน

ความเค็มของสารละลายดินที่อิ่มน้ำ (E_c)

ความเค็มของสารละลายดินที่อิ่มน้ำของดินนาก่อนที่จะมีการก่อสร้างบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ มีค่าเท่ากับ 1.04 dS/m และภายหลังจากการสิ้นสุดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จำนวน 2 ครั้ง พบว่า ความเค็มของดินนาในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L21 มีค่าเท่ากับ 1.70 dS/m ส่วนความเค็มของดินในบ่อ P3 ที่ระดับความลึก 0-20 ซม. จากผิวดิน มีค่าเฉลี่ยของความเค็มของสารละลายดินที่อิ่มน้ำ เท่ากับ 3.25 dS/m หลังจากที่มีการใช้บ่อในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 ครั้ง และปลูกข้าวตามหลัง 1 ครั้ง

ปฏิริยาความเป็นกรด หรือด่างของดิน (pH)

ค่าปฏิริยาความเป็นกรด หรือด่างของดินนาก่อนที่จะมีการนำไปใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และดินนา จากนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และดินจากบ่อ P3 ภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และเก็บเกี่ยวข้าว มีค่าปฏิริยาความเป็นกรด หรือด่างของดินเท่ากับ 4.48 4.15 และ 4.10 ตามลำดับ

อินทรีย์วัตถุ (OM)

ปริมาณของอินทรีย์วัตถุของดินจากบ่อ P3 ซึ่งใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 ครั้ง และปลูกข้าวตามหลัง 1 ครั้ง และดินจากนาข้าวบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L21 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 0.62% ในบ่อ P3 และ 2.79% ในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ

ฟอสฟอรัส (PO_4^{++})

ปริมาณของฟอสฟอรัสของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 5.75 และ 11.00 mg/kg ตามลำดับ

แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca⁺⁺)

ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 6.46 และ 4.51 cmol_c/kg ตามลำดับ

แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg⁺⁺)

ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 10.24 และ 7.84 cmol_c/kg ตามลำดับ

โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Na⁺)

ดินในบ่อ P3 ของ และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนเท่ากับ 3.64 และ 2.90 cmol_c/kg ตามลำดับ

โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K⁺)

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 0.54 และ 0.51 cmol_c/kg ตามลำดับ

แคลเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Ca⁺⁺)

ปริมาณแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าเท่ากับ 2.05 mmol_c/l และภายหลังการจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จำนวน 2 ครั้ง พบว่า ดินจากนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีปริมาณแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 2.44 mmol_c/l ส่วนดินในบ่อ P3 มีปริมาณแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 8.21 mmol_c/l

แมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Mg⁺⁺)

ปริมาณของแมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินในบ่อ P3 ซึ่งใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำสลับกับการปลูกข้าวมีค่าเท่ากับ 7.49 mmol_c/kg ในขณะที่ปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินในนาข้าวก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยของปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 2.36 และ 3.20 mmol_c/kg ตามลำดับ

โซเดียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Na⁺)

ค่าเฉลี่ยของปริมาณของโซเดียมละลายน้ำได้ของดินนาก่อนมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าเท่ากับ 6.45 mmol_c/l ส่วนดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำที่เก็บตัวอย่างภายหลังการจับกุ้งกุลาดำครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณของโซเดียมละลายน้ำได้เท่ากับ 13.17 mmol_c/l ในขณะที่ดินในบ่อ P3 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณของโซเดียมละลายน้ำได้เท่ากับ 25.68 mmol_c/l

โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble K⁺)

ปริมาณของโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินนาก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง และดินในบ่อ P3 ที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 ครั้ง และปลูกข้าวตาม มีค่าเท่ากับ 0.08 0.57 และ 0.33 mmol_c/l ตามลำดับ

คลอไรด์ที่ละลายน้ำได้ (Soluble Cl⁻)

ปริมาณของคลอไรด์ที่ละลายน้ำได้ของดินในบ่อ P3 ภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 1 ครั้ง และปลูกข้าวตามหลัง 1 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 21.05 mmol/L ในขณะที่ดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ในช่วงเวลาของการสิ้นสุดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 2 และดินนาก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีปริมาณของคลอไรด์ที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 10.64 และ 4.68 mmol/L ตามลำดับ

ซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ (Soluble SO₄²⁻)

ปริมาณของซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ของดินนาก่อนที่จะมีการนำเอาไปใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ มีค่าเท่ากับ 3.99 mmol/L และภายหลังจากการสิ้นสุดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง พบว่าปริมาณของซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ของดินในนาข้าวบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L21 ที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าเท่ากับ 7.00 mmol/L ส่วนปริมาณของซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ของดินในบ่อ P3 ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และปลูกข้าว มีค่าเท่ากับ 10.75 mmol/L

สมบัติของดินที่ระดับความลึก 20-40 ซม. จากผิวดิน

ความเค็มของสารละลายดินที่อิ่มน้ำ (E_c)

ความเค็มของสารละลายดินที่อิ่มน้ำของดินนาก่อนที่จะมีการก่อสร้างบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ มีค่าเท่ากับ 1.04 dS/m และภายหลังจากการสิ้นสุดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จำนวน 2 ครั้ง พบว่าความเค็มของดินนาในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L21มีค่าเท่ากับ 1.70 dS/m ส่วนความเค็มของดินในบ่อ P3 ที่ระดับความลึก 0-20 ซม. จากผิวดิน มีค่าเฉลี่ยของความเค็มของสารละลายดินที่อิ่มน้ำ เท่ากับ 3.25 dS/m หลังจากมีการใช้บ่อในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 ครั้ง และปลูกข้าวตามหลัง 1 ครั้ง

ปฏิกิริยาความเป็นกรด หรือด่างของดิน (pH)

ค่าปฏิกิริยาความเป็นกรด หรือด่างของดินนาก่อนที่จะมีการนำไปใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และดินนา จากนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และดินจากบ่อ P3 ภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และเก็บเกี่ยวข้าว มีค่าปฏิกิริยาความเป็นกรด หรือด่างของดินเท่ากับ 4.48 4.15 และ 4.10 ตามลำดับ

อินทรีย์วัตถุ (OM)

ปริมาณของอินทรีย์วัตถุของดินจากบ่อ P3 ซึ่งใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 ครั้ง และปลูกข้าวตามหลัง 1 ครั้ง และดินจากนาข้าวบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L21 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 0.62% ในบ่อ P3 และ 2.79% ในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ

ฟอสฟอรัส (PO₄³⁻)

ปริมาณของฟอสฟอรัสของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 5.75 และ 11.00 mg/kg ตามลำดับ

แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca⁺⁺)

ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 6.46 และ 4.51 cmol_c/kg ตามลำดับ

แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg⁺⁺)

ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 10.24 และ 7.84 cmol_c/kg ตามลำดับ

โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Na⁺)

ดินในบ่อ P3 ของ และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนเท่ากับ 3.64 และ 2.90 cmol_c/kg ตามลำดับ

โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K⁺)

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 0.54 และ 0.51 cmol_c/kg ตามลำดับ

แคลเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Ca⁺⁺)

ปริมาณแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าเท่ากับ 2.05 mmol_c/l และภายหลังการจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จำนวน 2 ครั้ง พบว่า ดินจากนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีปริมาณแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 2.44 mmol_c/l ส่วนดินในบ่อ P3 มีปริมาณแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 8.21 mmol_c/l

แมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Mg⁺⁺)

ปริมาณของแมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินในบ่อ P3 ซึ่งใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำสลับกับการปลูกข้าวมีค่าเท่ากับ 7.49 mmol_c/kg ในขณะที่ปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินในนาข้าวก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยของปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 2.36 และ 3.20 mmol_c/kg ตามลำดับ

โซเดียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Na⁺)

ค่าเฉลี่ยของปริมาณของโซเดียมละลายน้ำได้ของดินนาก่อนมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าเท่ากับ 6.45 mmol_c/l ส่วนดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำที่เก็บตัวอย่างภายหลังการจับกุ้งกุลาดำครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณของโซเดียมละลายน้ำได้เท่ากับ 13.17 mmol_c/l ในขณะที่ดินในบ่อ P3 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณของโซเดียมละลายน้ำได้เท่ากับ 25.68 mmol_c/l

โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble K⁺)

ปริมาณของโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินนาก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง และดินในบ่อ P3 ที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 ครั้ง และปลูกข้าวตาม มีค่าเท่ากับ 0.08 0.57 และ 0.33 mmol_c/l ตามลำดับ

คลอไรด์ที่ละลายน้ำได้ (Soluble Cl⁻)

ปริมาณของคลอไรด์ที่ละลายน้ำได้ของดินในบ่อ P3 ภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 1 ครั้ง และปลูกข้าวตามหลัง 1 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 21.05 mmol/L ในขณะที่ดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ในช่วงเวลาของการสิ้นสุดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 2 และดินนาก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีปริมาณของคลอไรด์ที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 10.64 และ 4.68 mmol/L ตามลำดับ

ซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ (Soluble SO₄²⁻)

ปริมาณของซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ของดินนาก่อนที่จะมีการนำเอาไปใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ มีค่าเท่ากับ 3.99 mmol/L และภายหลังจากการสิ้นสุดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง พบว่าปริมาณของซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ของดินในนาข้าวบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L21 ที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าเท่ากับ 7.00 mmol/L ส่วนปริมาณของซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ของดินในบ่อ P3 ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และปลูกข้าว มีค่าเท่ากับ 10.75 mmol/L

สมบัติของดินที่ระดับความลึก 20-40 ซม. จากผิวดิน

ความเค็มของสารละลายดินที่อิ่มน้ำ (E_c)

ความเค็มของสารละลายดินที่อิ่มน้ำของดินนาก่อนที่จะมีการก่อสร้างบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ มีค่าเท่ากับ 1.08 dS/m และภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จำนวน 2 ครั้ง พบว่า ความเค็มของดินนาในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L21มีค่าเท่ากับ 1.50 dS/m ส่วนความเค็มของดินในบ่อ P3 ที่ระดับความลึก 20-40 ซม. จากผิวดิน มีค่าเฉลี่ยของความเค็มของสารละลายดินที่อิ่มน้ำ เท่ากับ 2.36 dS/m ภายหลังจากการใช้บ่อในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 ครั้ง และปลูกข้าวตามหลัง 1 ครั้ง

ปฏิกิริยาความเป็นกรด หรือด่างของดิน (pH)

ค่าปฏิกิริยาความเป็นกรด หรือด่างของดินนาก่อนที่จะมีการนำไปใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และดินภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จำนวน 2 ครั้ง จากนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และดินจากบ่อ P3 มีค่าปฏิกิริยาความเป็นกรด หรือด่างของดินเท่ากับ 3.95 3.78 และ 3.90 ตามลำดับ

อินทรีย์วัตถุ (OM)

ปริมาณของอินทรีย์วัตถุของดินจากบ่อ P3 ซึ่งใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 ครั้ง และปลูกข้าวตามหลัง 1 ครั้ง และดินจากนาข้าวบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L21 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 0.59% ในบ่อ P3 และ 2.60% ในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ

ฟอสฟอรัส (PO₄³⁻)

ปริมาณของฟอสฟอรัสของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 0.75 และ 10.00 mg/kg ตามลำดับ

แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca²⁺)

ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 3.56 และ 4.49 cmol/kg ตามลำดับ

แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg⁺⁺)

ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 6.53 และ 7.81 cmol_c/kg ตามลำดับ

โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Na⁺)

ดินในบ่อ P3 ของ และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนเท่ากับ 2.95 และ 1.99 cmol_c/kg ตามลำดับ

โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K⁺)

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 0.46 และ 0.47 cmol_c/kg ตามลำดับ

แคลเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Ca⁺⁺)

ปริมาณแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าเท่ากับ 1.98 mmol_c/l และภายหลังการจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จำนวน 2 ครั้ง พบว่า ดินจากนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีปริมาณแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 3.07 mmol_c/l ส่วนดินในบ่อ P3 มีปริมาณแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 2.54 mmol_c/l

แมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Mg⁺⁺)

ปริมาณของแมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินในบ่อ P3 ซึ่งใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าเท่ากับ 5.47 mmol_c/kg ในขณะที่ปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินในนาข้าวก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และดินในนาข้าวหลังจากมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยของปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 2.63 และ 3.12 mmol_c/kg ตามลำดับ

โซเดียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Na⁺)

ค่าเฉลี่ยของปริมาณของโซเดียมละลายน้ำได้ของดินก่อนมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าเท่ากับ 6.80 mmol_c/l ส่วนดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยของปริมาณของโซเดียมละลายน้ำได้เท่ากับ 10.54 mmol_c/l ในขณะที่ดินในบ่อ P3 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณของโซเดียมละลายน้ำได้เท่ากับ 19.21 mmol_c/l

โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble K⁺)

ปริมาณของโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ดินในนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง และดินในบ่อ P3 มีค่าเท่ากับ 0.11 0.49 และ 0.27 mmol_c/l ตามลำดับ

คลอไรด์ที่ละลายน้ำได้ (Soluble Cl⁻)

ปริมาณของคลอไรด์ที่ละลายน้ำได้ของดินในบ่อ P3 ภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 1 ครั้ง และ ปลูกข้าวตามหลัง 1 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 15.08 mmol_c/l ในขณะที่ดินในนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง และดินก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีปริมาณของคลอไรด์ที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 8.84 และ 5.49 mmol_c/l ตามลำดับ

ซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ (Soluble SO_4^-)

ปริมาณของซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ของดินนาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าเท่ากับ 3.77 mmol/L และภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง พบว่าปริมาณของซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ของดินในนาข้าวบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L21 มีค่าเท่ากับ 6.00 mmol/L ส่วนปริมาณของซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ของดินในบ่อ P3 มีค่าเท่ากับ 8.00 mmol/L

สมบัติของดินที่ระดับความลึก 40-80 ซม. จากผิวดิน

ความเค็มของสารละลายดินที่อิ่มน้ำ (E_c)

ความเค็มของสารละลายดินที่อิ่มน้ำของดินนาในระดับความลึก 40-80 ซม. ก่อนที่จะมีการก่อสร้างบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ มีค่าเท่ากับ 1.60 dS/m และภายหลังจากการสิ้นสุดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จำนวน 2 ครั้ง พบว่า ความเค็มของดินนาในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L21 มีค่าเท่ากับ 1.31 dS/m ส่วนความเค็มของดินในบ่อ P3 ที่ระดับความลึก 0-20 ซม. จากผิวดิน มีค่าเฉลี่ยของความเค็มของสารละลายดินที่อิ่มน้ำ เท่ากับ 2.45 dS/m หลังจากมีการใช้บ่อในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 ครั้ง และปลูกข้าวตามหลัง 1 ครั้ง

ปฏิกิริยาความเป็นกรด หรือต่างของดิน (pH)

ค่าปฏิกิริยาความเป็นกรด หรือต่างของดินนาก่อนที่จะมีการนำไปใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และดินนา จากนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และดินจากบ่อ P3 ภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และเก็บเกี่ยวข้าว มีค่าปฏิกิริยาความเป็นกรด หรือต่างของดินเท่ากับ 3.82 3.82 และ 3.90 ตามลำดับ

อินทรีย์วัตถุ (OM)

ปริมาณของอินทรีย์วัตถุของดินจากบ่อ P3 ซึ่งใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 ครั้ง และปลูกข้าวตามหลัง 1 ครั้ง และดินจากนาข้าวบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L21 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 0.76% ในบ่อ P3 และ 1.49% ในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ

ฟอสฟอรัส (PO_4^{++})

ปริมาณของฟอสฟอรัสของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 2.50 และ 6.75 mg/kg ตามลำดับ

แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca^{++})

ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 4.10 และ 2.89 cmol/kg ตามลำดับ

แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg^{++})

ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 7.77 และ 5.16 cmol/kg ตามลำดับ

โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Na⁺)

ดินในบ่อ P3 ของ และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนเท่ากับ 3.57 และ 1.81 cmol_c/kg ตามลำดับ

โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K⁺)

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 0.56 และ 0.42 cmol_c/kg ตามลำดับ

แคลเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Ca⁺⁺)

ปริมาณแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าเท่ากับ 2.18 mmol_c/l และภายหลังการจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จำนวน 2 ครั้ง พบว่า ดินจากนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีปริมาณแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 2.01 mmol_c/l ส่วนดินในบ่อ P3 มีปริมาณแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 2.85 mmol_c/l

แมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Mg⁺⁺)

ปริมาณของแมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินในบ่อ P3 ซึ่งใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำสลับกับการปลูกข้าวมีค่าเท่ากับ 5.33 mmol_c/kg ในขณะที่ปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินในนาข้าวก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยของปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 3.64 และ 2.68 mmol_c/kg ตามลำดับ

โซเดียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Na⁺)

ค่าเฉลี่ยของปริมาณของโซเดียมละลายน้ำได้ของดินก่อนมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าเท่ากับ 9.34 mmol_c/l ส่วนดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำที่เก็บตัวอย่างภายหลังการจับกุ้งกุลาดำครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณของโซเดียมละลายน้ำได้เท่ากับ 11.86 mmol_c/l ในขณะที่ดินในบ่อ P3 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณของโซเดียมละลายน้ำได้เท่ากับ 19.87 mmol_c/l

โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble K⁺)

ปริมาณของโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง และดินในบ่อ P3 ที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 ครั้ง และปลูกข้าวตาม มีค่าเท่ากับ 0.22 0.54 และ 0.23 mmol_c/l ตามลำดับ

คลอไรด์ที่ละลายน้ำได้ (Soluble Cl⁻)

ปริมาณของคลอไรด์ที่ละลายน้ำได้ของดินในบ่อ P3 ภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 1 ครั้ง และ ปลูกข้าวตามหลัง 1 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 16.86 mmol_c/l ในขณะที่ดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ในช่วงเวลาของการสิ้นสุดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 2 และดินก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีปริมาณของคลอไรด์ที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 8.03 และ 8.19 mmol_c/l ตามลำดับ

ซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ (Soluble SO_4^-)

ปริมาณของซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ของดินนาก่อนที่จะมีการนำเอาไปใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ มีค่าเท่ากับ 6.56 mmol/L และภายหลังการสิ้นสุดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง พบว่าปริมาณของซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ของดินในนาข้าวบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L21 ที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าเท่ากับ 6.00 mmol/L ส่วนปริมาณของซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ของดินในบ่อ P3 ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และปลูกข้าว มีค่าเท่ากับ 7.38 mmol/L

