เอกสารวิชาการ
ต้นแบบ การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน
เพื่อป้องกันการเสื่อมและเพิ่มศักยภาพการผลิต
พืชเศรษฐกิจของดินและที่ดินรวมทั้งการอนุรักษ์ดินและน้ำ

กลุ่มวิจัยและพัฒนาการอนุรักษ์ดินและน้ำพื้นที่สูง
สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน ร่วมกับ กองช่าง กรมพัฒนาที่ดิน

โดย

พิพัฒน์ ไทยกล้า	สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน
วินัย อักษรพันธ์	ฝ่ายวิศวกรรมและเทคโนโลยี กองช่าง
สุมล โสภากร	สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน
ปัญญา เจริญยุทธ	ฝ่ายวิศวกรรมและเทคโนโลยี กองช่าง
สุวิมล พุทธจรรยาวงศ์	กลุ่มวิชาการฯ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6
ทนงศักดิ์ ปะระไทย	กลุ่มวิชาการฯ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7

สงวนลิขสิทธิ์

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์
มกราคม 2548

ต้นแบบการเตรียมพื้นที่ เพื่อป้องกันการเสื่อม และเพิ่มศักยภาพการผลิตพืชเศรษฐกิจของดินและที่ดิน รวมทั้งการอนุรักษ์ดินและน้ำ

นายพิพัฒน์ ไทยกล้า

นักวิชาการเกษตร 8ว. หัวหน้ากลุ่มวิจัยและพัฒนาการอนุรักษ์ดินและน้ำพื้นที่สูง

- วท.บ. (เกษตรศาสตร์) สาขาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
- พบ.บ. (รัฐประศาสนศาสตร์) สาขาการบริหารโครงการและนโยบาย สถาบันบัณฑิตพัฒนาบริหารศาสตร์ (นิด้า)
- Certificate in Farming System with special reference to Agroclimatology, สถาบัน ICRISAT, (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics,) India

โทรศัพท์ (ที่ทำงาน) 0-2579-0111 ต่อ 2248

นายวินัย อักษรพันธ์

วิศวกรการเกษตร 8 ฝ่ายวิศวกรรมและเทคโนโลยี กองช่าง

- วศ.บ. (เกษตร) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- M.Eng. สาขา Agricultural Soil and Water Conservation Engineering สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT)

โทรศัพท์ (ที่ทำงาน) 0-2579-0111 ต่อ 1283

นางสุมล โสภากร

นักวิชาการเกษตร 8ว. กลุ่มวิจัยและพัฒนาการอนุรักษ์ดินและน้ำพื้นที่สูง

- วท.บ. (พืชศาสตร์) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

โทรศัพท์ (ที่ทำงาน) 0-2579-0111 ต่อ 2240

นายปัญญา เจริญยุทธ

วิศวกรการเกษตร 5 ฝ่ายวิศวกรรมและเทคโนโลยี กองช่าง

- วศ.บ. (วิศวกรรมทรัพยากรน้ำ) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

โทรศัพท์ (ที่ทำงาน) 0-2579-0111 ต่อ 1283

นางสาวสุวิมล พุทธจรรยาวงศ์

นักวิชาการเกษตร 4 กลุ่มวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6

- วท.ม. (เกษตรศาสตร์) สาขาปฐมพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โทรศัพท์ (ที่ทำงาน) 0-5389-0109 ต่อ 18