สมบัติของดินที่ระดับความลึก 80-120 ซม. จากผิวดิน

ความเค็มของสารละลายดินที่อิ่มน้ำ (E_c)

ความเค็มของสารละลายดินที่อิ่มน้ำของดินนาในระดับความลึก 80-120 ซม. ก่อนที่จะมีการก่อสร้างบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ มีค่าเท่ากับ 1.44 dS/m และภายหลังจากการสิ้นสุดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จำนวน 2 ครั้ง พบว่า ความเค็มของดินนาในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L21 มีค่าเท่ากับ 1.56 dS/m ส่วนความเค็มของดินในบ่อ P3 ที่ระดับความลึก 80-120 ซม. จากผิวดิน มีค่าเฉลี่ยของความเค็มของสารละลายดินที่อิ่มน้ำ เท่ากับ 5.37 dS/m หลังจากมีการใช้บ่อในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 ครั้ง และปลูกข้าวตามหลัง 1 ครั้ง

ปฏิกิริยาความเป็นกรด หรือต่างของดิน (pH)

ค่าปฏิกิริยาความเป็นกรด หรือต่างของดินนาก่อนที่จะมีการนำไปใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และดินนา จากนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และดินจากบ่อ P3 ภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และเก็บเกี่ยวข้าว มีค่าปฏิกิริยาความเป็นกรด หรือต่างของดินเท่ากับ 3.93 3.88 และ 3.75 ตามลำดับ

อินทรีย์วัตถุ (OM)

ปริมาณของอินทรีย์วัตถุของดินจากบ่อ P3 ซึ่งใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 ครั้ง และปลูกข้าวตามหลัง 1 ครั้ง และดินจากนาข้าวบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L21 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 2.52% ในบ่อ P3 และ 0.30% ในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ

ฟอสฟอรัส (PO_4^{++})

ปริมาณของฟอสฟอรัสของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 36.38 และ 1.00 mg/kg ตามลำดับ

แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca^{++})

ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 5.73 และ 2.89 cmol/kg ตามลำดับ

แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg^{++})

ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 10.40 และ 5.16 cmol/kg ตามลำดับ

โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Na⁺)

ดินในบ่อ P3 ของ และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนเท่ากับ 4.78 และ 2.17 cmol_c/kg ตามลำดับ

โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K⁺)

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 0.72 และ 0.43 cmol_c/kg ตามลำดับ

แคลเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Ca⁺⁺)

ปริมาณแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าเท่ากับ 1.80 mmol_c/l และภายหลังการจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จำนวน 2 ครั้ง พบว่า ดินจากนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีปริมาณแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 1.64 mmol_c/l ส่วนดินในบ่อ P3 มีปริมาณแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 11.87 mmol_c/l

แมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Mg⁺⁺)

ปริมาณของแมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินในบ่อ P3 ซึ่งใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำสลับกับการปลูกข้าวมีค่าเท่ากับ 34.59 mmol_c/kg ในขณะที่ปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินในนาข้าวก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยของปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 2.95 และ 2.70 mmol_c/kg ตามลำดับ

โซเดียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Na⁺)

ค่าเฉลี่ยของปริมาณของโซเดียมละลายน้ำได้ของดินก่อนมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าเท่ากับ 9.61 mmol_c/l ส่วนดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำที่เก็บตัวอย่างภายหลังการจับกุ้งกุลาดำครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณของโซเดียมละลายน้ำได้เท่ากับ 30.91 mmol_c/l ในขณะที่ดินในบ่อ P3 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณของโซเดียมละลายน้ำได้เท่ากับ 12.74 mmol_c/l

โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble K⁺)

ปริมาณของโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง และดินในบ่อ P3 ที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 ครั้ง และปลูกข้าวตาม มีค่าเท่ากับ 0.18 0.79 และ 0.42 mmol_c/l ตามลำดับ

คลอไรด์ที่ละลายน้ำได้ (Soluble Cl⁻)

ปริมาณของคลอไรด์ที่ละลายน้ำได้ของดินในบ่อ P3 ภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 1 ครั้ง และ ปลูกข้าวตามหลัง 1 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 22.77 mmol_c/l ในขณะที่ดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ในช่วงเวลาของการสิ้นสุดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 2 และดินก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีปริมาณของคลอไรด์ที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 10.17 และ 8.61 mmol_c/l ตามลำดับ

ซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ (Soluble SO_4^-)

ปริมาณของซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ของดินมาก่อนที่จะมีการนำเอาไปใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ มีค่าเท่ากับ 4.40 mmol/L และภายหลังการสิ้นสุดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง พบว่าปริมาณของซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ของดินในนาข้าวบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L21 ที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าเท่ากับ 49.00 mmol/L ส่วนปริมาณของซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ของดินในบ่อ P3 ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และปลูกข้าว มีค่าเท่ากับ 4.00 mmol/L

สมบัติของดินที่ระดับความลึก 120-150 ซม. จากผิวดิน

ความเค็มของสารละลายดินที่อิ่มน้ำ (E_c)

ความเค็มของสารละลายดินที่อิ่มน้ำของดินมาก่อนที่จะมีการก่อสร้างบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ มีค่าเท่ากับ 2.45 dS/m และหลังจากการสิ้นสุดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จำนวน 2 ครั้ง พบว่าความเค็มของดินนาในบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L21 มีค่าเท่ากับ 1.63 dS/m ส่วนความเค็มของดินในบ่อ P3 ที่ระดับความลึก 120-150 ซม. จากผิวดิน มีค่าเฉลี่ยของความเค็มของสารละลายดินที่อิ่มน้ำเท่ากับ 11.12 dS/m หลังจากมีการใช้บ่อในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 ครั้ง และปลูกข้าวตามหลัง 1 ครั้ง

ปฏิกิริยาความเป็นกรด หรือต่างของดิน (pH)

ค่าปฏิกิริยาความเป็นกรด หรือต่างของดินมาก่อนที่จะมีการนำไปใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และดินนา จากนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และดินจากบ่อ P3 ภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และเก็บเกี่ยวข้าว มีค่าปฏิกิริยาความเป็นกรด หรือต่างของดินเท่ากับ 3.13 3.90 และ 4.32 ตามลำดับ

อินทรีย์วัตถุ (OM)

ปริมาณของอินทรีย์วัตถุของดินจากบ่อ P3 ซึ่งใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 ครั้ง และปลูกข้าวตามหลัง 1 ครั้ง และดินจากนาข้าวบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L21 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณอินทรีย์วัตถุเท่ากับ 4.32% ในบ่อ P3 และ 0.46% ในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ

ฟอสฟอรัส (PO_4^{++})

ปริมาณของฟอสฟอรัสของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 24.75 และ 3.00 mg/kg ตามลำดับ

แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca^{++})

ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เท่ากับ 7.87 และ 3.40 cmol/kg ตามลำดับ

แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg^{++})

ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 14.42 และ 6.00 cmol/kg ตามลำดับ

โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Na⁺)

ดินในบ่อ P3 ของ และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนเท่ากับ 6.69 และ 3.09 cmol_c/kg ตามลำดับ

โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K⁺)

ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในบ่อ P3 และดินจากนาข้าวภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 2 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 0.93 และ 0.50 cmol_c/kg ตามลำดับ

แคลเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Ca⁺⁺)

ปริมาณแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าเท่ากับ 4.70 mmol_c/l และภายหลังการจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ จำนวน 2 ครั้ง พบว่า ดินจากนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีปริมาณแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 1.86 mmol_c/l ส่วนดินในบ่อ P3 มีปริมาณแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ เท่ากับ 30.46 mmol_c/l

แมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Mg⁺⁺)

ปริมาณของแมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินในบ่อ P3 ซึ่งใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำสลับกับการปลูกข้าวมีค่าเท่ากับ 79.78 mmol_c/kg ในขณะที่ปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินในนาข้าวก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง มีค่าเฉลี่ยของปริมาณแมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 8.10 และ 2.87 mmol_c/kg ตามลำดับ

โซเดียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Na⁺)

ค่าเฉลี่ยของปริมาณของโซเดียมละลายน้ำได้ของดินนา ก่อนมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าเท่ากับ 17.89 mmol_c/l ส่วนดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำที่เก็บตัวอย่าง ภายหลังการจับกุ้งกุลาดำครั้งที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณของโซเดียมละลายน้ำได้เท่ากับ 15.37 mmol_c/l ในขณะที่ดินในบ่อ P3 มีค่าเฉลี่ยของปริมาณของโซเดียมละลายน้ำได้เท่ากับ 54.94 mmol_c/l

โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble K⁺)

ปริมาณของโพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ของดินนา ก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง และดินในบ่อ P3 ที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 ครั้ง และปลูกข้าวตาม มีค่าเท่ากับ 0.73 0.89 และ 0.43 mmol_c/l ตามลำดับ

คลอไรด์ที่ละลายน้ำได้ (Soluble Cl⁻)

ปริมาณของคลอไรด์ที่ละลายน้ำได้ของดินในบ่อ P3 ภายหลังจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 1 ครั้ง และ ปลูกข้าวตามหลัง 1 ครั้ง มีค่าเท่ากับ 35.41 mmol_c/l ในขณะที่ดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ในช่วงเวลาของการสิ้นสุดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 2 และดินนา ก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีปริมาณของคลอไรด์ที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 14.06 และ 8.98 mmol_c/l ตามลำดับ

ซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ (Soluble SO_4^-)

ปริมาณของซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ของดินนาก่อนที่จะมีการนำเอาไปใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ มีค่าเท่ากับ 22.50 mmol/l และภายหลังการสิ้นสุดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง พบว่าปริมาณของซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ของดินในนาข้าวบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L21 ที่อยู่ใกล้เคียงระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ มีค่าเท่ากับ 5.00 mmol/l ส่วนปริมาณของซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ของดินในบ่อ P3 ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และปลูกข้าว มีค่าเท่ากับ 149.00 mmol/l

ตารางที่ 19 สมบัติของดินนาก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 2 ครั้ง

สมบัติของดิน	จุด	ความลึกจากผิวดิน (ซม.)				
	สังเกตการณ์	0-20	20-40	40-80	80-120	120-150
ความเค็มของสารละลายดินที่อิ่มน้ำ (EC_e , dS/m)	1*	1.04	1.08	1.60	1.44	2.45
	2	3.25	2.36	2.45	5.37	11.12
	3	1.70	1.50	1.31	1.56	1.63
ปฏิกิริยาความเป็นกรด/ด่าง (pH)	1	4.48	3.95	3.82	3.93	5.05
	2	4.15	3.78	3.82	3.88	3.13
	3	4.10	3.90	3.90	3.75	3.90
ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM,%)	2	0.62	0.59	0.76	2.52	4.32
	3	2.79	2.60	1.49	0.30	0.46
ฟอสฟอรัส (Phosphorus, mg/kg)	2	5.75	0.75	6.75	36.38	24.75
	3	11.00	10.00	2.50	1.00	3.00
แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca^{++} , cmol _c /kg)	2	6.46	3.56	4.10	5.73	7.87
	3	4.51	4.49	2.89	2.89	3.40
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg^{++} , cmol _c /kg)	2	10.24	6.53	7.77	10.40	14.42
	3	7.84	7.81	5.16	5.16	6.00
โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Na^+ , cmol _c /kg)	2	3.64	2.95	3.57	4.78	6.69
	3	2.90	1.99	1.81	2.17	3.09
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K^+ , cmol _c /kg)	2	0.54	0.46	0.56	0.72	0.93
	3	0.51	0.47	0.42	0.43	0.50
แคลเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Ca^{++} , mmol _c /l)	1	2.05	1.98	2.18	1.80	4.70
	2	8.21	3.07	2.85	11.87	30.46
	3	2.44	2.54	2.01	1.64	1.86
แมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Mg^{++} , mmol _c /l)	1	2.36	2.63	3.64	2.95	8.10
	2	7.49	5.47	5.33	34.59	79.78
	3	3.20	3.12	2.68	2.70	2.87
โซเดียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble Na^+ , mmol _c /l)	1	6.45	6.80	9.34	9.61	17.89
	2	25.69	19.21	19.87	30.91	54.94
	3	13.17	10.54	11.86	12.74	15.37

สมบัติของดิน	จุด	ความลึกจากผิวดิน (ซม.)				
	สังเกตการณ์	0-20	20-40	40-80	80-120	120-150
โพแทสเซียมที่ละลายน้ำได้ (Soluble K ⁺ , mmol/l)	1	0.08	0.11	0.22	0.18	0.73
	2	0.57	0.49	0.54	0.79	0.89
	3	0.33	0.27	0.23	0.42	0.43
คลอไรด์ที่ละลายน้ำได้ (Soluble Cl ⁻ , mmol/l)	1	4.68	5.49	8.19	8.61	8.98
	2	21.05	15.08	16.86	22.77	35.41
	3	10.64	8.84	8.03	10.17	14.06
ซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ (Soluble SO ₄ ⁼ , mmol/l)	1	3.99	3.77	6.56	4.40	22.50
	2	10.75	8.00	7.38	49.00	149.00
	3	7.00	6.00	6.00	4.00	5.00

1* ดินนาก่อนการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

2 ดินบ่อ P3 ที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ 1 ครั้ง และปลูกข้าวตาม

3 ดินนาบริเวณท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดิน L21 ในช่วงเวลาของการสิ้นสุดการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 2

วิจารณ์

ปัญหาของการระบาดของโรคกุ้งทำให้การเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (Black tiger shrimp, *Penaeus monodon*) ในบริเวณพื้นที่ชายฝั่งทะเลลุ่มเหลว แต่อย่างไรก็ตามได้มีการพบว่าหากนำเอากุ้งกุลาดำซึ่งเป็นสัตว์ที่มีวงจรชีวิตอยู่ในทะเลมาเพาะเลี้ยงในบริเวณพื้นที่น้ำจืดที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของการขึ้นลงของน้ำทะเลแล้ว การระบาดของโรคกุ้งจะน้อยลง และผลตอบแทนในการเลี้ยงกุ้งก็อยู่ในระดับสูงด้วย จึงทำให้เกิดการขยายตัวของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำไปในพื้นที่น้ำจืดภาคกลางที่ห่างไกลจากทะเลออกไป ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวเป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่อุดมสมบูรณ์ใช้ในการผลิตข้าว และไม้ผล แต่ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตพื้นที่น้ำจืดจำเป็นต้องใช้น้ำทะเล หรือน้ำจากนาเกลือที่มีความเค็มสูง (salt pan water) มาใช้ในการอนุบาลลูกกุ้ง (early post larval) ในระยะแรกเพื่อให้ลูกกุ้งสามารถปรับตัว (acclimatization) ให้เข้ากับความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งที่มีระดับความเค็มต่ำสุดที่กุ้งกุลาดำมีอัตราการรอดสูงสามารถเจริญเติบโตได้ (low salinity technique) ทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับการสะสมของความเค็มในดินก้นบ่อ และการปนเปื้อนของน้ำเค็มที่รั่วไหล (seepage) หรือ การปล่อยน้ำที่มีความเค็มออกมาจากระบบการเลี้ยงกุ้ง (pond effluents) ต่อพื้นที่เกษตรกรรมที่ใช้ในการปลูกข้าว รวมไปถึงการแย่งน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ และน้ำชลประทานของเกษตรกรผู้เลี้ยงกุ้ง และเกษตรกรผู้ปลูกข้าว หรือไม้ผล จากสาเหตุดังกล่าวจึงได้มีการพัฒนาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิด ความเค็มต่ำขึ้นมา และกล่าวกันว่าระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบนี้ไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรม และยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมอีก โดยระบบประกอบด้วยบ่ออนุบาล บ่อเลี้ยงกุ้ง จำนวน 2 บ่อ บ่อเลี้ยงปลาทับทิม และบ่อพักน้ำ โดยไม่มีการสูบน้ำออกไปจากระบบ แต่จะมีการบำบัดน้ำ และหมุนเวียนกลับไปใช้ในการเลี้ยงกุ้ง เลี้ยงปลา และปลูกข้าวในบ่อเลี้ยงกุ้งที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งมาแล้ว เพื่อแสดงให้เห็นว่าการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ ไม่มีทำให้เกิดการสะสมของความเค็มของดินในบ่อเลี้ยงกุ้ง และดินในพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียง นอกจากนี้ยังเป็นการทำการเกษตรแบบผสมผสาน คือมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ปลูกข้าว และเลี้ยงปลา พื้นที่ทั้งหมดจะถูกล้อมรอบด้วยคูน้ำที่มีระดับความลึกมากกว่าบ่อเลี้ยงกุ้ง และมีคันดินที่อัดแน่นเพื่อใช้ในการป้องกันไม่ให้น้ำเค็มที่รั่วไหลออกจากระบบเคลื่อนที่ต่อไปยังพื้นที่เกษตรกรรม และแหล่งน้ำธรรมชาติ ส่วนการกำจัดตะกอนดินทำโดยทิ้งบนคันที่ล้อมรอบ

จากการศึกษาผลของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิด ความเค็มต่ำในพื้นที่เกษตรกรรมน้ำจืดในบริเวณโครงการพัฒนาส่วนพระองค์บางเตน พบว่า

ความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ในการปรับตัวของลูกกุ้งกุลาดำต่อน้ำที่มีความเค็มต่ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งในบ่อเลี้ยง (grow-out pond) นั้น มีการนำน้ำเค็มเข้ามาในเขตพื้นที่น้ำจืด โดยใช้น้ำที่มีความเค็ม 40-230 ppt (parts per thousand) จำนวน 144 ลูกบาศก์เมตร หรือ 144000 ลิตร ในการอนุบาลลูกกุ้ง ดังนั้นในการอนุบาลลูกกุ้ง 1 ครั้ง จะมีการนำเกลือเข้ามาสะสมในพื้นที่เกษตรกรรมคิดเป็นน้ำหนักประมาณ 13 ตัน โดยน้ำที่มีความเค็ม 1 ppt หรือ 1000 ppm (parts per million) เท่ากับน้ำที่มีความเข้มข้นของสารละลายเกลือ 0.1% หรือ

ในน้ำ 1 ลิตร จะมีเกลือที่ละลายน้ำได้อยู่ 1 กรัม (U. S. Salinity Laboratory staff, 1954) ชื่อน้ำสังเกตประการหนึ่งได้แก่มีการใช้น้ำที่มีความเค็มสูงในปริมาณที่มากในการปรับตัวของลูกกุ้ง ซึ่งโดยทั่วไปเกษตรกรจะมีการนำน้ำเค็มเข้ามาในพื้นที่คิดเป็นน้ำหนักของเกลือประมาณ 800 กกต่อไร่ (สมศรี 2541) ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะเป็นบ่อที่ขุดใหม่ทำให้ไม่สามารถเก็บกักน้ำไว้ได้ทำให้มีการใช้น้ำเค็มในปริมาณสูงในการอนุบาลกุ้ง

องค์ประกอบของเกลือที่ละลายน้ำมี Sodium (Na^+) และ Chloride (Cl^-) เป็นองค์ประกอบหลักประมาณ 8.57% และที่เหลือเป็นเกลืออื่นๆ ได้แก่ Magnesium (Mg^{+2}) Calcium (Ca^{+2}) Potassium (K^+) และ Sulfate (SO_4^{-2}) (FAO, 1992) เกลือที่ละลายน้ำได้เหล่านี้จะไปมีผลกระทบต่อความเค็มของน้ำ และดินในพื้นที่เกษตรกรรมน้ำจืดหากมีการปนเปื้อนออกไปในพื้นที่เกษตรกรรม และแหล่งน้ำธรรมชาติ นอกจากนี้ยังมีผลต่อดิน และน้ำในพื้นที่เลี้ยงกุ้งโดยตรงในกรณีที่มีการป้องกันไม่ให้เกิดการแพร่กระจายของน้ำเค็มที่นำมาใช้ในการอนุบาลลูกกุ้ง (ประวิทย์ และพิภพ 2539) สารละลายเกลือที่มีประจุไฟฟ้าบวกบางส่วนโดยเฉพาะ Na^+ จะเข้าไปไล่ที่อนุมูลของธาตุที่มีประจุบวกที่ถูกดูดยึดไว้ด้วยอนุภาคดินเหนียว montmorillonite และ illite ทำให้เกิดการสะสมของโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable sodium) ในดินที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และการเพิ่มขึ้นของ soluble cation และ anion ใน soil solution บางส่วนของ soluble ion จะเคลื่อนที่ลึกลงไปในชั้นดิน (percolation) และไปปนเปื้อนแหล่งน้ำใต้ดิน (aquifer) และแหล่งน้ำธรรมชาติในที่สุด (Tanji, 1990) สารละลายเกลือเหล่านี้จะมีผลต่อสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของดิน โดยทำให้โครงสร้างของดินเสียไป เกิดการสูญเสียดินอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Shainberg, 1990) นอกจากนี้ยังมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชโดยทำให้ความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินลดน้อยลง ทำให้พืชขาดน้ำและอาหาร ในการปรับตัวของพืชต่อความเค็มของน้ำ และดินนั้น พืชจำเป็นต้องดูดเอาสารละลายเกลือเข้าไป และหากมีการสะสมธาตุบางตัวมากเกินไปจะทำให้เกิดการเป็นพิษต่อพืช โดยไปทำให้มีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชในที่สุด (Bernstein and Francois, 1973)

การดำเนินการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบที่มีการกั้นคอกพลาสติกในบ่ออนุบาล จะใช้น้ำที่มีค่าความเค็มสูงในตอนแรกเท่านั้น หลังจากนั้นจะค่อยๆ ลดระดับความเค็มของน้ำในคอกพลาสติกลงโดยทำการผสมกับน้ำที่อยู่ภายนอกคอกพลาสติกซึ่งเป็นน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ หลังจากนั้นจึงย้ายลูกกุ้งซึ่งสามารถปรับตัวให้เข้ากับระดับความเค็มของน้ำในระดับต่ำสุดแล้วไปเลี้ยงในบ่อเลี้ยงที่มีขนาดใหญ่กว่า ทำให้ช่วงที่เลี้ยงกุ้งในบ่อเลี้ยงไม่มีความจำเป็นต้องใช้น้ำที่มีระดับความเค็มสูงในปริมาณที่มาก แต่น้ำที่นำมาใช้ในการเลี้ยงกุ้งยังมีความจำเป็นที่จะต้องมีการละลายเกลือเป็นองค์ประกอบอยู่ เนื่องจากกุ้งกุลาดำเป็นสัตว์ที่มีวงจรชีวิตอยู่ในทะเล ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่น้ำที่ใช้ในการเลี้ยงจะต้องมีความเค็มอยู่ เพียงแต่ว่าระดับของความเค็มของน้ำจะลดน้อยลงตามอายุกุ้งที่เพิ่มขึ้น ทำให้ในช่วงที่จับกุ้งมีการพูดว่าน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งมีความเค็ม 0 ppt ความเค็มของน้ำในระดับนี้หากมีการวัดด้วยหน่วยที่เล็กกว่าเช่น ppm

(ppt=1000 ppm) ก็ยังจะพบว่าน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความเค็มอยู่ อย่างไรก็ตามความเค็มของน้ำที่อยู่ในระดับดังกล่าวนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเค็มของน้ำชลประทานที่สามารถยอมรับให้นำมาใช้เพื่อการเกษตรโดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อพืช ดิน และสภาพแวดล้อมนั้น ค่าความเค็มต่ำสุดดังกล่าวก็ยิ่งสูงกว่าค่าที่ยอมรับให้นำมาใช้เพื่อการเกษตรโดยไม่มีผลกระทบต่อพืช และ ดิน (FAO, 1972) ดังนั้นบ่ออนุบาลลูกกุ้ง และบ่อเลี้ยงกุ้งจึงเป็นแหล่งของการแพร่กระจายความเค็ม แต่เมื่อพิจารณาถึงระดับของความเค็มของน้ำแล้ว ความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาลน่าจะเป็นตัวการหลักในการส่งผลกระทบต่อ ดิน น้ำ และสภาพแวดล้อม

ได้มีความพยายามในการลดความเค็มของน้ำที่ใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งในช่วงที่ลูกกุ้งอยู่ในบ่ออนุบาลเพื่อที่จะลดผลกระทบของน้ำเค็มที่นำมาใช้ในระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบปิด โดยค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้ง 4 ครั้ง มีการลดลงจาก 10.51 dS/m ในการอนุบาลลูกกุ้งครั้งที่ 1 เป็น 5.17 3.68 และ 5.90 dS/m ในการอนุบาลลูกกุ้งครั้งที่ 2 3 และ 4 โดยความเค็มของน้ำที่ใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งในช่วงเวลาของการอนุบาลลูกกุ้งครั้งที่ 2 3 และ 4 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1) ซึ่งจากการที่ใช้น้ำที่มีความเค็มลดลงประมาณครึ่งหนึ่งของความเค็มเฉลี่ยของน้ำที่ใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งครั้งที่ 1 นั้นจะไปมีผลทำให้ปริมาณของเกลือที่นำเข้ามาปนเปื้อนพื้นที่เกษตรกรรมน้ำจืดลดน้อยลงตามไปด้วย ทั้งนี้เนื่องจากการลดความเค็มของน้ำที่ใช้ในการปรับตัวของลูกกุ้งกุลาดำในโรงพักกุ้ง ทำให้สามารถนำเอาลูกกุ้งมาปรับตัวต่อบ่ออนุบาลที่มีความเค็มของน้ำที่ต่ำลง ดังนั้นหากมีการปรับตัวของลูกกุ้งในช่วงที่อยู่ในโรงพักให้ลูกกุ้งสามารถเจริญเติบโตในน้ำที่มีความเค็มต่ำลงมากกว่านี้ การนำน้ำที่มีความเค็มสูงมาใช้ในการปรับตัวลูกกุ้งก็จะลดลง ทำให้ผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืดก็จะลดลงตามไปด้วย หรือหากมีการป้องกันไม่ให้เกิดรั่วไหลของน้ำเค็มที่ใช้ในการปรับตัวของลูกกุ้งในบ่ออนุบาลก็จะสามารถลดผลกระทบของการแพร่กระจายของน้ำเค็มได้ ในการกระทำดังกล่าวอาจจะอนุบาลลูกกุ้งในบ่อที่ป้องกันการแพร่กระจายของความเค็มของน้ำ โดยอาจจะเป็นบ่อซีเมนต์ หรือบ่อที่ปูพลาสติก หรือในภาชนะขนาดใหญ่ เนื่องจากในการปรับตัวของลูกกุ้งไม่จำเป็นต้องใช้พื้นที่มาก ภายหลังจากลูกกุ้งสามารถปรับตัวให้เข้ากับความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติจึงนำไปเลี้ยงในบ่อเลี้ยงที่มีขนาดใหญ่ต่อไป

การหมุนเวียนบ่อเลี้ยงกุ้งเพื่อปลูกข้าว

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ มีการใช้บ่อเลี้ยงกุ้ง 2 บ่อ P1 และ P3 โดยสลับกันใช้ในการเลี้ยงกุ้ง ทำให้บ่อแต่ละบ่อใช้ในการเลี้ยงกุ้งเพียงปีละ 1 ครั้งเท่านั้น ในขณะที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตพื้นที่น้ำจืดโดยทั่วไปใช้บ่อเลี้ยงเลี้ยงกุ้งปีละ 2 ครั้ง (กู่เกียรติ 2544) ดังนั้นผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งต่อการสะสมความเค็มของบ่อเลี้ยงกุ้งย่อมจะน้อยลงตามอัตราของการใช้บ่อด้วย ในการนำพื้นที่บ่อเลี้ยงกุ้งที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งมาแล้วมาหมุนเวียนใช้ในการปลูกข้าว นั้น จุดประสงค์หลักต้องการแสดงให้เห็นว่า การเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำในพื้นที่น้ำจืดที่ใช้ในการปลูกข้าวไม่มีผลทำให้เกิดการสะสมของเกลือในดิน

ดินที่ผ่านการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบความเค็มต่ำสามารถนำมาหมุนเวียนปลูกข้าวได้ และยังเป็นทางเลือกเลี้ยงไม่ให้เกิดการสะสมของเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำที่นำมาใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อเลี้ยงอีกด้วย เนื่องจากในช่วงเวลาที่ไม่มีการเลี้ยงกุ้งใช้พื้นที่ในบ่อเลี้ยงกุ้งในการปลูกข้าวซึ่งเป็นพืชที่มีความสามารถในการทนเค็มได้ปานกลาง สามารถเจริญเติบโตในดินเค็มที่มีความเค็มของดินอยู่ในช่วง 4-8 dS/m (Pearson และ Bernstein, 1959) นอกจากนี้การปลูกข้าวในระบบน้ำท่วมขังยังเป็นการเพิ่มการชะล้างของเกลือ (leaching) ที่สะสมอยู่ในชั้นดินในช่วงเวลาที่มีการใช้บ่อไปในการเลี้ยงกุ้งให้เคลื่อนที่ลึกลงไปในชั้นดิน (leachate) ทำให้ความเค็มของดินในบ่อเลี้ยงกุ้งลดน้อยลง (Hoffman, 1990)

การสะสมของเกลือในชั้นดินในบ่อเลี้ยงกุ้งในระบบปิดความเค็มต่ำจะมีไม่มากเนื่องจากใช้น้ำที่มีความเค็มต่ำ และมีการเพิ่มเติมน้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติอย่างสม่ำเสมอทำให้ความเค็มของดินในชั้นดินถูกชะล้างลึกลงไปในชั้นดินทั้งในช่วงที่มีการเลี้ยงกุ้ง และในช่วงที่มีการปลูกข้าวหมุนเวียน (Abu-Sharar et al., 1987) โดยเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้ง และปลูกข้าว ความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งครั้งที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.57 dS/m แต่ความเค็มเฉลี่ยของน้ำที่ใช้ในการปลูกข้าว เลี้ยงกุ้ง และปลูกข้าวในอีก 3 ช่วงเวลาที่มีการเลี้ยงกุ้งมีค่าเท่ากับ 2.52 3.06 และ 3.07 dS/m ตามลำดับ โดยความเค็มเฉลี่ยของน้ำที่ใช้ในการปลูกข้าว และเลี้ยงกุ้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนความเค็มของน้ำที่ใช้ในการปลูกข้าว เลี้ยงกุ้ง ปลูกข้าว และเลี้ยงกุ้งในบ่อเลี้ยงกุ้ง P1 ก็มีค่าความเค็มเฉลี่ยไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเท่ากับ 3.13 3.43 3.84 และ 4.10 dS/m ตามลำดับ สาเหตุที่ความเค็มของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งครั้งที่ 1 สูงอาจจะเนื่องมาจากการเลี้ยงกุ้งครั้งแรกจึงใช้ความเค็มของน้ำในบ่อเลี้ยงค่อนข้างสูง แต่เมื่อทำการเลี้ยงครั้งที่ 2 3 และ 4 ทราบแล้วว่ากุ้งสามารถเจริญเติบโตได้ในระดับความเค็มของน้ำที่ต่ำกว่าที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งครั้งที่ 1 ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งในบ่อเลี้ยงจึงมีค่าลดลง และไม่แตกต่างกันทางสถิติกับความเค็มของน้ำที่ใช้ในการปลูกข้าว

การอนุบาลลูกกุ้งโดยการกั้นคอกพลาสติกในบ่ออนุบาลแทนที่จะใช้การอนุบาลลูกกุ้งโดยการกั้นคอกพลาสติกในบ่อเลี้ยงซึ่งปฏิบัติกันทั่วไปในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (ชลอ และคณะ 2544) ทำให้การสะสมของความเค็มของดินเนื่องมาจากการนำน้ำทะเล หรือน้ำจากนาเกลือมาใช้ในการอนุบาลลูกกุ้งในบ่อเลี้ยงลดน้อยลงเนื่องจากน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งในบ่อเลี้ยงจะใช้น้ำที่มีความเค็มต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับความเค็มของน้ำที่ใช้ในการปรับตัวของลูกกุ้งในบ่ออนุบาล แต่การสะสมของความเค็มของดินในชั้นดินจะอยู่ในบ่ออนุบาล ซึ่งใช้ในการปรับตัวของลูกกุ้งด้วยน้ำที่มีความเค็มสูงเท่านั้น

ดังนั้นจึงไม่อาจจะสรุปได้ว่า การเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำในพื้นที่เกษตรกรรมน้ำจืดไม่ทำให้เกิดการสะสมของความเค็มของดินในบ่อที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งเนื่องสามารถนำเอาพื้นที่มาหมุนเวียนใช้ในการปลูกข้าวได้ แต่โดยความเป็นจริงแล้ว พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้แก่บ่ออนุบาล เนื่องจากมีการนำน้ำที่มีความเค็มสูงมาใช้ในการปรับตัวของลูกกุ้ง ส่วนในบ่อเลี้ยงกุ้งนั้นลูกกุ้ง

สามารถปรับตัวให้เจริญเติบโตในน้ำที่มีความเค็มไม่แตกต่างกับความเค็มของน้ำที่สามารถนำมาใช้ในการปลูกข้าวแล้ว (Ayers and Westcot, 1988) การสะสมของความเค็มของดินอันเนื่องมาจากการเลี้ยงกุ้งในบ่อเลี้ยงจะน้อยลงตามความเค็มของน้ำที่ลดลง จากเหตุผลดังกล่าวจึงไม่อาจกล่าวได้ว่าการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ ไม่มีผลกระทบต่อ การเกิดดินเค็ม และการเกษตรกรรมในพื้นที่น้ำจืด และการเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยมีบ่ออนุบาลลูกกุ้งที่ใช้ น้ำเค็มในการปรับตัวในระยะแรก แล้วจึงย้ายกุ้งจากบ่ออนุบาลไปยังบ่อเลี้ยงที่ใช้ น้ำที่มีความเค็มต่ำอาจ จะไม่สามารถปฏิบัติได้ ในกรณีที่มีการเลี้ยงกุ้งจำนวนหลายบ่อ

ความเค็มของน้ำในบ่อเลี้ยง ความเค็มของน้ำในนาข้าว และความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ

ความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้ง และปลูกข้าวในระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบปิด มีค่าสูงกว่าความเค็มของน้ำในนาข้าวในโครงการสวนพระองค์บางแตน และความเค็มของน้ำในคลองบางแตน เพราะน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งมีน้ำจากบ่ออนุบาลมาผสมอยู่ด้วย และน้ำในนาข้าวที่ปลูกในบ่อเลี้ยงกุ้งมีการปนเปื้อนมาจากน้ำในบ่อพักน้ำ หรือมีเกลือที่ละลายน้ำได้ละลายมาจากดินในบ่อเลี้ยงที่มีการสะสมความเค็มอยู่ในชั้นดินทำให้ความเค็มของน้ำมีค่าสูงกว่าความเค็มของน้ำในคลองบางแตน

ความเค็มของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งเป็นผลมาจากการผสมน้ำเค็มที่นำเข้ามาในพื้นที่กับน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ ดังนั้นหากน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติอยู่ภายใต้อิทธิพลของการขึ้นลงของน้ำทะเล หรือเขตพื้นที่น้ำกร่อย (brackish water) (Boyd and Clay, 1998) เช่นน้ำจากคลองบางแตน และแม่น้ำบางปะกง การใช้ น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติดังกล่าวซึ่งเป็นน้ำกร่อย คือมีความเค็มของน้ำสูงกว่าความเค็มของน้ำในพื้นที่น้ำจืดอื่นๆ ที่ห่างไกลจากทะเล มาเพิ่มเติมลงในบ่อเลี้ยงเท่ากับเป็นการรักษาระดับของความเค็มของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งทำให้กุ้งสามารถเจริญเติบโตได้ แต่ในบริเวณพื้นที่น้ำจืดอื่น ๆ ที่อยู่ห่างไกลจากทะเล น้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติจะมีความเค็มของน้ำน้อยกว่า 1 ppt (Ayers and Westcot, 1988) ซึ่งความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติดังกล่าวไม่เพียงพอที่จะทำให้กุ้งสามารถเจริญเติบโตครบวงจรชีวิตได้ ดังนั้นในบริเวณเขตพื้นที่น้ำจืดจะต้องมีการใช้น้ำเค็มในปริมาณที่มากกว่าในบริเวณที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของการขึ้นลงของน้ำทะเล หรือมีการเติมเกลือเม็ดในระหว่างการเลี้ยงกุ้ง (Banpasirichote, 1993)

การป้องกันการแพร่กระจายของความเค็มของน้ำ

การป้องกันไม่ให้เกิดการแพร่กระจายของความเค็มของน้ำที่นำมาใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ กระทำโดยการมีคูน้ำที่ลึกกว่าระดับของก้นบ่อเลี้ยง โดยคูน้ำนี้จะล้อมรอบระบบจะคอยดักจับน้ำเค็ม (intercept) ที่จะรั่วไหล (seepage) ออกไปจากระบบทั้งทางด้านข้าง (lateral flow) และจากก้นบ่อ (deep percolation) ที่อยู่ในระดับที่สูงกว่า ส่วนคันดินที่ใช้เป็นส่วนประกอบของคูน้ำก็อัดแน่นทำให้สามารถป้องกันการรั่วไหลของน้ำจากคูน้ำไปยังพื้นที่การเกษตรที่อยู่ข้างเคียง นอกจากนี้ น้ำที่หล่ออยู่ในคูรอบระบบทำให้ความเค็มของน้ำเจือจางลง ดังนั้นหากมีการรั่วซึมของน้ำจากคู