นายทนงศักดิ์ ปะระไทย

นักวิชาการเกษตร 4 กลุ่มวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7

- วท.ม. (เกษตรศาสตร์) สาขาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

โทรศัพท์ (ที่ทำงาน) 0-5477-1588

คำนำ

พื้นที่ที่มีศักยภาพสูงทางการเกษตร ได้แก่ พื้นที่ที่เนื้อดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง กล่าวคือ มีคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี และความลึกของดินเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชเศรษฐกิจที่จะปลูก นอกจากคุณสมบัติของเนื้อดินและโครงสร้างของดินจะเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตของพืชแล้ว ลักษณะของสภาพพื้นที่ต้องเหมาะสมต่อการเพาะปลูกด้วยเช่นกัน อันได้แก่ พื้นที่ที่ปราศจากปัญหาน้ำท่วม น้ำแล้ง รวมทั้งเป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินคงทน ไม่เสื่อมโทรมได้ง่าย นอกจากพื้นที่ที่มีศักยภาพสูงทางการเกษตรจะมีลักษณะดังกล่าวแล้ว พื้นที่นั้นควรจะเป็นพื้นที่ที่ไม่เสี่ยงต่อการเกิดลมพายุ หรือลมแรง ที่จะก่อให้เกิดความเสียหายต่อพืชผล หรือเป็นแหล่งระบาดของแมลงและโรคพืชที่จะปลูกบ่อยๆ รวมทั้งควรเป็นพื้นที่ที่มีการคมนาคมขนส่งสะดวกทั้งภายในพื้นที่เองและนอกพื้นที่เพาะปลูก

เอกสารฉบับนี้ กล่าวถึงวิธีการที่จะจัดทำพื้นที่เพาะปลูกของตนเองให้มีศักยภาพทางการเกษตรสูง โดยการปรับปรุงสภาพพื้นที่ให้เหมาะสมต่อการเพาะปลูกที่สะดวกต่อการดำเนินงานเพาะปลูก ดูแลรักษา และเก็บเกี่ยวผลผลิต การป้องกันการชะล้างพังทลายของดินและสูญเสียหน้าดิน การป้องกันน้ำท่วมหรือดินแฉะ และป้องกันการขาดแคลนน้ำ เป็นต้น ซึ่งการจัดทำพื้นที่ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น จะทำให้ผลผลิตสูง ทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ การประหยัดค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษาและดำเนินการเพาะปลูก อันเป็นหนทางที่สำคัญที่สุดที่จะนำพาสู่การทำการเพาะปลูกให้ได้กำไรสูงสุดและนานที่สุด ส่วนวิธีการปรับปรุงบำรุงดิน หรือแก้ไขปัญหาในเรื่องความอุดมสมบูรณ์ของดินมีกล่าวแล้วในเอกสารเผยแพร่ของกรมฯ ฉบับอื่นๆ ซึ่งมีทั้งโปสเตอร์ แผ่นพับ คู่มือ คำแนะนำ และทาง Web site ของกรมฯ

หวังว่าเอกสารฉบับนี้จะมีประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ หรือมีอาชีพด้านการเกษตรทุกระดับ

(นายพิพัฒน์ ไทยกล้า)
หัวหน้าคณะผู้จัดทำ
โทร. 0-2579-1803 E-mail ord_7@ldd.go.th

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	**ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการชะล้างพังทลายของดิน ที่เป็นปัจจัยสาเหตุที่สำคัญที่สุดของการเสื่อมศักยภาพการผลิตพืชของดิน และที่ดิน**	**1**
	ความหมายของคำว่าการชะล้างพังทลายของดิน	1
	การเซาะกร่อนตามธรรมชาติ	1
	การเคลื่อนที่ของดินเป็นกลุ่มก้อน	4
	พื้นที่ที่ได้รับความเสียหาย หรือผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดิน	5
	ภัยพิบัติจากน้ำท่วมและกระบวนการเกิดภัยพิบัติน้ำท่วม	8
	แนวคิด การป้องกันและแก้ไขการชะล้างพังทลายของดิน	12
บทที่ 2	**การวางแผนการใช้ที่ดินทางการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุดโดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม**	**14**
	สภาพปัญหาของการใช้ประโยชน์ที่ดิน	14
	วัตถุประสงค์ของการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตร	15
	ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ	15
บทที่ 3	**แบบแปลน ข้อกำหนด เงื่อนไข และวิธีดำเนินการจัดทำขั้นบันไดดินแบบต่าง ๆ**	**28**
	1. ชื่อต้นแบบ ขั้นบันไดดิน แบบเก็บกักน้ำ เพื่อการปลูกข้าวในพื้นที่ที่มีความลาดชัน	29
	- วัตถุประสงค์	29
	- อรรถประโยชน์และประโยชน์ใช้สอย	29
	- ข้อกำหนดและเงื่อนไขที่ใช้ในการดำเนินงาน	32
	- รูปร่างลักษณะของขั้นบันไดดินแบบระดับที่สามารถเก็บกักน้ำได้	34
	- องค์ประกอบของต้นแบบ	35
	- แบบแปลนภาพตัดขวางของขั้นบันไดดินแบบเก็บกักน้ำ	36
	- การออกแบบ	36
	- การปฏิบัติที่จำเป็นและสิ่งที่ต้องคำนึงสำหรับดำเนินงาน	37
	- การจัดการและดูแลรักษาสิ่งก่อสร้าง	42
	- การคำนวณปริมาณดินขุดและดินถมสามารถคำนวณได้จากสูตร	42
	- การคำนวณค่าดินขุดและดินถม	42
	- ตัวอย่าง การคำนวณค่างานสำหรับดินขุด – ดินถม	43

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2. ชื่อต้นแบบ ขั้นบันไดดินเพื่อการปลูกพืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับและพืชไร่ ในพื้นที่ที่มีความลาดชัน	56
- วัตถุประสงค์	56
- อรรถประโยชน์และประโยชน์ใช้สอย	56
- ข้อกำหนดและเงื่อนไขที่ใช้ในการดำเนินงาน	59
- รูปร่างลักษณะของขั้นบันไดดินปลูกไม้ดอกไม้ประดับ พืชไร่ พืชผัก	60
- องค์ประกอบของต้นแบบ	61
- แบบแปลนภาพตัดขวางของขั้นบันไดดินแบบเอียงเข้า	62
- การออกแบบ	63
- การปฏิบัติที่จำเป็นและสิ่งที่ต้องคำนึงสำหรับดำเนินงาน	64
- การจัดการและดูแลรักษาสิ่งก่อสร้าง	69
- การคำนวณปริมาณดินขุดและดินถมสามารถคำนวณได้จากสูตร	69
- การคำนวณค่าดินขุดและดินถม	69
3. ชื่อต้นแบบ ขั้นบันไดดินเพื่อการปลูกไม้ผลใน พื้นที่ที่มีความลาดชัน	78
- วัตถุประสงค์	78
- อรรถประโยชน์และประโยชน์ใช้สอย	78
- ข้อกำหนดและเงื่อนไขที่ใช้ในการดำเนินงาน	81
- รูปร่างลักษณะของขั้นบันไดดินปลูกไม้ผล	82
- องค์ประกอบของต้นแบบ	83
- แบบแปลนภาพตัดขวางของขั้นบันไดดินแบบเอียงเข้า	84
- การออกแบบ	85
- การปฏิบัติที่จำเป็นและสิ่งที่ต้องคำนึงสำหรับการดำเนินงาน	86
- การจัดการและดูแลรักษาสิ่งก่อสร้าง	91
- การคำนวณปริมาณดินขุดและดินถมสามารถคำนวณได้จากสูตร	91
- การคำนวณค่าดินขุดและดินถม	91

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
4. ต้นแบบ	การปลูกพืชไร่ หรือพืชผักบางชนิดในพื้นที่สูงชัน โดยใช้คูรับน้ำชายเขาเป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ	95
-	ความหมาย	95
-	วัตถุประสงค์ในการก่อสร้างคูรับน้ำชายเขา	95
-	อรรถประโยชน์และประโยชน์ใช้สอย	96
-	ข้อกำหนดและเงื่อนไขสำหรับดำเนินการ	96
-	รูปร่างลักษณะของคูรับน้ำชายเขาในพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจในพื้นที่สูงชัน	96
-	องค์ประกอบของคูรับน้ำชายเขา	97
-	แบบแปลน/ภาพ	97
-	การออกแบบ	99
-	การปฏิบัติและสิ่งที่ต้องคำนึงถึงก่อนการดำเนินงาน	101
-	การปฏิบัติต่อเนื่องที่ช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของคูรับน้ำชายเขาให้ดีขึ้น	101
-	การดูแลรักษา	102
-	ปริมาณดินขุดและดินถม สำหรับคูรับน้ำชายเขาขนาดต่าง ๆ	102
-	การคำนวณค่าจ้างแรงงานในการก่อสร้างคูรับน้ำชายเขา	104