น้ำที่ล้อมรอบระบบออกไปยังพื้นที่เกษตรกรรม ความเค็มของน้ำที่ออกไปบนเปื้อนในพื้นที่เกษตรกรรมจะมีความเค็มน้อยลงจนอาจจะไม่มีผลกระทบต่อความเค็มของน้ำ และดินในพื้นที่เกษตรกรรมรวมไปถึงสภาพแวดล้อมที่อยู่ใกล้เคียงด้วย ซึ่งจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในคูรอบระบบในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำทั้ง 4 ครั้ง พบว่าความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1) และมีความสัมพันธ์ทางสถิติกับความเค็มของน้ำในคลองบางแตน และความเค็มของน้ำในบ่อเลี้ยงปลาทับทิม P2 แต่ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับความเค็มของน้ำในบ่ออนุบาลหรือบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (ตารางที่ 7) และความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำในคูกับระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระดับน้อยถึงปานกลาง (ตารางที่ 13) โดยมีค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำอยู่ระหว่าง 0.97-3.30 dS/m จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบ และความเค็มของน้ำในบ่อ P2 มีความสัมพันธ์กับความเค็มของน้ำในคลองบางแตนเนื่องจากน้ำในคูน้ำรอบระบบและน้ำในบ่อเลี้ยงปลาทับทิม P2 เป็นน้ำที่สูบเข้ามาจากคลองบางแตน แสดงให้เห็นว่าการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของคูน้ำรอบระบบไม่มีความสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ หรืออาจจะกล่าวได้ว่าคูน้ำรอบระบบไม่สามารถป้องกันน้ำเค็มที่ซึมออกมาจากบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ หรือหากคูน้ำสามารถดักจับความเค็มของน้ำที่แพร่กระจายออกมาบนเปื้อนกับน้ำในคูน้ำรอบระบบ แต่เนื่องจากการสูบน้ำจากคลองบางแตนเข้ามาผสมตลอดเวลาทำให้ความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำหรือน้ำเค็มจากบ่อเลี้ยงกุ้ง นอกจากนี้น้ำเค็มจากบ่ออนุบาล หรือบ่อเลี้ยงกุ้งอาจจะมีการเคลื่อนที่ลึกกลงไปในชั้นดินโดยตรง (deep percolation) มากกว่าการเคลื่อนที่ออกมาทางด้านข้าง (lateral flow) ทำให้คูน้ำรอบระบบไม่สามารถดักจับน้ำเค็มจากบ่ออนุบาล หรือบ่อเลี้ยงกุ้ง จึงพบว่าความเค็มของน้ำในคูน้ำรอบระบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้ง 4 ครั้ง ความเค็มของน้ำที่นำเข้ามาในระบบจะสะสมอยู่ในพื้นที่เลี้ยงกุ้ง และเคลื่อนที่ลึกกลงไปในชั้นดินในบริเวณพื้นที่เลี้ยงกุ้งโดยตรงมากกว่าจะเคลื่อนที่ออกมาทางด้านข้างในระดับความลึกที่น้อยกว่าระดับความลึกของคูน้ำรอบระบบ (Braaten and Flaherty, 2000)

หากต้องการให้มีการดักจับน้ำผิวดิน หรือน้ำใต้ดินที่อาจจะเคลื่อนที่ออกไปบนเปื้อนยังพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ข้างเคียงจำเป็นต้องเพิ่มความลึกของคูน้ำรอบระบบให้มากกว่านี้ (2.7 ม.) และไม่ควรมีการหล่อน้ำในคู โดยน้ำที่สามารถดักจับได้จะต้องดำเนินการกำจัดให้พ้นไปจากคูน้ำซึ่งอาจจะดำเนินการโดยการสูบลบเข้าไปในระบบ แล้วนำไปหมุนเวียนใช้ต่อไป เนื่องจากหากทิ้งไว้ในคู น้ำเหล่านี้สามารถเคลื่อนที่ออกไปยังพื้นที่เกษตรกรรมข้างเคียงได้

ผลกระทบต่อความเค็มของน้ำในนาข้าว

ความเค็มของน้ำในนาข้าวในบริเวณใกล้เคียงพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และบริเวณพื้นที่ที่ห่างไกลออกไปจากพื้นที่เลี้ยงกุ้งระบบปิด ความเค็มต่ำ ในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 1 2 และ 3 มีค่าความเค็มของน้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติ และความเค็มของน้ำในนาข้าวมี

ความสัมพันธ์ทางสถิติกับความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ แต่ไม่มีความสัมพันธ์ทางสถิติกับระยะเวลาที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ ไม่ก่อให้เกิดการแพร่กระจายของความเค็มของน้ำที่นำมาเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในช่วงอนุบาลต่อพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียง โดยเฉพาะน้ำผิวดิน หรือน้ำในนาข้าว เนื่องจากในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ จะไม่มีการสูบน้ำออกมาจากระบบ และมีคูน้ำ และคันดินที่อัดแน่นทำให้สามารถป้องกันการปนเปื้อนของน้ำผิวดินในพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่โดยรอบ ผลการศึกษานี้จะขัดแย้งกับรายงานของ Miller และคณะ(1999) ที่รายงานว่า การเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีผลต่อพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงโดยการรั่วไหลของน้ำเค็มออกไปปนเปื้อนแหล่งน้ำธรรมชาติ หรือน้ำชลประทานซึ่งใช้ในการปลูกข้าวหรือไม้ผล แต่แสดงให้เห็นถึงผลของคันดินที่อัดแน่นที่สามารถป้องกันการรั่วไหลของน้ำเค็มจากพื้นที่เลี้ยงกุ้งได้เป็นอย่างดี

ผลกระทบต่อความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ

ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำนั้นบางครั้งเกษตรกรจำเป็นต้องสูบน้ำจากบ่อเลี้ยงกุ้งปล่อยออกไปยังแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งทำให้มีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ แต่ในการเลี้ยงกุ้งในระบบปิด ความเค็มต่ำ ไม่มีการปล่อยน้ำที่ไม่ต้องการออกจากระบบ แต่มีบ่อกักน้ำที่ทำหน้าที่เก็บน้ำไว้ใช้ประโยชน์ต่อไป หรือทำหน้าที่บำบัดน้ำให้มีคุณภาพที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเลี้ยงกุ้งต่อไป จากการศึกษาคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ พบว่าค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในคลองบางแตน และความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกงในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งทั้ง 4 ครั้ง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 1) และจากค่าความสัมพันธ์ทางสถิติของความเค็มของน้ำในคลองบางแตน และแม่น้ำบางปะกงกับระยะเวลาในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำก็พบว่าความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งสองไม่มีการเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (ตารางที่ 13) แสดงให้เห็นว่าในการพัฒนาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืดโดยการนำน้ำทะเลเข้ามาใช้ในการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ไม่มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในคลองบางแตน และแม่น้ำบางปะกง หรืออาจจะกล่าวได้ว่าจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำในบริเวณโครงการส่วนพระองค์บางแตนไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งขัดแย้งกับรายงานของคณะกรรมการศึกษาข้อมูลการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืด (2541) ที่กล่าวว่า การเลี้ยงกุ้งกุลาดำทำให้คุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงจะมีความเค็มสูงขึ้น การที่ความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติทั้งสองแหล่งไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากไม่มีการสูบน้ำทิ้งออกจากระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และปริมาณของน้ำเค็มที่รั่วไหลออกมาจากระบบการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบริเวณดังกล่าวมีปริมาณที่น้อยเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณน้ำของในคลองบางแตน และแม่น้ำบางปะกง และน้ำในคลองบางแตน และแม่น้ำบางปะกงมีการเคลื่อนไหวขึ้นลงตลอดเวลาทำให้ไม่เกิดการสะสมของความเค็มในแหล่งน้ำธรรมชาติ นอกจากนี้พื้นที่ที่ทำการศึกษาอยู่ในเขตอิทธิพลของการขึ้นลงของน้ำทะเล

ทำให้ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำในคลองบางแตน และแม่น้ำบางปะกงมีค่าสูง เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำไม่พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ และเหตุผลอีกประการหนึ่งที่ไม่พบการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติเนื่องจากหากมีการปนเปื้อนของน้ำจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำการปนเปื้อนน่าจะมาจากมีการเชื่อมต่อระหว่างน้ำใต้ดินกับน้ำในแม่น้ำบางปะกง และน้ำใต้ดินที่จะเคลื่อนที่ออกมาปนเปื้อนน้ำในแม่น้ำจะอยู่ในระดับลึกจากผิวน้ำ หรือจุดสังเกตการณ์ความเค็มของน้ำ ทำให้ไม่สามารถตรวจจับการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำได้ และน้ำเค็มจะมีความถ่วงจำเพาะที่สูงกว่าน้ำจืดทำให้น้ำเค็มจะอยู่ในระดับลึกจากผิวน้ำ

ดังนั้นการแพร่กระจายของความเค็มอันเนื่องมาจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่การเกษตรกรรมเขตน้ำจืดต่อแหล่งน้ำธรรมชาติที่อยู่ใกล้ปากแม่น้ำที่อยู่ภายใต้อิทธิพลของการขึ้นลงของน้ำทะเลจะไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติเนื่องจากน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาตินี้มีคุณภาพของน้ำต่ำอยู่แล้ว โดยค่าเฉลี่ยความเค็มของน้ำในคลองบางแตนและแม่น้ำบางปะกงมีค่าอยู่ระหว่าง 1.28-3.08 dS/m (ตารางที่ 1) ซึ่งค่าความเค็มของน้ำในระดับนี้ก็เกินขีดจำกัดของน้ำที่สามารถนำมาใช้เพื่อการเกษตรกรรม และการอุปโภค บริโภคอยู่แล้ว

ผลกระทบต่อความเค็มของน้ำใต้ดิน

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่เกษตรกรรมน้ำจืด โดยการนำเอาน้ำเค็ม หรือเกลือมาผสมน้ำ แล้วเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบ่อ อาจจะทำให้เกิดผลกระทบต่อพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ข้างเคียง โดยการสูบน้ำเค็มออกจากบ่อเลี้ยงกุ้ง แล้วปล่อยออกไปยังแหล่งน้ำธรรมชาติซึ่งใช้ในการอุปโภค บริโภค และการเกษตรกรรม หรือโดยการรั่วซึมของน้ำเค็มจากบ่อเลี้ยงกุ้ง หรือโดยการเคลื่อนที่ของน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้งลงไปในชั้นดินแล้วเข้าไปปนเปื้อนยังแหล่งน้ำใต้ดิน ซึ่งหากน้ำใต้ดินเหล่านี้เคลื่อนที่ขึ้นมาจะเหยบนผิวดิน หรือในชั้นดิน ทำให้เกิดปัญหาดินเค็มขึ้นซึ่งจะไปมีผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชในที่สุด (Braaten and Flaherty, 2000)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับ 2 5 10 และ 15 ม. จากผิวดินในบริเวณพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงได้ยืนยันถึงผลของการนำเอาน้ำเค็มหรือน้ำจากนาเกลือมาใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อการเปลี่ยนแปลงความเค็มของน้ำใต้ดิน โดยความเค็มเฉลี่ยของน้ำใต้ดินในแต่ละช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับความเค็มของน้ำใต้ดินก่อนที่จะมีการพัฒนาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 ม. ก่อนที่จะมีการก่อสร้างบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีค่าตั้งแต่ 0.86 dS/m ถึง 3.72 dS/m ซึ่งบางจุดสังเกตการณ์ความเค็มของน้ำใต้ดินมีค่าสูงกว่ามาตรฐานของน้ำที่สามารถนำเอามาใช้เพื่อการเกษตรได้ การเพิ่มขึ้นของความเค็มของน้ำใต้ดินเห็นได้ชัดเจนในบริเวณที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำ ส่วนบริเวณที่ห่างไกลออกไปจะมีการเพิ่มขึ้นน้อยหรือไม่มี การเพิ่มขึ้นของความเค็มของน้ำใต้ดินจะเห็นได้อย่างชัดเจนในน้ำใต้ดินที่ระดับความลึกมากกว่า 2 ม. จากผิวดิน ทั้งนี้

อาจจะเกิดจากการเคลื่อนที่ของน้ำชลประทานในนาข้าวลงไปทำให้ความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 ม. จากผิวดินลดลง หรืออาจจะเกิดจากน้ำเค็มในพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำเคลื่อนที่ลึกลงไปในชั้นดินก่อนแล้วปนเปื้อนน้ำใต้ดินที่อยู่ในระดับลึก จึงเคลื่อนที่ขึ้นมาปนเปื้อนน้ำใต้ดินที่อยู่ในระดับตื้น ทำให้การเพิ่มขึ้นของความเค็มของน้ำใต้ดินในระดับความลึก 2 ม. จากผิวดินเพิ่มขึ้นน้อยกว่าความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึกอื่นๆ และการเพิ่มขึ้นของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 ม. จากผิวดินในแต่ละจุดสังเกตการณ์ผันแปรกันออกไป เนื่องจาก upward hydraulic head ที่แตกต่างกัน

การเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 15 ม. จะเป็นไปได้ในทางเดียวกันกับความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 5 และ 10 ม. จากผิวดิน โดยความเค็มของน้ำใต้ดินจะเพิ่มขึ้นแต่การเพิ่มขึ้นของความเค็มของน้ำใต้ดินในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 1 2 3 4 มีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก เนื่องจากเกิดการเคลื่อนที่ขึ้นไปปนเปื้อนน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 10 5 และ 2 ม. จากผิวดิน หรือเคลื่อนที่ออกไปยังแหล่งน้ำธรรมชาติ (natural drainage) เนื่องจากระบบน้ำใต้ดินในบริเวณดังกล่าวมีการเชื่อมต่อกับแม่น้ำบางปะกง (hydraulic connection) ทำให้ความเค็มของน้ำใต้ดินไม่เพิ่มมากขึ้นตามระยะเวลาที่ทำการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ แต่การเพิ่มขึ้นของความเค็มของน้ำในแม่น้ำบางปะกงไม่สามารถตรวจวัดได้เนื่องจากน้ำในแม่น้ำบางปะกงมีปริมาณมาก และมีความเค็มของน้ำทะเลมาปนเปื้อนเนื่องจากได้รับอิทธิพลของการขึ้นลงของน้ำทะเล (sea water intrusion) แต่ในกรณีนี้แหล่งระบายน้ำใต้ดินดังกล่าวไม่ได้อยู่ในเขตพื้นที่น้ำกร่อยทำให้คุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำนั้นๆ ด้อยคุณภาพลงได้ (Freeze and Cherry 1979)

การแพร่กระจายของความเค็มออกไปยังแหล่งระบายน้ำขนาดใหญ่ (natural drainage) ซึ่งได้แก่แม่น้ำบางปะกงทำให้ความเค็มของน้ำใต้ดินไม่เพิ่มขึ้นซึ่งรวมไปถึงระดับน้ำใต้ดินด้วยทำให้สภาพทางอุทกวิทยาไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง แต่ในกรณีที่ไม่มีแหล่งระบายน้ำขนาดใหญ่ที่จะรองรับน้ำใต้ดินก็จะทำให้เกิดการยกตัวของน้ำใต้ดินที่เค็ม แล้วทำให้เกิดการแพร่กระจายของดินเค็ม และน้ำเค็มทั้งน้ำผิวดิน และน้ำใต้ดินซึ่งอาจจะไปมีผลกระทบต่อน้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคด้วย ดังนั้นการเพาะเลี้ยงกุ้งในเขตพื้นที่น้ำจืดภาคกลางไม่ควรดำเนินการในบริเวณที่รองรับด้วยตะกอนทรายและกรวดที่มีน้ำจืด เพราะความเค็มจากบ่อเลี้ยงกุ้งจะไปมีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำใต้ดินที่สามารถนำมาใช้เพื่อการอุปโภคบริโภค (เกรียงศักดิ์ และคณะ 2544)

ผลของระบบการเลี้ยงกุ้งต่อการป้องกันการแพร่กระจายน้ำเค็ม

การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิด ความเค็มต่ำ และระบบที่เกษตรกรทั่วไปปฏิบัติอยู่นั้นเป็นการเลี้ยงกุ้งในระบบความเค็มต่ำเหมือนกัน คือจะมีการปรับตัวของลูกกุ้งด้วยน้ำความเค็มสูงในช่วงแรกหลังจากนั้นจึงเลี้ยงกุ้งในน้ำที่มีความเค็มต่ำ แต่เกษตรกรทั่วไปจะปรับตัวลูกกุ้งในบ่อเลี้ยง ส่วนการเลี้ยงกุ้งระบบปิดความเค็มต่ำที่ทำการศึกษามีบ่อนุบาลไว้สำหรับใช้ในการปรับตัวของลูกกุ้ง ขนาดของบ่อเลี้ยงรวมทั้งการหมุนเวียนบ่อเลี้ยงก็แตกต่างกัน ในส่วนของการป้องกันการแพร่กระจายของน้ำเค็มนั้นเกษตรกรทั่วไป

จะขุดคูตื้นๆ ขนาดเล็ก ไม่มีน้ำหล่อ และมีคันดินขนาดเล็กพอไม่ให้น้ำจากบ่อรั่วไหล หรือล้นออกไปยังพื้นที่เกษตรกรรมและแหล่งน้ำธรรมชาติที่อยู่ใกล้เคียง ซึ่งจากการศึกษาผลกระทบของความเค็มของน้ำในนาข้าว และน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 5 10 และ 15 ม. จากผิวดิน พบว่ารูปแบบของการเลี้ยงกุ้งทั้งสองระบบไม่มีทำให้ความเค็มของน้ำในนาข้าวแตกต่างกัน การป้องกันการแพร่กระจายของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งในระบบการเลี้ยงกุ้งแบบเกษตรกร และการเลี้ยงกุ้งระบบปิด ความเค็มต่ำให้ผลไม่แตกต่างกัน โดยความเค็มของน้ำในนาข้าวเท่ากับ 0.80 และ 1.3 dS/m ตามลำดับ แต่ความเค็มของน้ำในนาข้าวทั้งสองพื้นที่เกษตรกรรมจะเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับความเค็มของน้ำในนาข้าวก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ แต่ความเค็มของน้ำยังอยู่ในช่วงที่สามารถนำมาใช้เพื่อการชลประทานโดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อดินและพืช