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
5. ต้นแบบ	การทำสวนผลไม้ในพื้นที่สูงชัน โดยใช้คูรับน้ำชายเขาร่วมกับแอ่งหรือหลุมรูปเสี้ยววงกลม สำหรับปลูกไม้ผลเป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ	105
-	ความหมาย	105
-	วัตถุประสงค์ในการดำเนินงานการสร้าง	106
-	อรรถประโยชน์และประโยชน์ใช้สอยของตัวแบบ	106
-	ข้อกำหนดและเงื่อนไขสำหรับดำเนินงาน	107
-	รูปร่างลักษณะและองค์ประกอบ	108
-	แบบแปลน/ภาพตัดขวางของคูรับน้ำรอบเขาหรือคูรับน้ำข้างเขา (Hillside Ditches)	109
-	การออกแบบ	111
-	การปรับปรุงระบบให้สมบูรณ์แบบขึ้น	113
-	การปฏิบัติดูแลรักษา	113
-	การดูแลรักษา	113
-	ปริมาณดินขุดและดินถม สำหรับคูรับน้ำชายเขาขนาดต่าง ๆ	113
-	การคำนวณค่าจ้างแรงงานในการก่อสร้างคูรับน้ำชายเขา	115
-	การปลูกไม้ผลบนพื้นที่ลาดชันระหว่างคูรับน้ำชายเขา	115
เอกสารอ้างอิง		116

สารบัญตาราง

หน้า

1. ชื่อต้นแบบ ขั้นบันไดดินแบบเก็บกักน้ำ เพื่อการปลูกข้าวในพื้นที่ที่มีความลาดชัน

ตารางที่ 1 แสดงผลการคำนวณปริมาณดินขุดและดินถม สำหรับการก่อสร้างขั้นบันไดดินแบบพื้นราบที่สามารถเก็บกักน้ำได้ (Level type) 46

ตารางที่ 2 แสดงผลการคำนวณปริมาณดินขุด และดินถม สำหรับการก่อสร้างขั้นบันไดดินแบบพื้นราบที่สามารถเก็บกักน้ำได้ 48

ตารางที่ 3 แสดงราคางาน ของการก่อสร้างขั้นบันไดดินแบบพื้นราบที่สามารถเก็บกักน้ำได้ 49

ตารางที่ 4 แสดงเวลาทำงาน ในการจัดเตรียมพื้นที่ปลูกข้าวแบบขั้นบันไดดิน 50

ตารางที่ 5 แสดงผลการคำนวณปริมาณดินขุดและดินเกลี่ยสำหรับการก่อสร้างขั้นบันไดดินแบบพื้นราบที่สามารถเก็บกักน้ำได้ 51

ตารางที่ 6 แสดงเวลาทำงาน ในการจัดเตรียมพื้นที่ปลูกข้าวแบบขั้นบันไดดิน 53

2. ชื่อต้นแบบ ขั้นบันไดดินเพื่อการปลูกพืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับและพืชไร่ในพื้นที่ที่มีความลาดชัน

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณดินขุดและดินถมที่มีความสัมพันธ์กับความกว้างระยะห่าง และองค์ประกอบของขั้นบันไดแบบเอียงเข้าด้านในผนัง (Inward type) 73

ตารางที่ 2 ปริมาณดินขุดและดินถมขั้นบันไดดินสำหรับปลูกพืชผักไม้ดอกไม้ประดับ และพืชไร่ 75

ตารางที่ 3 แสดงราคางาน ของการก่อสร้างขั้นบันไดดิน 76

ตารางที่ 4 แสดงเวลาทำงาน ในการจัดเตรียมพื้นที่ปลูกพืชผักไม้ดอกไม้ประดับและพืชไร่ 77

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

3. ชื่อต้นแบบ ขั้นบันไดดินเพื่อการปลูกไม้ผลใน พื้นที่ที่มีความลาดชัน

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณดินขุดและดินถม ของขั้นบันไดดิน สำหรับปลูกไม้ผล (แบบผนังเอียงเข้า; Inward type) 93

ตารางที่ 2 ปริมาณดินขุด ดินถม ขั้นบันไดดิน สำหรับปลูกไม้ผล 93

ตารางที่ 3 แสดงราคางาน หรือค่าแรง ในการจัดทำขั้นบันไดดิน สำหรับปลูกไม้ผล 93

ตารางที่ 4 แสดงเวลางาน ในการจัดทำขั้นบันไดดิน สำหรับปลูกไม้ผล 94

4. ต้นแบบ การปลูกพืชไร่ หรือพืชผักบางชนิดในพื้นที่สูงชัน โดยใช้คูรับน้ำชายเขาเป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

ตารางที่ 1 แสดงระยะห่างตามแนวราบและแนวดิ่งของคูรับน้ำชายเขาที่ขึ้นกับความลาดชันของพื้นที่ 100

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณดินขุด-ถม และราคางานของคูรับน้ำขอบเขา (Hillside Ditch) 103

5. ต้นแบบ การทำสวนผลไม้ในพื้นที่สูงชัน โดยใช้คูรับน้ำชายเขาร่วมกับแอ่งหรือหลุมรูปเสี้ยววงกลม สำหรับปลูกไม้ผลเป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

ตารางที่ 1 แสดงระยะห่างตามแนวราบและแนวดิ่งของคูรับน้ำชายเขาที่ขึ้นกับความลาดชันของพื้นที่ 112

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณดินขุด-ถม และราคางานของคูรับน้ำขอบเขา (Hillside Ditch) 114

บทที่ 1

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการชะล้างพังทลายของดิน ที่เป็นปัจจัยสาเหตุที่สำคัญที่สุดของการเสื่อมศักยภาพการผลิตพืชของดินและที่ดิน

โดย

พิพัฒน์ ไทยกล้า

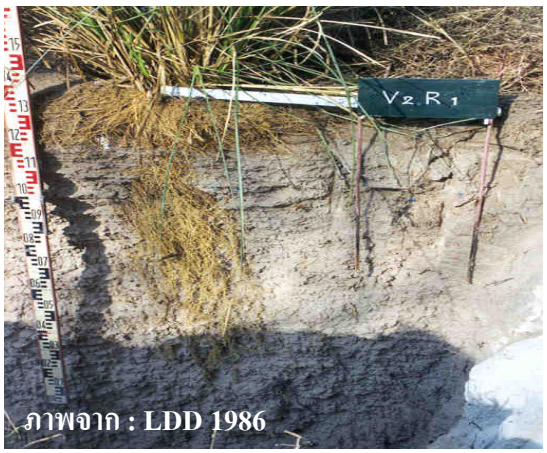
---

1. ความหมายของคำว่าการชะล้างพังทลายของดิน

เป็นคำที่ใช้ในกองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดินในปัจจุบัน ซึ่งตำราปฐพีวิทยา 2514 เรียกว่า การเซาะกร่อนของดิน (Soil erosion) หมายถึงขบวนการที่ดินถูกกัดเซาะ (Detachment) และถูกพัดพาออกไปจากพื้นที่ (Transportation) ประเทศไทยเกิดการเซาะกร่อนของดินโดยน้ำเป็นตัวการสำคัญ (Water erosion) การเซาะกร่อนของดิน (Soil erosion) มีทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติและที่มนุษย์และสัตว์เป็นตัวเร่ง