ในส่วนของผลของระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อความเค็มของน้ำใต้ดินนั้น พบว่าความเค็มของน้ำใต้ดินจะเพิ่มขึ้นในทุกๆระดับความลึก แต่การเพิ่มขึ้นของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 และ 5 ม. จากผิวดินจะสูงในระบบการเลี้ยงกุ้งแบบเกษตรกร ในขณะที่ความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 10 ม. ในการเลี้ยงกุ้งระบบปิด ความเค็มต่ำจะสูงกว่าระบบการเลี้ยงแบบเกษตรกร ทั้งนี้เนื่องจากในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำมีคูน้ำที่หล่อด้วยน้ำซึ่งผลักดันน้ำเค็มที่รั่วไหลจากบ่อเลี้ยงกุ้งให้เคลื่อนที่ลึกลงไปในชั้นดินทำให้น้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 10 ม. จากผิวดินมีความเค็มสูงกว่า ดังนั้น ผลกระทบของความเค็มของน้ำใต้ดินต่อพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ติดกับพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรจะสูงกว่าพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ แต่ที่ไม่พบความแตกต่างของความเค็มของน้ำในนาข้าวเนื่องจากมีการใช้ประโยชน์ที่ดินในการปลูกข้าวอย่างต่อเนื่องตลอดทั้งปีทำให้น้ำผิวดินในปริมาณที่มากเพียงพอที่จะชะล้างเกลือที่เคลื่อนที่ขึ้นมาระเหยอบริเวณผิวดินได้ และการขังน้ำบนผิวดินยังทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของน้ำลงไปในชั้นดิน (downward hydraulic gradient) ทำให้ลดการปนเปื้อนของน้ำเค็มจากน้ำใต้ดินต่อน้ำในนาข้าวลงได้ ส่วนความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 15 ม. จากผิวดินในทั้ง 2 ระบบ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเพราะน้ำใต้ดินที่ระดับความลึกนี้อยู่ในส่วนที่เป็นตะกอนน้ำทะเล และจากการสังเกตระหว่างการพัฒนาท่อสังเกตการณ์น้ำใต้ดินที่ระดับความลึกนี้จะเป็นการทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินในระดับความลึก 15 ม. จากผิวดินสามารถเคลื่อนที่ติดต่อกันได้ตลอดทำให้ความเค็มของน้ำใต้ดินไม่แตกต่างกัน

การแพร่กระจายของน้ำเค็ม (leachate) จากบ่ออนุบาล หรือบ่อเลี้ยงกุ้งจะเคลื่อนที่ลึกลงไปในชั้นดินในบ่อเลี้ยง (percolation) มากกว่าเคลื่อนที่ออกไปทางด้านข้าง (lateral flow) แล้วลงไปปนเปื้อนน้ำใต้ดิน (deep drainage) โดยทำให้น้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีความเค็มสูงก่อนที่จะเคลื่อนที่ออกไปปนเปื้อนน้ำใต้ดินในบริเวณนาข้าวที่อยู่ไกลจากแหล่งในการแพร่กระจายน้ำเค็ม

ความเค็มของน้ำใต้ดินเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับความเค็มของน้ำใต้ดินก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ แสดงว่าการป้องกันการแพร่กระจายของน้ำเค็มใน

ทั้งสองระบบที่ทำการศึกษาไม่สามารถป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำเค็มต่อน้ำใต้ดินที่อยู่ในบริเวณพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำ และบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมได้ โดยน้ำเค็มจะเคลื่อนที่ลึกลงไปในชั้นดินในบริเวณบ่ออนุบาล หรือบ่อเลี้ยงแล้วไปทำให้ความเค็มของน้ำใต้ดินเพิ่มสูงขึ้น แต่ความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 ม. จากผิวดินที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเค็มของน้ำใต้ดินก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ไม่แตกต่างกันมากนัก อาจะเกิดมาจากการปนเปื้อนของน้ำเค็มจากบ่อเลี้ยงกุ้งของเกษตรกรที่อยู่ใกล้เคียงและมีการเลี้ยงกุ้งมาก่อน หรือเนื่องจากพื้นที่บริเวณนี้ที่เคยเป็นทะเลเก่า มีตะกอนน้ำทะเล (marine sediment) อยู่ในระดับตื้นจึงทำให้น้ำใต้ดินมีความเค็มสูง และอยู่ในระดับที่ไม่สามารถเอามาใช้ในการเกษตรได้ แต่เนื่องจากในบริเวณนี้มีการทับถมของตะกอนน้ำจืด และมีน้ำจืดไหลหลากมาท่วมเป็นประจำทุกปี รวมทั้งมีการทำนาทำให้ไม่เกิดการแพร่กระจายของดินเค็มขึ้น แต่การพัฒนาการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบริเวณนี้ ถึงแม้ว่าจะสามารถป้องกันไม่ให้เกิดการปนเปื้อนของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อน้ำผิวดิน หรือน้ำในนาข้าว แต่ไม่สามารถป้องกันการปนเปื้อนของน้ำเค็มจากบ่ออนุบาล หรือบ่อเลี้ยงต่อระบบน้ำใต้ดินได้ ทำให้เกิดการเติมน้ำ (recharge) ของน้ำที่มีความเค็มสูงลงไปในระบบน้ำใต้ดิน ซึ่งอาจจะมีผลทำให้เกิดการแพร่กระจายน้ำเค็ม และดินเค็มของพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ข้างเคียงได้ เนื่องจากการเติมน้ำลงไปในแหล่งน้ำใต้ดินจะทำให้เกิดการยกตัวของน้ำที่มีความเค็มให้เคลื่อนที่ขึ้นมาอยู่ในระดับความลึกที่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาระเหยบริเวณผิวดินได้ด้วยแรง capillary ซึ่งจะไปมีผลทำให้เกิดดินเค็มขึ้นถ้าไม่มีการจัดการให้มีการชะล้างเกลือออกไปจากชั้นดิน หรือมีการระบายน้ำของดินเพิ่มมากขึ้นเพื่อลดระดับน้ำใต้ดินลง ซึ่งการเพิ่มการระบายน้ำของดินหรือการลดระดับน้ำใต้ดินต้องมีการลงทุนทางด้านวิศวกรรมที่สูง และน้ำที่ระบายออกไปจากระบบจะมีผลกระทบต่อแหล่งน้ำธรรมชาติ และสภาพแวดล้อม ดังนั้นถึงแม้ว่าพื้นที่เกษตรกรรมน้ำจืดในบริเวณที่มีตะกอนน้ำทะเลรองรับอยู่จะมีแนวโน้มที่จะเกิดดินเค็มได้ (potential) แต่การเพิ่มเติมน้ำที่มีความเค็มลงไปในระบบน้ำใต้ดินในบริเวณดังกล่าวจะเป็นการเร่งให้เกิดการแพร่กระจายของน้ำเค็ม และดินเค็มในพื้นที่เกษตรกรรมเขตน้ำจืดจึงจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการในการป้องกันไม่ให้เกิดการรั่วไหลของน้ำเค็มจากพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำไม่ให้ลงไปปนเปื้อนระบบน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และบริเวณพื้นที่ใกล้เคียง

การเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืดทำให้ความเค็มของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 5 10 และ 15 ม. จากผิวดิน เพิ่มขึ้นจากก่อนที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแต่อัตราการเพิ่มของความเค็มจะค่อนข้างคงที่ตลอดช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งครั้งที่ 1 2 3 และ 4 เนื่องจากมีการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินออกไปยังแหล่งน้ำธรรมชาติที่อยู่ใกล้เคียง คือ คลองบางแตน และแม่น้ำบางปะกง แต่ไม่สามารถตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของความเค็มของน้ำในคลองบางแตน และแม่น้ำบางปะกงได้ เนื่องจากน้ำในแหล่งน้ำดังกล่าวมีการขึ้นลงประจำวัน และช่วงเวลาของการวัดใช้เวลาในช่วง 2 สัปดาห์ ทำให้ไม่สามารถตรวจวัดการเปลี่ยนแปลง

การป้องกันการแพร่กระจายของความเค็มของน้ำจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำสามารถกระทำได้โดยการป้องกันการรั่วซึมของน้ำจากบ่ออนุบาล หรือบ่อเลี้ยงโดยการปูพลาสติก หรือโดยการควบคุมระดับน้ำใต้ดิน โดยการระบายน้ำเค็มออกไปจากพื้นที่ก่อนที่จะไปปนเปื้อนพื้นที่เกษตรกรรม ซึ่งสามารถกระทำได้โดยการพัฒนาบ่อบาดาล (tube well) แล้วสูบน้ำเค็มกลับเข้ามาใช้ในการเลี้ยงกุ้งต่อไป (Shearer et al., 1997)

ผลกระทบต่อความเค็มของดินและสมบัติทางเคมีของดินบางประการ

ผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในบริเวณพื้นที่น้ำจืดที่สามารถเห็นผลได้เป็นอย่างดี และก่อเกิดปัญหาเมื่อมีการล้มเหลวของการเลี้ยงกุ้งได้แก่ทำให้ดินที่ใช้ในการทำบ่อเลี้ยงกุ้งมีความเค็มสะสมในชั้นดิน โดยน้ำเค็มที่นำเข้ามาใช้ในการเลี้ยงกุ้งทำให้ดินในบ่อเลี้ยงกุ้งมีความเค็มเพิ่มขึ้นโดยตรง หรือโดยน้ำเค็มที่รั่วซึมออกไปยังพื้นที่การเกษตรรอบข้าง หรือโดยการปล่อยน้ำเค็ม (disposal) ออกไปในแม่น้ำหรือคลองชลประทานซึ่งน้ำเหล่านี้เกษตรกรผู้ประกอบการอาชีพอื่นๆ จะนำไปใช้ประโยชน์ จากการศึกษาโดยการเก็บตัวอย่างดินก่อนที่จะมีการพัฒนาเป็นบ่อเลี้ยงกุ้ง และภายหลังการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมา 2 ครั้ง พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (pH) ก่อนเลี้ยงกุ้ง บ่อเลี้ยงกุ้ง และดินนา มีค่าใกล้เคียงกันตลอดทั้งหน้าตัดของดิน ส่วนค่าความเค็มของดิน (E_c) ก่อนเลี้ยงกุ้งในดินบนจะมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานในการกำหนดดินเค็มคือมีการการนำไฟฟ้าของสารละลายที่สกัดได้น้อยกว่า 2 dS/m โดยดินก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งมีการนำไฟฟ้าของดินอยู่ระหว่าง 1.1–2.45 dS/m ที่ระดับความลึก 0-150 ซม. จากผิวดิน จัดว่าเป็นดินที่ไม่เค็ม แต่มีชั้นของดินที่มีความเค็มมากกว่า 2 dS/m ที่ระดับความลึก 150 ซม. เนื่องจากพื้นที่บริเวณนี้เป็นพื้นที่ที่มีตะกอนของน้ำทะเลรองรับอยู่ หรืออาจจะได้รับผลกระทบของความเค็มจากพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งของเกษตรกรที่อยู่ใกล้เคียง หลังจากการเลี้ยงกุ้ง 2 ครั้ง ดินในนาข้าวที่ใกล้กับบ่อเลี้ยงกุ้งยังคงมีความเค็มของดินน้อยกว่า 2 dS/m ตลอดชั้นความลึกของดินที่ทำการศึกษา แสดงว่าดินในนาข้าวที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่บ่อเลี้ยงกุ้งระบบปิด ความเค็มต่ำ ที่มีระบบป้องกันการเคลื่อนที่ของน้ำเค็มจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำไม่ให้เกิดการไหลมาปนเปื้อนพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียง ส่วนดินในบ่อเลี้ยงกุ้งซึ่งผ่านการเลี้ยงกุ้ง 1 ครั้ง และหมุนเวียนด้วยการปลูกข้าวที่ผิวดินวัดค่าความเค็มของดินได้ 3.46 dS/m และความเค็มของดินมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกของชั้นดินจนถึง 11.33 dS/m ที่ความลึก 150 ซม. จากผิวดิน จากผลการวิเคราะห์ดินดังกล่าวจะเห็นว่าภายหลังการเลี้ยงกุ้ง 2 ครั้ง มีการเพิ่มขึ้นของความเค็มของดินในบ่อเลี้ยงกุ้งตลอดความลึกของชั้นดิน โดยความเค็มดังกล่าวเป็นผลมาจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำด้วยความเค็มต่ำสุดที่กุ้งสามารถเจริญเติบโต และมีการลอกเอาตะกอนที่เกิดจากการเลี้ยงกุ้งออกไปแล้ว รวมทั้งผ่านการปลูกข้าวในสภาพน้ำขังมาเป็นเวลา 100-120 วัน ซึ่งในระหว่างการปลูกข้าวดินจะมีการชะล้างเนื่องจากน้ำที่ท่วมขังอยู่ในนาข้าว ทำให้เกลือเคลื่อนที่ลึกลงไปในชั้นดิน ซึ่งผลการวิเคราะห์ดินนี้สอดคล้องกับการศึกษาของพิภพ และคณะ (2537) ชะลอ และคณะ (2544) ได้ยืนยันถึงผลของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อการเพิ่มขึ้นของความเค็มของดินกันบ่อเลี้ยง และ Tookwinas และคณะ (1998) ซึ่งพบว่า การเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีผลทำให้ความเค็มของดินเพิ่มขึ้นตามความลึกที่ทำการศึกษาเมื่อเปรียบเทียบกับดินนาข้าวโดยดินนาข้าวมีค่าความเค็มระหว่าง 0.03-0.04

dS/m ซึ่งจัดได้ว่าเป็นดินไม่เค็ม ส่วนดินบ่อกึ่งมีค่าความเค็มระหว่าง 0.22-6.41 dS/m อยู่ในระดับเค็มปานกลาง และพบว่าค่าการนำไฟฟ้าของดินนาข้าวข้างเคียงมีค่าสูงเกิน 2 dS/m และมีแนวโน้มที่ความเค็มของดินในนาข้าวที่อยู่ติดกับบ่อเลี้ยงจะมีความเค็มของดินเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่มีการเลี้ยงกุ้ง นอกจากนี้ยังงานทดลองอีกหลายการทดลองที่แสดงให้เห็นว่าการทำนาข้าวทำให้ดินมีค่าการนำไฟฟ้าสูงขึ้นจนมีผลกระทบต่อพืชที่ไม่ทนเค็ม (กองปฐมพิวิทยา, 2544; คณะกรรมการศึกษาข้อมูลการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืด, 2541; Maneepong, 1993; Prabnarong, 1993) และค่าการนำไฟฟ้าของดินจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการทำนาข้าว โดยสถาบันวิจัยข้าว (2542) พบว่าดินนาข้าวมีค่าการนำไฟฟ้า 0.79 dS/m เมื่อมีการเลี้ยงกุ้งผ่านไป 1 ปี 2 ปี และ 3 ปี ค่าการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มขึ้นเป็น 2.28 3.39 และ 5.36 dS/m ตามลำดับ แต่การที่ยังสามารถทำการปลูกข้าวอยู่ได้เนื่องจากข้าวเป็นพืชที่มีความสามารถในการทนเค็มได้ปานกลางโดยผลผลิตจะลดลง 50% เมื่อดินมีค่าการนำไฟฟ้า 4-8 dS/m และการปลูกข้าวในแบบให้มีน้ำท่วมขังยังเป็นการช่วยในการชะล้างเกลือออกไปจากชั้นดิน ซึ่งจะพบว่าความเค็มของดินจะเพิ่มขึ้นตามความลึกของชั้นดินทั้งนี้เพราะสารละลายเกลือที่อยู่ในชั้นดินถูกน้ำที่ท่วมขังชะล้างลึกลงไปในชั้นดิน อย่างไรก็ตามต้องคำนึงว่าวิธีการในการปฏิบัติไม่ใช่วิธีการที่ปฏิบัติโดยทั่วไป ที่มีการอนุบาลลูกกุ้งในบ่อเลี้ยง ขนาดของบ่อที่แตกต่างกันรวมไปถึงการพักบ่อด้วยการปลูกข้าว ซึ่งมีผลในการเกิดการแพร่กระจายของความเค็ม และการสะสมของความเค็มของดินในบ่อเลี้ยงกุ้ง

ปริมาณของอินทรีย์วัตถุของดินบ่อเลี้ยงกุ้งที่ผ่านการเลี้ยงกุ้ง และปลูกข้าวตามหลังจะค่อยๆ ลดลงตามระดับความลึก โดยที่ระดับความลึก 0-80 ซม. จะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยกว่า 1% แต่ปริมาณอินทรีย์วัตถุจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เป็น 2.52% และ 4.32% ที่ระดับความลึก 80-120 และ 120-150 ซม. จากผิวดิน แต่ปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินนาใกล้กับนาข้าวที่ระดับความลึก 0-20 ซม. และ 20-40 ซม. จากผิวดินเท่ากับ 2.79% และ 2.60% หลังจากนั้นปริมาณอินทรีย์วัตถุจะค่อยๆ ลดลงตามระดับความลึกของชั้นดินจนถึง 0.46% ที่ระดับความลึก 150 ซม. จากผิวดิน ดินในบ่อเลี้ยงกุ้งมีปริมาณของอินทรีย์วัตถุลดน้อยลงในดินบนเนื่องมาจากผลเกลือที่ละลายอยู่ในน้ำที่ใช้สำหรับเลี้ยงกุ้งทำให้ดินเหนียวอยู่ในสภาพฟุ้งกระจาย (clay dispersion) โดยไปทำให้ aggregate ของดินที่ประกอบด้วย clay sand silt และ organic matter แยกออกจากกัน อินทรีย์วัตถุที่อยู่ในสภาพฟุ้งกระจาย (dispersion organic matter) จะถูกชะล้างให้เคลื่อนที่ลึกลงไปในชั้นดินทำให้เกิดการสะสมของอินทรีย์วัตถุในระดับลึก และภายหลังการเลี้ยงกุ้งแต่ละครั้งนั้นจะมีการลอกเอาตะกอนที่เกิดจากการเลี้ยงกุ้งออกไปซึ่งจะส่งเสริมให้ปริมาณของอินทรีย์วัตถุในดินบนน้อยลงไปด้วย อินทรีย์วัตถุที่ลงไปปนเปื้อนในน้ำใต้ดินจะเคลื่อนที่ต่อไปยังแหล่งน้ำธรรมชาติและอาจก่อให้เกิดปัญหาในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชน้ำจืดต่อไป (algal blooms) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tookwinas และ Sangrugruang (1998) พบว่าตะกอนจากนาข้าวมีอินทรีย์วัตถุถึง 6.24% เช่นเดียวกับการศึกษาของ Huangchai (1991) ซึ่งพบปริมาณอินทรีย์วัตถุประมาณ 5.05% ในตะกอนบ่อเลี้ยง ทั้งนี้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในนาข้าวที่ค่อยๆ สูงขึ้นเนื่องจากอาหารที่เหลือจากการกินของกุ้ง ของเสียที่