2. การเซาะกร่อนตามธรรมชาติ

ปฐพีวิทยา (2514) แบ่งเป็น 3 ประเภท ได้แก่



ภาพจาก : LDD 1986

ประเภทที่ 1 **การชะล้างภายใน** (Leaching) หมายถึงการที่แร่ธาตุต่างๆ ธาตุอาหารพืชและอินทรียวัตถุถูกทำให้ละลาย แล้วไหลลงสู่ส่วนล่างของดินไปกับน้ำที่ซึมลึกไปในดิน (Percolation water) การชะล้างภายในแบบนี้เกิดขึ้นเป็นประจำและมีบทบาทมากในธรรมชาติทำให้ดินเกิดเป็นกรดเนื่องจาก Ca^{++}, Mg^{++} ถูกชะล้างไปสู่ดินชั้นล่างดินชั้นบนจึงเหลือ$SO_4^{=}$ ซึ่งแสดงฤทธิ์เป็นกรด

ประเภทที่ 2 **การเซาะกร่อนที่ผิวหน้าดินโดยน้ำ** (Surface erosion by water)

เกิดจากสาเหตุหลัก คือ เป็นพื้นที่ผิวดินว่างเปล่า ขาดสิ่งปกคลุมดิน และพื้นดินมีความสูงต่ำ หรือมีความลาดเท รวมทั้งสภาพทางเคมีหรือทางกายภาพของดินไม่เหมาะสม อันเป็นสาเหตุให้อัตราการซาบซึมน้ำของดินต่ำ ดังนั้นเมื่อฝนตกลงมาจึงเกิดน้ำไหลบ่าบนผิวจากที่สูงกว่าลงสู่ที่ต่ำกว่าและน้ำที่ไหลบนผิวดินนี้เอง ที่จะเป็นตัวทำให้ดินถูกกัดกร่อนหรือกัดชะ (บางตำราอาจเรียกว่า การกัดเซาะ)

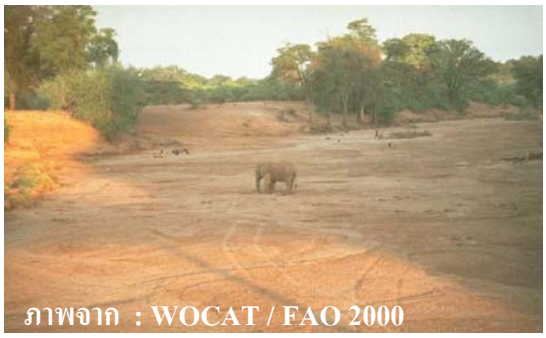
Source : LDD 1986

การที่ดินถูกกัดกร่อนหรือกัดชะ (หรือกัดเซาะ) นี้ แบ่งได้ 3 ลักษณะ ตามที่เห็นได้ด้วยตาเปล่า ดังนี้

ภาพจาก : LDD 1986

ลักษณะที่ 1 **การเซาะกร่อนบนผิวหน้าเรียบ (Sheet erosion)** เกิดจากแรงปะทะของเม็ดฝนทำให้ดินถูกกัดเซาะ และถูกพัดพาไปเป็นแผ่นบางๆ(Sheet) การเซาะกร่อนแบบนี้สังเกตได้ยาก จะเกิดในที่กว้างขวางและความลาดเทสม่ำเสมอ

ลักษณะที่ 2 **การเซาะกร่อนภายใน (lnternal erosion)** เกิดจากเม็ดฝนทำให้ดินแตกกระจายและละลายน้ำแล้วไหลลึกลงสู่ดินชั้นล่าง ทำให้ดินบนสูญเสียธาตุอาหารและเกิดเป็นดินกรด และดินล่างแน่นทึบ

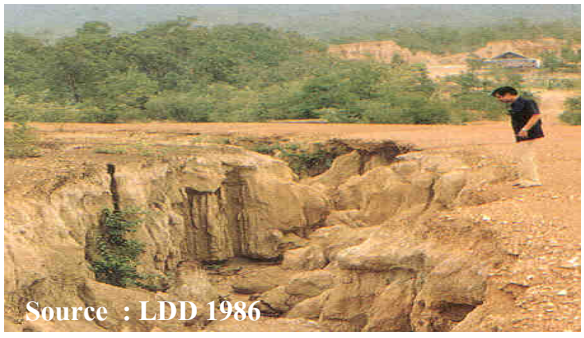

ภาพจาก : WOCAT / FAO 2000

ลักษณะที่ 3 **การเซาะกร่อนแบบเป็นร่อง (Chanel erosion)** เกิดจากน้ำผิวดินไหลมารวมตัวกันแล้วเกิดการกัดเซาะดินเป็นร่องน้ำ ซึ่งแบ่งการเซาะกร่อนแบบร่องเป็น 3 ชนิดคือ

ชนิดที่ 1 **การเซาะกร่อนแบบริ้ว (Rill erosion)** มักเกิดจากน้ำที่ไหลในร่องพืชที่ปลูกขึ้นลงตามความลาดเทหรือบริเวณพื้นที่ซึ่งมีความลาดเทเล็กน้อยไม่สม่ำเสมอกัน

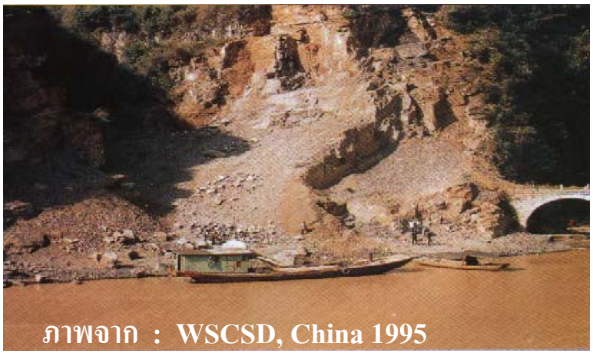
ความกว้างและความลึกของริ้วมีขอบเขตจำกัด คือกว้างไม่เกิน 45 ซม. ลึกไม่เกิน 30 ซม. วิธีแก้ไขด้วยการไถกลบโดยใช้เครื่องไถพรวน รถไถล้อยาง

ภาพจาก : WOCAT / FAO 2000


Source : LDD 1986

ชนิดที่ 2 **การเซาะกร่อนแบบร่อง (Gully erosion)** กว้างและลึกกว่าแบบริ้ว

ชนิดที่ 3 การเซาะกร่อนในทางน้ำ (Stream erosion) เกิดขึ้นในพื้นที่ริมฝั่งของแม่น้ำลำธาร ลำห้วย ลำธารต่างๆ


ภาพจาก : WSCSD, China 1995

ประเภทที่ 3 **แผ่นดินถล่มและดินเลื่อน (Land slides and Soil creep)** แบ่งเป็น 2 ประเภทย่อย ได้แก่

ภาพจาก : WOCAT / FAO 2000

ประเภทย่อยที่ 1 **แผ่นดินถล่ม (Land slides)** เกิดจากปัจจัยสาเหตุ 3 ประการได้แก่

ปัจจัยที่ 1 พื้นที่ต้องมีความลาดเทพอสมควร

ปัจจัยที่ 2 ดินชั้นล่างมีการซาบซึมน้ำช้ามาก สกัดกั้นการไหลของน้ำในแนวดิ่ง

ปัจจัยที่ 3 ดินชั้นบน (ที่ดินล่างมีลักษณะตามข้อ 2) เปียกและอิ่มตัวด้วยน้ำอย่างเต็มที่

ประเภทย่อยที่ 2 ดินเลื่อน (Soil creep) คือการเลื่อนของผิวดินบน ที่ซึ่งถูกน้ำชะจนเป็นโคลนลงสู่ที่ต่ำตามความลาดเท ด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก แต่เนื่องจากยังมีความหนืด (Friction) ระหว่างชั้นของดินที่มีความชื้นต่างกัน ดังนั้นดินนั้นจึงค่อยๆ เลื่อนลงมาโดยปกติแล้วแผ่นดินที่เลื่อนลงมาจะหนาไม่เกิน 3 ฟุต (90 ซม.)