ขับถ่ายออกมาจากกุ้ง และเศษซากกุ้ง (Tookwinas และคณะ, 1998; Asian Shrimp Culture Council, 1997)

ทำนองเดียวกันฟอสฟอรัสในดินจะสอดคล้องกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ทั้งนี้เพราะฟอสฟอรัสจะถูกแทนที่ด้วย Na^+ ทำให้ปริมาณของ ฟอสฟอรัสในสารละลายดินในดินบนลดน้อยลงแต่จะเพิ่มมากขึ้นตามความลึก เนื่องจากถูกชะล้างให้เคลื่อนที่ลึกลงไปในพื้นที่ดิน โดยการที่ดินมีความเค็มสูงขึ้น Na^+ จะไปแทนที่ธาตุที่มีประจุบวกที่ถูกดูดยึดไว้ด้วยดินเหนียว (clay particle) ทำให้ธาตุที่อยู่ในรูปของ exchangeable cation ออกมาอยู่ในรูปของ soluble cation ใน soil solution ซึ่งจากการศึกษาของ Pasricha (1974) พบว่าเมื่อใส่ NaCl ลงไปในดินที่มีน้ำขัง ความเข้มข้นของ K^+ NH_4^+ Ca^{++} Fe^{++} และ Mn^{++} เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจน และให้เหตุผลว่า การที่ประจุบวกต่างๆ ในสารละลายดินเพิ่มขึ้นเนื่องจาก Na^+ ไปไล่ที่ออกมา ซึ่งปริมาณผลรวมของธาตุประจุบวก ก็จะใกล้เคียงกับปริมาณผลรวมของธาตุประจุลบ โดยส่วนใหญ่มีปริมาณ Na^+ สูงกว่าธาตุประจุบวกอื่นๆ และ Cl^- มากกว่าธาตุประจุลบอื่นๆ สอดคล้องกับงานทดลองของ สุนทร และวัฒนชัย (2543) ซึ่งพบว่า การเลี้ยงกุ้งจะทำให้ดินมีปริมาณโซเดียม และคลอไรด์อยู่ในระดับสูงมาก และสูงกว่าธาตุตัวอื่นๆ

ปริมาณของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินในบ่อเลี้ยงจะเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับดินนาที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้ง ปริมาณของแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ที่เพิ่มขึ้นเนื่องมาจากการใส่ปุ๋ย และ โดโลไมท์ ในระหว่างการเลี้ยงกุ้ง ส่วนโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ เป็นผลมาจากการนำน้ำทะเลเข้ามาใช้ในการเลี้ยงกุ้ง ในส่วนของแคลเซียมที่ละลายน้ำได้ แมกนีเซียมที่ละลายน้ำได้ โซเดียมที่ละลายน้ำได้ คลอไรด์ที่ละลายน้ำได้ และซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ พบว่าในบ่อเลี้ยงจะมีการเพิ่มขึ้นตามความลึกของชั้นดิน แสดงให้เห็นว่าการแพร่กระจายของความเค็มของน้ำเค็มที่นำมาใช้ในการเลี้ยงกุ้งกลาดำจะเกิดจากการเคลื่อนที่ของสารละลายเกลือลงไปในชั้นดิน แล้วเคลื่อนที่ลึกลงไปในพื้นที่ดินและปนเปื้อนยังแหล่งน้ำใต้ดิน นอกจากนี้ทำให้ น้ำใต้ดินมีความเค็มสูงขึ้นยังเป็นการเพิ่มเติมน้ำลงไปยังแหล่งน้ำใต้ดินซึ่งยืนยันได้จากการเพิ่มขึ้นของความเค็มของสารละลายเกลือตามความลึกที่เพิ่มขึ้น เกลือเหล่านี้จะต้องไปพร้อมกับน้ำที่เคลื่อนที่ลึกลงไปในชั้นดิน (deep drainage) ซึ่งเมื่อน้ำใต้ดินมีความเค็มสูงขึ้น และมีปริมาณน้ำมีมากขึ้นก็สามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาใกล้ผิวดินในระดับที่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นมาจะเหยบริเวณผิวดินโดยขบวนการ capillary rise ได้ โดยเฉพาะในกรณีที่บริเวณนั้นๆ มีการระบายน้ำของน้ำผิวดิน และน้ำใต้ดินต่ำจะช่วยเร่งให้เกิดสภาพดินเค็มในระยะเวลาดังนั้น (Freeze and Cherry, 1979)

ในการที่ดินเปลี่ยนจากดินที่ไม่เค็มเป็นดินเค็มเนื่องจากการนำน้ำทะเลที่มีเกลือ Na และ Cl เป็นองค์ประกอบส่วนมากทำให้เมื่อวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่วัดได้จากดินที่สภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (saturation extract) จะมีค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) มากกว่า 2 dS/m เมื่อดินมีสารละลายเกลือมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้จะไปมีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืช โดยไปทำให้ความเป็น

ประโยชน์ของน้ำในดินต่อพืชลดน้อยลง และรวมไปถึงการเป็นพิษ (toxicity) ของ Na ที่พืชดูดเข้าไป นอกจากนี้ในกรณีที่เป็นดินเหนียวจัด (heavy clay) Na^+ ที่อยู่ในสารละลายจะไปแทนที่ exchangeable cation ที่ถูกดูดซับโดย clay particle และถ้า ปริมาณของ Na^+ ใน soil solution สูง ปริมาณของ Ca^{++} จะทำให้ดินเกิดการฟุ้งกระจาย (dispersion) แต่ถ้า Na^+ และ Ca^{++} อยู่ในสภาพสมดุลจะทำให้ดินมีโครงสร้างที่ดี (flocculate) เมื่อดินอยู่ในสภาพฟุ้งกระจายจะไปทำให้ สมบัติทางกายภาพของดินเสียไป ดินมีสภาพน้ำขัง (waterlogging) การซาบซึมน้ำลดลง (infiltration และ permeability) (Rhoades and Loveday, 1990) ซึ่งเมื่อดินกลายเป็นดินเค็มการฟื้นฟูให้กลับให้มาสามารถใช้ในการผลิตได้อย่างเดิม จะต้องใช้ความรู้ ทุน และเวลา

สรุป และข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาผลของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำในพื้นที่เกษตรกรรมน้ำจืด โดยทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำบนผิวดิน น้ำใต้ดิน และสมบัติของดินก่อนการเปลี่ยนแปลง การใช้ประโยชน์ที่ดินจากนาข้าวเป็นบ่อเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และผลของระบบการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบปิด ความเค็มต่ำ กับระบบการเลี้ยงกุ้งแบบเกษตรกรในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำจำนวน 4 ครั้ง จากการศึกษาพบว่า

1. ผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบปิด ความเค็มต่ำต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของน้ำ และดินในพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียง

1.1 การเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ ไม่ก่อให้เกิดการแพร่กระจายของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเพาะเลี้ยงต่อน้ำผิวดินที่อยู่ในพื้นที่เกษตรกรรมใกล้เคียง และน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ ไม่มีการสูบน้ำออกมาจากระบบโดยมีคูน้ำและคันดินที่อัดแน่นป้องกันการรั่วไหลของน้ำจากพื้นที่เลี้ยงกุ้ง

1.2 ความเค็มของน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่เลี้ยงกุ้งและพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเคลื่อนที่ลึกลงไปในชั้นดินของน้ำเค็มที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งภายในบริเวณบ่ออนุบาลและบ่อเลี้ยง โดยคูน้ำไม่สามารถป้องกันการแพร่กระจายของน้ำเค็ม ได้ทำให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำใต้ดิน และทำให้เกิดการแพร่กระจายของดินเค็มได้

1.3 การนำน้ำเค็มมาเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตพื้นที่น้ำจืด ทำให้ดินบนในบริเวณบ่อเลี้ยงกุ้งมีความเค็ม โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงขึ้น และมีการชะล้างของอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส แคลเซียม แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โซเดียมที่ละลายน้ำได้ แคลเซียมที่ละลายน้ำได้ คลอไรด์ ที่ละลายน้ำได้ และซัลเฟตที่ละลายน้ำลงไปในชั้นดินในระดับลึกเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะไปทำให้เกิดการปนเปื้อนน้ำใต้ดินในบริเวณพื้นที่เลี้ยงกุ้งและพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียง ส่วนผลกระทบต่อสมบัติทางเคมีของดินนาที่อยู่ใกล้เคียงยังไม่สามารถสรุปได้

1.4 ผลการศึกษานี้ดำเนินการในพื้นที่ที่มีขนาดเล็กไม่สามารถนำไปปรับใช้ในกรณีที่มีการเลี้ยงในพื้นที่ขนาดใหญ่ซึ่งมีปริมาณของน้ำเค็มที่นำมาใช้ในพื้นที่มากกว่า และการศึกษานี้ยังดำเนินการในเขตพื้นที่น้ำกร่อยจึงไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเขตพื้นที่น้ำจืดได้

2. วิธีการในการป้องกันผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในระบบความเค็มต่ำต่อคุณภาพของน้ำ และดินในพื้นที่เกษตรกรรม

2.1. คูน้ำ และคันดินที่อัดแน่นไม่สามารถป้องกันการแพร่กระจายของน้ำเค็มที่ใช้ในบ่ออนุบาล และบ่อเลี้ยง เนื่องจากน้ำเหล่านี้จะเคลื่อนที่ลึกลงไปในชั้นดินในบ่ออนุบาลและบ่อเลี้ยงแล้วจึงไปปนเปื้อนดิน และแหล่งน้ำใต้ดิน

2.2 การเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ โดยมีคูนน้ำที่หล่อด้วยน้ำและคันดินอัดแน่นกับการเลี้ยงกุ้งแบบเกษตรกรทั่วไปที่มีคูนขนาดเล็ก และคันดินขนาดเล็ก สามารถป้องกันการแพร่กระจายของความเค็มของน้ำต่อน้ำผิวดินได้ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากไม่มีการรั่วไหลของน้ำและไม่มีการสูบน้ำเค็มออกมาจากพื้นที่เลี้ยงกุ้ง

2.3 เนื่องจากน้ำเค็มส่วนใหญ่จะใช้ในการอนุบาลลูกกุ้ง ดังนั้นควรมีการพัฒนาบ่ออนุบาลที่ป้องกันการรั่วซึมของน้ำเค็มที่ใช้ในการอนุบาลลูกกุ้ง โดยการปูด้วยพลาสติกไม่ให้น้ำรั่วซึมไปปนเปื้อนน้ำใต้ดิน เมื่อลูกกุ้งสามารถปรับตัวให้เจริญเติบโตได้ในระดับความเค็มของน้ำที่มีอยู่ในแหล่งน้ำธรรมชาติ จึงย้ายไปเลี้ยงในบ่อเลี้ยงที่ใช้น้ำจากแหล่งน้ำธรรมชาติ หรือทำการปรับตัวของลูกกุ้งในโรงพักให้สามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำที่มีความเค็มต่ำ โดยไม่จำเป็นต้องมาปรับตัวลูกกุ้งในพื้นที่เลี้ยงกุ้ง หรือมีการอนุบาลลูกกุ้งในภาชนะขนาดใหญ่ที่ป้องกันการรั่วซึมได้

2.4 ระดับน้ำภายในบ่ออนุบาลหรือบ่อเลี้ยง ควรอยู่ที่ระดับผิวดินเดิมเพื่อป้องกันการรั่วซึมออกจากคันดินรอบบ่อ ทำให้การเคลื่อนที่ของน้ำออกจากบ่อน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีน้ำอยู่ในบ่อที่สูงกว่าระดับดินเดิม

2.5 คูนน้ำที่ล้อมรอบพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้ง ควรมีระดับความลึกที่มากกว่าเดิม เพื่อให้สามารถป้องกันการแพร่กระจายของน้ำเค็มในระดับลึกมากขึ้น และไม่ควรมีการหล่อน้ำเพื่อที่จะได้สูบน้ำที่ตักจับได้กลับเข้าไปในระบบ ทำให้การปนเปื้อนของความเค็มต่อน้ำใต้ดินลดลง

2.6 ควรมีการเลี้ยงกุ้งในภาชนะขนาดใหญ่ที่ป้องกันการรั่วซึมของน้ำเค็ม และเลี้ยงในโรงเรือนซึ่งจะทำให้สามารถควบคุมการแพร่กระจายได้

2.7 ในกรณีที่คุณภาพของน้ำใต้ดินในบริเวณที่จะพัฒนาให้มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำมีคุณภาพต่ำ สามารถนำพื้นที่มาพัฒนาให้มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้ และควรมีการควบคุมระดับน้ำใต้ดิน โดยมีระบบระบายน้ำใต้ดินที่เค็มออกจากพื้นที่ และนำกลับมาใช้ในการเลี้ยงกุ้ง

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษานี้ทำในบริเวณพื้นที่ที่มีน้ำเค็มจากทะเลขึ้นถึงในบางช่วงเวลาของปี แต่ปัจจุบันพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืดภาคกลางมีกระจุกกระจายอยู่กว้างขวางโดยในบางบริเวณเป็นพื้นที่น้ำจืดซึ่งไม่ได้อยู่ภายใต้ของการขึ้นลงของน้ำ ทำให้ผลการศึกษาอาจจะแตกต่างกันออกไป ดังนั้นควรมีการศึกษาถึงผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำให้ครอบคลุมทั้งพื้นที่ห่างไกลจากทะเลด้วย โดยนอกจากการศึกษาผลกระทบทางการเกษตรแล้วควรศึกษาให้ครอบคลุมถึงผลกระทบทางด้านอื่นที่เกี่ยวข้องด้วย

2. การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืดได้รับการยอมรับว่ามีผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูง แต่ผลตอบแทนดังกล่าวจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้น เนื่องจากภายหลังการเลี้ยงกุ้งจะมีการสะสมของเกลือ และธาตุอาหารที่เป็นอันตรายต่อกุ้ง และสภาพแวดล้อม แต่ผลกระทบดังกล่าวอาจจะไม่สามารถเห็นได้ในระยะเวลาอันสั้น การฟื้นฟูพื้นที่น้ำจืดที่มีความสามารถในการผลิตสูงให้กลับมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเดิม จำเป็นต้องใช้ความรู้ ความชำนาญ ค่าใช้จ่าย สูง รวมไปถึงระยะเวลายาวนานในการฟื้นฟูด้วย ดังนั้นในการนำเอาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่แตกต่างกันมาเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจในการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินควรมีการตัดสินใจอย่างรอบคอบโดยคำนึงถึงผลตอบแทน และผลกระทบที่อาจจะมีในอนาคตด้วย

3. ควรมีการติดตามผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตพื้นที่น้ำจืดต่อพื้นที่เกษตรกรรม และสภาพแวดล้อมอย่างต่อเนื่อง (monitoring programs) เพื่อใช้ในการตัดสินใจของรัฐบาลในพัฒนาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

ประโยชน์ที่จะได้รับ

1. ยืนยันถึงผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืด โดยทำให้ความเค็มของน้ำผิวดิน น้ำใต้ดินเพิ่มขึ้น และมีการสะสมของความเค็มในบ่อเลี้ยงกุ้ง

2. ใช้ในการกำหนดวิธีการในการป้องกันการแพร่กระจายของน้ำเค็มและดินเค็ม เช่น ความจำเป็นการมีคูน้ำล้อมรอบพื้นที่ที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้ง การควบคุมระดับน้ำใต้ดินโดยการระบายน้ำ การสูบน้ำใต้ดินและน้ำผิวดินกลับมาใช้ประโยชน์ในการเลี้ยงกุ้ง

3. ใช้ในการตัดสินใจของรัฐบาลในการใช้ประโยชน์ที่ดิน ใช้ในการกำหนดพื้นที่ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำโดยพื้นที่ที่เหมาะสมในการทำการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ควรอยู่ในพื้นที่เขตน้ำกร่อยที่น้ำ คือมีค่าความเค็มของน้ำอยู่ในช่วง 1-34 ppt มีน้ำใต้ดินที่มีคุณภาพต่ำไม่สามารถนำมาใช้ในการอุปโภคบริโภค แต่มีสมบัติทางเคมีเหมาะสมในการนำมาเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (aquaculture) และควรอยู่ไม่ห่างไกลจากแม่น้ำที่มีขนาดใหญ่เพื่อช่วยในการระบายน้ำผิวดิน และน้ำใต้ดินตามธรรมชาติ

4. ใช้เป็นแนวทางในการศึกษาผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อคุณภาพดินและน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ในเขตพื้นที่น้ำจืดที่ห่างไกลจากทะเล และแหล่งระบายน้ำตามธรรมชาติขนาดใหญ่

เอกสารอ้างอิง

- เกรียงศักดิ์ ศรีสุข ธีธาร์ตน์ โคตนนท์ สุภัลยา จารุไชยกุล อมราภรณ์ ขจรพิพัฒน์ กัณธิมา ทุมประเสริฐ ธีระเดช มาบันแดง 2544 โครงการศึกษาผลกระทบเบื้องต้นของน้ำใต้ดินจากการทำนาเกลือในพื้นที่น้ำจืด โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์น้ำใต้ดิน เอกสารประกอบการบรรยาย การประชุมเชิงปฏิบัติการระดมความคิดเห็น เรื่อง “การแก้ไขปัญหาเกลือรุกคืบในพื้นที่น้ำจืด” จัดโดย กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ณ โรงแรมดิเอ็มเมอรัลด์ กรุงเทพมหานคร วันที่ 19 กันยายน 2544
- กู่เกียรติ ตันธีระธรรม 2544 การเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบความเค็มทั่วไปเขตพื้นที่น้ำจืดกับอนาคตของชาติ เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการระดมความคิดเห็นเรื่อง การแก้ไขปัญหาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืด 19 กันยายน 2544 ณ โรงแรมดิเอ็มเมอรัลด์ ถนนรัชดาภิเษก กรุงเทพมหานคร
- กองปฐพีวิทยา, 2544 ผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืด. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 3 น.
- คณะกรรมการการศึกษาข้อมูลการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืด. 2541 ผลการสำรวจข้อเท็จจริงและผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบความเค็มต่ำในเขตพื้นที่น้ำจืด. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. 23 น.
- ชนินทร์ อัมพรสถิต 2536 ผลกระทบของการทำนาเกลือต่อคุณภาพของน้ำบริเวณป่าชายเลน อำเภอกาญจนดิษฐ์ จังหวัดสุราษฎร์ธานี วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 106 หน้า
- ชลอ ลัมสุวรรณ ธีระ เสกชลยุทธ วราเทพาหุดี นิติ ชูเชิด 2544 การวิจัยเพื่อพัฒนาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบยั่งยืนในพื้นที่น้ำจืด เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการระดมความคิดเห็นเรื่อง การแก้ไขปัญหาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืด 19 กันยายน 2544 ณ โรงแรมดิเอ็มเมอรัลด์ ถนนรัชดาภิเษก กรุงเทพมหานคร
- นฤมล เวียงวัง และนันทิยา ก้านสังวอน 2541 การแพร่กระจายของความเค็มและการสะสมของกำมะถันในดินในพื้นที่น้ำเค็มบริเวณการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ กรณีศึกษา อำเภอบางเลน จังหวัดนครปฐม คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล 44 หน้า
- วิรัตน์ ทองมา 2541 การสำรวจจัดทำแผนที่แสดงเนื้อที่การเลี้ยงกุ้งกุลาดำบริเวณ 23 จังหวัด เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ เรื่อง แนวทางการดำเนินงานเพื่อแก้ไขปัญหาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบความเค็มต่ำในพื้นที่น้ำจืด กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพมหานคร 4 หน้า
- ศูนย์สารสนเทศการเกษตร 2539 สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2538/39 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร 272 หน้า

สิริ ทุกรินาศ รังสีไชย ทับแก้ว และประพันธ์ชูศักดิ์ ศรีษภูมิ 2540 การศึกษาผลกระทบจากการเลี้ยงกุ้งกุลาดำในเขตพื้นที่น้ำจืด จังหวัดสุพรรณบุรี วารสารกรมประมง ปีที่ 50 ฉบับที่ 2 เดือนมีนาคม – เมษายน 2540 หน้า 153-164

สุทัต โปรษยกุล และประสิทธิ์ ต้นประภาส (ไม่ระบุปีที่พิมพ์) ผลกระทบของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำต่อคุณภาพน้ำในอำเภอดอนสัก กาญจนดิษฐ์ และท่าฉาง จังหวัดสุราษฎร์ธานี รายงานผลการวิจัย 22 หน้า

สมศรี อรุณินท์ 2541 การเลี้ยงกุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืด (โดยเฉพาะภาคกลาง) เอกสารประกอบการประชุมวิชาการ เรื่อง แนวทางการดำเนินงานเพื่อแก้ไขปัญหาการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบความเค็มต่ำในพื้นที่น้ำจืด กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพมหานคร 5 หน้า

สมศรี อรุณินท์ และรังสรรค์ อิมเอิบ. 2540. ผลกระทบการใช้พื้นที่เพื่อการเกษตรในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ: กรณีศึกษาจังหวัดฉะเชิงเทราและจังหวัดปราจีนบุรี. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ.

พิภพ ปราบณรงค์ ปรากรักษ์ ไตว์ฒนะ และสมศักดิ์ มณีพงศ์ 2537 ผลกระทบของการทำนาุ้งที่มีต่อทางเคมีบางประการของทรัพยากรดินในอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา สงขลานครินทร์ วทท 2537 ปีที่ 16 (3) : 425-436

พยุง ภัทรกุลชัย นายสัตวแพทย์วิชัย ลาภจตะพร 2544 ทฤษฎีใหม่กุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืด เอกสารประกอบการบรรยาย การประชุมเชิงปฏิบัติการระดมความคิดเห็น เรื่อง “การแก้ไขปัญหากุ้งกุลาดำในพื้นที่น้ำจืด” จัดโดย กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ณ โรงแรมดิเอมเมอรัลด์ กรุงเทพมหานคร วันที่ 19 กันยายน 2544

ประวิทย์ ไตว์ฒนะ และพิภพ ปราบณรงค์. 2539. การสะสมตัวและการเคลื่อนที่ของไอออนจากน้ำทะเลที่ใช้เลี้ยงกุ้งในหน้าตัดดิน ที่มีผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและทรัพยากรดิน ในอำเภอระโนด จังหวัดสงขลา. ว.สงขลานครินทร์ วทท. 18(1) : 113-127.

สุนทร ทูนพิพัฒน์ และวัฒน์ชัย พงศ์นาค. 2543. ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ : การใช้ประโยชน์เพื่อการจัดการ และบริหารพื้นที่สิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมที่สืบเนื่องมาจากธุรกิจเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ

Asian Shrimp Culture Council. 1997a. Pollution from intensive shrimp pond effluents. In Shrimp Farming. Shrimp farming. Org.

Abu-Sharar, T.M., F.T. Bingham and J.O. Rhodes. 1987. Reduction in hydraulic conductivity in relation to clay dispersion and disgregation. Soil Science Society American Journal 51:342-346.

Ayers, R.S. and D.W. Westcot. 1988. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper no. 29, Rev. 1 U.N. Rome

- Banpasirichote, C. 1993. Community Intergration into regional industrialdevelopment: A case study of Klong Ban Pho, Chachoengsao. Chulalongkorn University Social Research Institue, Year End Conference. Jomtien, Thailand:December 10-11, 1993.
- Bernstein L. and L.E. Francois. 1973. Leaching requirement studies: Sensitivity of alfalfa to salinity of irrigation and drainage waters. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 37:931-943.
- Boyd, C.E. and J.W. Clay. 1998. Shrimp Aquaculture and the Environment. 43-49 pp. *In* Sci. Amer.
- Braaten, R.O. and M. Flaherty. 2000. Hydrology of Inland Brackishwater Shrimp Ponds in Chachoengsao, Thailand. *Aquacultural Engineering* 23:295-313.
- FAO. 1973. Irrigation, Drainage and Salinity. An International Source Book FAO/UNESCO. Hutchinson & Co (Publisher) LTD. London.
- FAO. 1985. Water quality for agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 174 p.
- FAO. 1992. The use of saline waters for crop production. FAO Irrigation and Drainage paper 48. Rome.
- Flaherty, M., P. Vandergeest and P. Miller. 1999 Rice Paddy or Shrimp Pond: Tough Decisions in Rural Thailand. *World Development* 27:2045-2060.
- Flaherty, M., B. Szuster, and P. Miller. 2000. Low Salinity Inland Shrimp Farming in Thailand. *Ambio*. 29:174-179.
- Freeze, R.A. and J.A. Cherry. 1979. Groundwater. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J. 07632.
- Hoffman G.J. 1990. Leaching fraction and root zone salinity control. *Agricultural Salinity Assessment and Management*. Chapter 12 K.K. Tanji, eds. Pp.235-261. American Society of Civil Engineers Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71.
- Huangchai, H. 1991. Accumulation and decomposition of organic matter in bottom soil in an intensive marine shrimp farm, M.Sc. Thesis, Kasetsart University, Bangkok.
- Karen R. 1990. Reclamationof saline, sodic, and boron-affected soils. *Agricultural Salinity Assessment and Management*. Chapter 19. K.K. Tanji, eds. Pp.410-431. American Society of Civil Engineers Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71.

- Khoshgofarmanesh A. H. and H. Shariatmadari. 2002. Reclamation of saline bare soils by leaching and barley production. poster presented at 17th WCSS 14-21 August 2002, Bangkok, Thailand.
- Miller, P., M. Flaherty, and B.W. Szuster. 1999. Inland shrimp farming in Thailand. *Aquaculture Asia*. 4:27-32.
- Pearson. G.A. and L. Bernstein. 1959. Salinity effects at several growth stages of rice. *Agron.J.* 51:654-657.
- Pongnak, W. 1999. Case study on the impact and conflict in using the nation freshwater land resources for farminf panaeid shrimp. *Greenline*. No. 4. pp. 6-15
- Maneepong, S. 1993. Pattern of salinity spreading from shrimp ponds to rice fields. Geology Department, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkhla University. 45 p.
- Pasricha, N.S. 1974. Influence of salinity and alkalinity on the chemical equilibria of submerged soils. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.
- Prabnarong, P. 1993. The impact of shrimp farming on chemical properties of soil in Amphoe Ranot, Changwat Songkhla, M.Sc. Thesis, Environment Management, Prince of Songkhla University, Songkhla.
- Samani, A. 1992. Determine the sensitivity scales of soils to saline and sodic water in Garizate region at Yazd province. In *Proceeding of Seminar on the Problems of Iranian Desert and Kavir, Yazd, Iran, Vol.1*
- Shainberg I. 1990. Soil respond to saline and sodic conditions. *Agricultural Salinity Assessment and Management*. Chapter 5. K.K. Tanji, eds. pp.91-112. American Society of Civil Engineers Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71.
- Shearer, T. R., Wagstaff, S. J., Calow, R., Stewart, J. A., Muir, J. F., Haylor, G.S., and Brooks, A. C. 1997. The Potential for Aquaculture Using Saline Groundwater. BGS Technical Report WC/97/58.
- Swenson, H.A. and Baldwin, H.L. 1965. A primer on water quality: U.S. Geological Survey, Washington, D.C., 27 p.
- Tanji, K.K. 1990. Natural and extent of agriculture salinity. Chapter 1. K.K. Tanji, eds. pp. 1-17. American Society of Civil Engineers Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71.

- Rhoades, J.D., J. Loveday. 1990. Salinity in Irrigated Agriculture: Irrigation of Agricultural Crops, Agronomy no. 30, pp. 1107-1103.
- Tookwinas, S. and C.Sangrungrung. 1998. Study on the impact of intensive marine shrimp farms effluent on sediment quality in Kung Krabaen Bay, Eastern Thailand. Kurn Krabaen Bay Royal Development Study Center, Thamai District, Chanthaburi Province. 21 p.
- Tookwinas, S., R. Tabkaew and P. Srisapoom. 1998. An Intensive Maring Shrimp Culture in Freshwater Area (Suphanburi province) : the preliminary investigation on impact assessment. Coastal Aquaculture Division, Department of Fisheries, Bangkok. 2:153-164.
- U.S. Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S. Department of Agriculture Handbook no. 60. U.S. Printing Office, Washington, D.C.

ภาคผนวก

ชุดดินในบริเวณพื้นที่ศึกษา

ชุดดินบางน้ำเปรี้ยว

มีเนื้อที่ประมาณ 70,566 ไร่ หรือ 0.11 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากการตกตะกอนทับถมกันของน้ำกร่อยสภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะราบเรียบ มีความลาดชันน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ชุดดินนี้เป็นดินลึก มีการระบายน้ำเลว ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ช้า มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้า ตามปกติแล้วระดับน้ำใต้ดินจะมากกว่า 160 ซม. ในช่วงแล้ง

ดินบนลึกไม่เกิน 20 ซม. มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว สีพื้นเป็นสีเทาเข้มถึงสีเทาเข้มมาก มีจุดประสีแดงปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดปานกลาง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.0-6.0 ส่วนดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว มีสีพื้นเป็นสีน้ำตาลปนเทา มีจุดประสีเหลืองปนน้ำตาล และสีเหลืองของกำมะถัน (แคทเคลย์) และสีน้ำตาลเข้มปนแดง หรือสีแดงปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงปานกลาง ค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.0-6.5

จากผลการวิเคราะห์ทางเคมี ของตัวแทนชุดดินนี้ปรากฏว่า ดินตอนบนหนาประมาณ 30 ซม. มีปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลาง มีการอิมตัวด้วยเบสปานกลาง มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ และมีปริมาณธาตุโปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงมาก ส่วนดินตอนล่างลึกตั้งแต่ 30 ซม. ลงไปมีการอิมตัวด้วยเบสปานกลาง มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูง และมีปริมาณธาตุโปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงมาก กล่าวโดยสรุปแล้วชุดดินนี้มีปริมาณแร่ธาตุอาหารตามธรรมชาติค่อนข้างสูง และมีคุณสมบัติทางกายภาพค่อนข้างเลว เนื่องจากเป็นดินเหนียวจัด และมีการระบายน้ำเลว

ชุดดินนี้ส่วนใหญ่ใช้ในการทำนา แต่ให้ผลผลิตไม่สูงนัก เนื่องจากดินเป็นกรด การเพิ่มผลผลิตของดินควรทำการแก้ความเป็นกรด โดยการใส่ปูนขาว และปุ๋ยอินทรีย์ต่างๆ เช่น ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยหมัก จะทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ และมีคุณสมบัติดีขึ้น แต่ดินนี้ไม่เหมาะในการปลูกพืชไร่ เพราะดินมีการระบายน้ำเลว

ชุดดินจะเขิงเทรา

มีเนื้อที่ประมาณ 403,606 ไร่ หรือ 12.071 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากการตกตะกอนของน้ำกร่อยบนตะกอนของน้ำทะเล สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะราบเรียบมีความลาดชันไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ชุดดินนี้เป็นดินลึก มีการระบายน้ำเลว ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ช้า มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้า ตามปกติแล้วระดับน้ำใต้ดินจะอยู่ต่ำกว่า 1.50 เมตร ในช่วงแล้ง

ดินบนลึกไม่เกิน 20 ซม. มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว สีพื้นเป็นสีเทาเข้มมาก มีจุดประสีน้ำตาลหรือแดงปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดแก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.5-5.5 ส่วนดินล่างเนื้อดินเป็นดินเหนียว มีสีพื้นเป็นสีน้ำตาลปนเทาถึงสีเทา มีจุดประสีแดง และเหลืองปนน้ำตาล และมีสี

เหลือองปนบ้างเล็กน้อย ซึ่งเป็นสีเหลืองของแคทเคลย์ ซึ่งจะพบในระยะลึกกว่า 100 ซม. ลงมาและจะมีปฏิกิริยาของดินเป็นกรดเล็กน้อย ค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 6.5

จากผลการวิเคราะห์ทางเคมี ของตัวแทนชุดดินนี้ปรากฏว่า ดินตอนบนหนาประมาณ 30 ซม. มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงปานกลาง มีการอิมตัวด้วยเบสปานกลาง มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงมาก กล่าวโดยสรุปแล้วชุดดินนี้มีปริมาณแร่ธาตุอาหารตามธรรมชาติปานกลาง และมีคุณสมบัติทางกายภาพเลว เนื่องจากเป็นดินเหนียวจัด

ชุดดินนี้ส่วนใหญ่ใช้ในการปลูกข้าวนาดำ แต่บางแห่งปลูกแบบนาหว่าน เป็นดินที่เหมาะสมสำหรับปลูกข้าวชนิดหนึ่ง เพราะเนื้อดินเป็นดินเหนียวและปฏิกิริยาของดินไม่ต่ำมากนัก แต่ควรมีการปรับปรุงคุณสมบัติของดินให้ดีขึ้น โดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ต่างๆ ถ้าสามารถป้องกันเรื่องน้ำท่วมได้แล้วสามารถปลูกพืชไร่และพืชสวนครัวอื่นๆ ได้

ชุดดินมหาโพธิ์

มีเนื้อที่ประมาณ 122,404 ไร่ หรือ 3.66 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากการตกตะกอนของน้ำจืดบนตะกอนของน้ำกร่อย สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะราบเรียบมีความลาดชันไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ชุดดินนี้เป็นดินลึก มีการระบายน้ำเลว ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ช้า มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้า ตามปกติแล้วระดับน้ำใต้ดินจะอยู่ต่ำกว่า 1.5 เมตร ในช่วงแล้ง

ดินบนลึกไม่เกิน 50 ซม. มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว สีพื้นเป็นสีเทาเข้ม สีดำ มีจุดประสีน้ำตาล สีแดงปนเหลือง ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดแก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.5-5.5 ส่วนดินล่างลึกมากกว่า 100 ซม. มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว มีสีพื้นเป็นสีน้ำตาลปนเทา สีอ่อนของน้ำตาลปนเทา สีน้ำตาล มีจุดประสีเป็นสีแดง สีเหลือง สีเหลืองปนน้ำตาลของแคทเคลย์ ในชั้นดินที่ลึกมากๆ จะมีสีเป็นสีเทาเข้ม มีปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดแก่ ค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.0-4.5

จากผลการวิเคราะห์ทางเคมี ของตัวแทนชุดดินนี้ปรากฏว่า ดินตอนบนหนาประมาณ 30 ซม. มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงปานกลาง มีการอิมตัวด้วยเบสต่ำ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงมาก มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ และมีปริมาณธาตุโปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำ กล่าวโดยสรุปแล้วชุดดินนี้มีปริมาณแร่ธาตุอาหารตามธรรมชาติปานกลาง และมีคุณสมบัติทางกายภาพค่อนข้างเลว เนื่องจากเป็นดินเหนียวและมีการระบายน้ำเลว

ชุดดินนี้ส่วนใหญ่ใช้ในการปลูกข้าวนาหว่าน แต่บางแห่งใช้ในการปลูกข้าวนาดำ ให้ผลผลิตดีปานกลาง ถ้ามีการแก้ความเป็นกรดของดินโดยการใส่ปูนขาว และปุ๋ยอินทรีย์ต่างๆ จะช่วยให้ผลผลิตของข้าวเพิ่มขึ้น

ชุดดินรังสิต

มีเนื้อที่ประมาณ 100,666 ไร่ หรือ 3.01 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากการตกตะกอนของน้ำกร่อย สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะราบเรียบ มีความลาดชันไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ชุดดินนี้เป็นดินลึก มีการระบายน้ำเร็ว ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ช้า มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้า ตามปกติแล้วระดับน้ำใต้ดินจะลึกกว่า 1 เมตร ในช่วงแล้ง

ดินบนลึกไม่เกิน 40 ซม. มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว สีพื้นเป็นสีเทาเข้มมากถึงสีดำ มีจุดประสีเป็นสีน้ำตาลแก่ และสีแดงปนเหลือง ส่วนล่างของดินชั้นนี้อาจจะพบจุดประสีแดง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมาก ค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.5-5.0 ส่วนดินล่างมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว มีสีพื้นเป็นสีน้ำตาลปนเทา มีจุดประสีเป็นสีเหลือง หรือสีเหลืองปนน้ำตาล หรือสีแดง ในดินชั้นนี้จะพบสารประกอบของกำมะถันเรียกว่า แคทเคลย์ ในระดับความลึก 40-100 ซม. ดินมีปฏิกริยาเป็นกรดจัดมาก ค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่า 4.5 ในดินชั้นนี้จะพบสารพวกเหล็กออกไซด์จับตัวเป็นรูปหลอด มีลักษณะแข็ง

จากผลการวิเคราะห์ทางเคมี ของตัวแทนชุดดินนี้ปรากฏว่า ดินตอบนหนาประมาณ 30 ซม. มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำมาก มีการอิมตัวด้วยเบสต่ำ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำปานกลาง และมีปริมาณธาตุโปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงมาก ส่วนดินตอกลางลึกตั้งแต่ 30 ซม. ลงไป มีการอิมตัวด้วยเบสต่ำ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงมีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำมาก และมีปริมาณธาตุโปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงมาก กล่าวโดยสรุปแล้ว ชุดดินนี้มีปริมาณแร่ธาตุอาหารตามธรรมชาติปานกลางและมีคุณสมบัติทางกายภาพเลวเนื่องจากเป็นดินเหนียวจัด

ชุดดินนี้ส่วนใหญ่ใช้ในการปลูกข้าวแบบนาหว่าน ในบางแห่งที่อยู่ติดกับชลประทานใช้ปลูกข้าวแบบนาดำผลผลิตไม่สูงมากนัก เนื่องจากดินเป็นกรดจัดมาก ทำให้พืชไม่สามารถใช้แร่ธาตุในดินได้มากนัก ในการเพิ่มธาตุอาหารพืช จึงควรคำนึงถึงเรื่องนี้ด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปุ๋ยฟอสเฟตจะถูกดินตรึงไว้เป็นส่วนใหญ่ ถ้าหากไม่แก้ความเป็นกรดของดินให้ลดลง การใส่ปุ๋ยเพิ่มธาตุอาหารพืชเกือบจะไม่มีประโยชน์

ชุดดินรังสิตประเภทที่เป็นกรดจัดมีเนื้อที่ประมาณ 19,398 ไร่ หรือ 0.58 เปอร์เซ็นต์ ชุดดินนี้มีลักษณะและคุณสมบัติเหมือนกับชุดดินรังสิต แต่ชุดดินนี้เป็นกรดจัดมาก จึงแบ่งแยกออกจากชุดดินรังสิต มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 3.5-4.5 นอกจากดินเป็นกรดจัดมาก การปลูกพืชจึงไม่ค่อยได้ผล พื้นที่ส่วนใหญ่จึงถูกปล่อยทิ้งไว้ มีวัชพืชพวก ต้นแห้วหมู และ ต้นกก ขึ้นอยู่ทั่วไป

ชุดดินองครักษ์

มีเนื้อที่ประมาณ 17,725 ไร่ หรือ 0.53 เปอร์เซ็นต์ เกิดจากการตกตะกอนของน้ำกร่อย สภาพพื้นที่ที่พบมีลักษณะราบเรียบ มีความลาดชันน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ชุดดินนี้เป็นดินลึก มีการระบายน้ำเร็ว ดินมีความสามารถให้น้ำซึมผ่านได้ช้า มีการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้า ตามปกติแล้วระดับน้ำใต้ดินจะอยู่ต่ำกว่า 1 เมตร ในช่วงแล้ง

ดินบนลึกไม่เกิน 25 ซม. มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว สีพื้นเป็นสีเทาเข้มถึงสีดำ มีจุดประสีเป็นสีน้ำตาลแก่ ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัด ค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.5 ส่วนดินล่างเนื้อดินเป็นดินเหนียว มีสีพื้นเป็นสีน้ำตาลปนเทา มีจุดประสีแดง และสีเหลืองของสารประกอบของกำมะถัน (แคทเคลย์) สารประกอบนี้จะพบในระดับความลึกไม่เกิน 40 ซม. ปฏิกริยาของดินเป็นกรดจัดมาก มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างประมาณ 4.0-4.5

จากผลการวิเคราะห์ทางเคมี ของตัวแทนชุดดินนี้ปรากฏว่า ดินตอนบนหนาประมาณ 30 ซม. มีปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลาง มีการอิมตัวด้วยเบสต่ำ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชปานกลาง และมีปริมาณธาตุโปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงมาก ส่วนดินตอนล่างลึกตั้งแต่ 30 ซม. ลงไป มีการอิมตัวด้วยเบสต่ำ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง มีปริมาณธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชต่ำมาก และมีปริมาณธาตุโปแตสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงมาก กล่าวโดยสรุปแล้วชุดดินนี้มีปริมาณแร่ธาตุอาหารตามธรรมชาติต่ำถึงปานกลาง และมีคุณสมบัติทางกายภาพค่อนข้างเลว เนื่องจากดินเหนียวจัด และมีการระบายน้ำเลว

ตารางภาคผนวกที่ 1 ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำที่ใช้ในการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และความเค็มของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4

จุดสังเกตการณ์	SOV	SS	df	MS	F	Sig.
บ่อพักน้ำ	Between Groups	23.38	3	7.79	6.46	.00**
	Within Groups	32.57	27	1.20		
	Total	55.95	30			
คูน้ำรอบระบบ	Between Groups	14.87	3	4.95	7.10	.00**
	Within Groups	14.65	21	.69		
	Total	29.52	24			
บ่ออนุบาล	Between Groups	127.02	3	42.34	8.61	.00**
	Within Groups	88.50	18	4.91		
	Total	215.53	21			
บ่อ P1	Between Groups	3.42	3	1.14	.44	.72 ^{ns}
	Within Groups	57.01	22	2.59		
	Total	60.43	25			
บ่อ P2	Between Groups	11.76	3	3.92	4.23	.01*
	Within Groups	25.01	27	.92		
	Total	36.77	30			
บ่อ P3	Between Groups	41.02	3	13.67	6.26	.00**
	Within Groups	52.38	24	2.18		
	Total	93.40	27			
คลองบางแตน	Between Groups	6.84	3	2.28	.56	.64 ^{ns}
	Within Groups	97.22	24	4.05		
	Total	104.06	27			
แม่น้ำบางปะกง	Between Groups	4.13	3	1.37	.10	.95 ^{ns}
	Within Groups	342.93	26	13.19		
	Total	347.06	29			

ตารางภาคผนวกที่ 2 ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำในนาข้าวในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้ง
 ฤดูกาลครั้งที่ 1 2 และ 3

จุดสังเกตการณ์	SOV	SS	df	MS	F	Sig.
L13	Between Groups	0.00	1	.00	.01	.94 ^{ns}
	Within Groups	2.26	9	.25		
	Total	2.26	10			
L14	Between Groups	0.27	1	.27	.33	.57 ^{ns}
	Within Groups	9.84	12	.82		
	Total	10.12	13			
L15	Between Groups	0.03	1	.03	.12	.73 ^{ns}
	Within Groups	3.81	13	.29		
	Total	3.84	14			
L22	Between Groups	3.77	1	3.77	3.25	.10 ^{ns}
	Within Groups	10.41	9	1.15		
	Total	14.17	10			
L41	Between Groups	0.32	2	.16	.49	.62 ^{ns}
	Within Groups	3.58	11	.32		
	Total	3.904	13			
L43	Between Groups	0.31	2	.15	3.02	.07 ^{ns}
	Within Groups	0.78	15	.05		
	Total	1.09	17			

ตารางภาคผนวกที่ 3 ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 ม. จากผิวดิน ในบริเวณที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ บริเวณที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกร และบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 1 2 3 และ 4

จุดสังเกตการณ์	SOV	SS	df	MS	F	Sig.
L11	Between Groups	8.25	4	2.06	4.85	.00**
	Within Groups	13.16	31	.42		
	Total	21.42	35			
L12	Between Groups	13.34	4	3.33	7.42	.00**
	Within Groups	13.92	31	.44		
	Total	27.26	35			
L13	Between Groups	6.46	4	1.61	3.85	.01**
	Within Groups	12.98	31	.41		
	Total	19.45	35			
L14	Between Groups	2.72	4	.68	1.89	.13 ^{ns}
	Within Groups	11.13	31	.35		
	Total	13.85	35			
L15	Between Groups	30.66	4	7.66	6.50	.00**
	Within Groups	36.51	31	1.17		
	Total	67.18	35			
L16	Between Groups	13.57	4	3.39	2.25	.08 ^{ns}
	Within Groups	46.62	31	1.50		
	Total	60.20	35			
L21	Between Groups	7.43	4	1.85	6.82	.00**
	Within Groups	7.89	29	.27		
	Total	15.32	33			
L22	Between Groups	30.34	4	7.58	6.42	.00**
	Within Groups	34.23	29	1.18		
	Total	64.58	33			

จุดสังเกตการณ์	SOV	SS	df	MS	F	Sig.
L23	Between Groups	.67	4	.16	2.15	.10 ^{ns}
	Within Groups	2.25	29	.07		
	Total	2.92	33			
L24	Between Groups	12.94	4	3.23	25.1	.00**
	Within Groups	3.99	31	.12		
	Total	16.93	35			
L31	Between Groups	11.15	4	2.78	2.35	.07 ^{ns}
	Within Groups	36.68	31	1.18		
	Total	47.83	35			
L32	Between Groups	6.22	4	1.55	2.16	.09 ^{ns}
	Within Groups	22.32	31	.72		
	Total	28.54	35			
L33	Between Groups	63.83	4	15.96	5.18	.00**
	Within Groups	95.44	31	3.07		
	Total	159.28	35			
L34	Between Groups	45.65	4	11.41	8.12	.00**
	Within Groups	43.56	31	1.40		
	Total	89.22	35			
L35	Between Groups	38.29	4	9.57	3.29	.02*
	Within Groups	90.03	31	2.90		
	Total	128.32	35			
L41	Between Groups	11.33	4	2.83	2.25	.08 ^{ns}
	Within Groups	38.96	31	1.25		
	Total	50.29	35			
L42	Between Groups	25.30	4	6.32	3.02	.03*
	Within Groups	64.76	31	2.08		
	Total	90.07	35			

จุดสังเกตการณ์	SOV	SS	df	MS	F	Sig.
L43	Between Groups	3.66	4	.91	1.10	.37 ^{ns}
	Within Groups	25.82	31	.833		
	Total	29.49	35			
L44	Between Groups	8.35	4	2.08	7.21	.00**
	Within Groups	8.97	31	.28		
	Total	17.32	35			

ตารางภาคผนวกที่ 4 ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 5 ม. จากผิวดิน ในบริเวณที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ บริเวณที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกร และบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 1 2 3 และ 4

จุดสังเกตการณ์	SOV	SS	df	MS	F	Sig.
L11	Between Groups	97.19	4	24.29	8.52	.00**
	Within Groups	88.40	31	2.85		
	Total	185.60	35			
L12	Between Groups	89.91	4	22.47	6.01	.00**
	Within Groups	115.86	31	3.73		
	Total	205.78	35			
L13	Between Groups	12.23	4	3.05	3.81	.01**
	Within Groups	24.88	31	.80		
	Total	37.12	35			
L14	Between Groups	106.86	4	26.71	8.86	.00**
	Within Groups	93.44	31	3.01		
	Total	200.30	35			
L15	Between Groups	59.36	4	14.84	5.67	.00**
	Within Groups	81.03	31	2.61		
	Total	140.40	35			
L16	Between Groups	129.66	4	32.41	7.64	.00**
	Within Groups	131.52	31	4.24		
	Total	261.19	35			
L21	Between Groups	118.01	4	29.50	7.91	.00**
	Within Groups	108.17	29	3.73		
	Total	226.18	33			
L22	Between Groups	69.02	4	17.25	5.27	.00**
	Within Groups	94.85	29	3.27		
	Total	163.87	33			

จุดสังเกตการณ์	SOV	SS	df	MS	F	Sig.
L23	Between Groups	34.63	4	8.65	3.18	.02*
	Within Groups	78.75	29	2.71		
	Total	113.39	33			
L24	Between Groups	70.49	4	17.62	4.70	.00**
	Within Groups	116.07	31	3.74		
	Total	186.56	35			
L31	Between Groups	81.89	4	20.47	7.08	.00**
	Within Groups	89.53	31	2.88		
	Total	171.42	35			
L32	Between Groups	18.39	4	4.59	15.83	.00**
	Within Groups	9.00	31	.29		
	Total	27.39	35			
L33	Between Groups	227.15	4	56.79	14.13	.00**
	Within Groups	124.55	31	4.01		
	Total	351.71	35			
L34	Between Groups	83.25	4	20.81	3.65	.01*
	Within Groups	176.43	31	5.69		
	Total	259.69	35			
L35	Between Groups	121.89	4	30.47	4.70	.00**
	Within Groups	200.82	31	6.47		
	Total	322.71	35			
L41	Between Groups	147.07	4	36.76	7.64	.00**
	Within Groups	149.09	31	4.81		
	Total	296.16	35			
L42	Between Groups	130.68	4	32.67	9.28	.00**
	Within Groups	109.13	31	3.52		
	Total	239.81	35			

จุดสังเกตการณ์	SOV	SS	df	MS	F	Sig.
L43	Between Groups	11.72	4	2.93	2.34	.07 ^{ns}
	Within Groups	38.66	31	1.24		
	Total	50.39	35			
L44	Between Groups	22.06	4	5.51	5.17	.00 ^{**}
	Within Groups	33.07	31	1.06		
	Total	55.13	35			

ตารางภาคผนวกที่ 5 ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 10 ม. จากผิวดิน ในบริเวณที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ บริเวณที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกร และบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 1 2 3 และ 4

จุดสังเกตการณ์	SOV	SS	df	MS	F	Sig.
L11	Between Groups	164.79	4	41.19	4.58	.00**
	Within Groups	278.73	31	8.99		
	Total	443.53	35			
L16	Between Groups	246.03	4	61.50	5.43	.00**
	Within Groups	350.96	31	11.32		
	Total	596.99	35			
L23	Between Groups	258.22	4	64.55	8.98	.00**
	Within Groups	208.45	29	7.18		
	Total	466.67	33			
L31	Between Groups	5.56	4	1.39	3.13	.02**
	Within Groups	13.76	31	.44		
	Total	19.32	35			
L32	Between Groups	138.60	4	34.65	5.49	.00**
	Within Groups	195.35	31	6.30		
	Total	333.95	35			
L35	Between Groups	81.73	4	20.43	16.18	.00**
	Within Groups	39.14	31	1.26		
	Total	120.87	35			
L44	Between Groups	154.62	4	38.65	5.90	.00**
	Within Groups	202.83	31	6.54		
	Total	357.45	35			

ตารางภาคผนวกที่ 6 ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 15 ม. จากผิวดิน ในบริเวณที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ บริเวณที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกร และบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 1 2 3 และ 4

จุดสังเกตการณ์	SOV	df	SS	MS	F	Sig.
L16	Between Groups	4	262.92	65.73	7.51	.00**
	Within Groups	31	271.16	8.74		
	Total	35	534.08			
L23	Between Groups	4	182.01	45.50	7.41	.00**
	Within Groups	29	178.05	6.14		
	Total	33	360.07			
L31	Between Groups	4	178.15	44.54	12.96	.00**
	Within Groups	31	106.49	3.43		
	Total	35	284.65			
L32	Between Groups	4	107.01	26.75	3.69	.01**
	Within Groups	31	224.29	7.23		
	Total	35	331.31			
L35	Between Groups	4	465.23	116.31	5.83	.00**
	Within Groups	31	617.57	19.92		
	Total	35	1082.81			
L44	Between Groups	4	164.20	41.05	4.77	.00**
	Within Groups	31	266.51	8.59		
	Total	35	430.72			

ตารางภาคผนวกที่ 7 ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำในนาข้าวในบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรในช่วงเวลา ก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งครั้งที่ 1 2 และ 3

SOV	SS	df	MS	F	Sig.
Corrected Model	28.61	7	4.08	7.09	.00
Intercept	71.83	1	71.83	124.70	.00
Timing	16.95	3	5.65	9.81	.00**
Owner	2.09	1	2.09	3.63	.05*
Timing*Owner	1.48	3	.49	.85	.46 ^{ns}
Error	74.30	129	.57		
Total	324.59	137			
Corrected Total	102.91	136			

ตารางภาคผนวกที่ 8 ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 2 ม. จากผิวดิน ในบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ บริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4

SOV	SS	df	MS	F	Sig.
Corrected Model	568.65	14	40.61	19.60	.00
Intercept	3011.63	1	3011.63	1453.29	.00
Timing	59.66	4	14.91	7.19	.00**
Owner	368.89	2	184.44	89.00	.00**
Timing*Owner	30.51	8	3.81	1.84	.06 ^{ns}
Error	1075.51	519	2.07		
Total	7051.87	534			
Corrected Total	1644.16	533			

ตารางภาคผนวกที่ 9 ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 5 ม. จากผิวดิน ในบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ บริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ ครั้งที่ 1 2 3 และ 4

SOV	SS	df	MS	F	Sig.
Corrected Model	1151.34	14	82.23	14.61	.00
Intercept	7947.61	1	7947.61	1412.77	.00
Timing	524.79	4	131.19	23.32	.00**
Owner	39.38	2	19.69	3.50	.03*
Timing*Owner	9.78	8	1.22	.21	.98 ^{ns}
Error	2919.66	519	5.62		
Total	24646.81	534			
Corrected Total	4071.00	533			

ตารางภาคผนวกที่ 10 ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 10 ม. จากผิวดิน ในบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ บริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 1 2 3 และ 4

SOV	SS	df	MS	F	Sig.
Corrected Model	1383.30	14	98.80	12.343	.00
Intercept	10832.75	1	10832.75	1353.18	.00
Timing	641.45	4	160.36	20.03	.00**
Owner	364.19	2	182.09	22.74	.00**
Timing*Owner	107.57	8	13.44	1.68	.10 ^{ns}
Error	1593.07	199	8.00		
Total	19749.29	214			
Corrected Total	2976.38	213			

ตารางภาคผนวกที่ 11 ความแปรปรวนทางสถิติของความเค็มของน้ำใต้ดินที่ระดับความลึก 15 ม. จากผิวดิน ในบริเวณพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ บริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำระบบปิด ความเค็มต่ำ และบริเวณพื้นที่เกษตรกรรมที่อยู่ใกล้เคียงพื้นที่ที่มีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำแบบเกษตรกรในช่วงเวลาก่อนที่จะมีการเลี้ยงกุ้งกุลาดำ และในช่วงเวลาของการเลี้ยงกุ้งกุลาดำครั้งที่ 1 2 3 และ 4

SOV	SS	df	MS	F	Sig.
Corrected Model	936.78	14	66.91	3.58	.00
Intercept	12364.76	1	12364.76	663.08	.00
Timing	737.18	4	184.29	9.88	.00**
Owner	66.39	2	33.19	1.78	.17 ^{ns}
Timing*Owner	38.51	8	4.81	.25	.97 ^{ns}
Error	3039.53	163	18.64		
Total	20558.43	178			
Corrected Total	3976.31	177			