ภาพจาก : WOCAT / FAO 2000

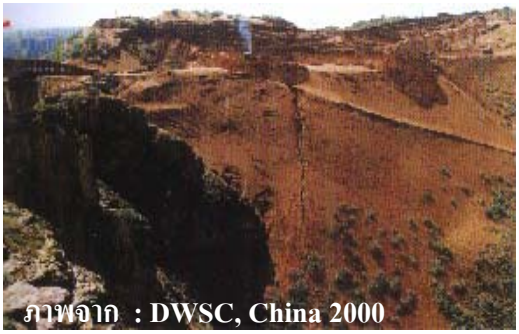
3. การเคลื่อนที่ของดินเป็นกลุ่มก้อน (Mass Movement of Soil) ที่มีคน สัตว์เป็นสาเหตุ

เหมือนที่เกิดตามธรรมชาติแต่มีคน สัตว์เข้ามาเกี่ยวข้องมี 3 ลักษณะ ได้แก่

ลักษณะที่ 1 แผ่นดินถล่ม (Land slides)

ลักษณะที่ 2 ดินเลื่อน (Soil creep)

ลักษณะที่ 3 การยุบตัวของดินตามไหล่เขา (Cattle terrace) ได้แก่ ปล่อยให้สัตว์เลี้ยงเข้าไปเหยียบย่ำดินขณะเปียก



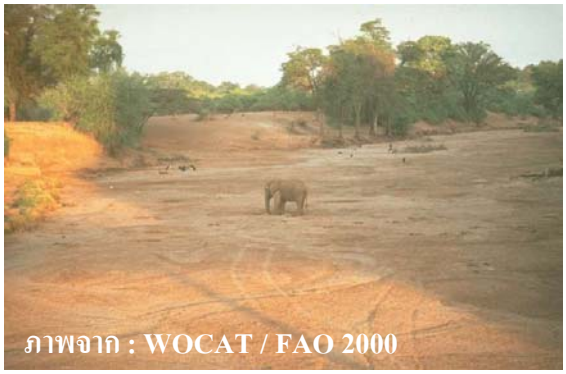
4. พื้นที่ที่ได้รับความเสียหาย หรือผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดิน

แบ่งตามสภาพพื้นที่ที่ได้รับความเสียหาย (ผลกระทบ) จากการชะล้างพังทลายของดิน ออกเป็น 2 พื้นที่ ได้แก่

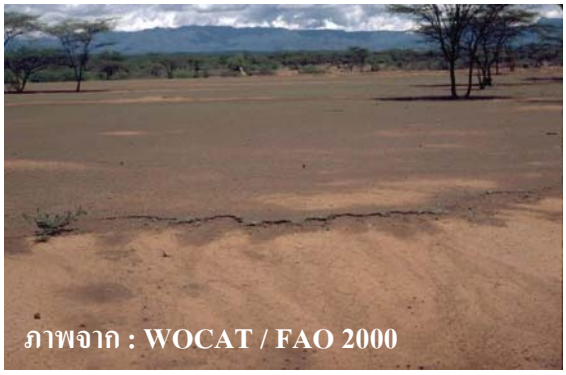
4.1 พื้นที่ที่เกิดการชะล้างพังทลายของดิน

แบ่งตามสภาพการใช้ประโยชน์ของที่ดิน ได้ดังนี้

4.1.1 **พื้นที่เพาะปลูกอย่างถาวร** แบ่งตามสภาพพื้นที่ได้ดังนี้



4.1.1.1 ถ้าเป็นที่**เกือบราบเรียบ** จะเกิด**การกัดเซาะภายใน**เม็ดฝนตกกระทบเม็ดดินเม็ดดินแตกกระจาย น้ำละลายอนุภาคดินแร่ธาตุต่างๆ ธาตุอาหารพืช และอินทรียวัตถุ น้ำไหลลงสู่ดินล่างตามรอยแตกหรือช่องว่างในดิน



ดินบน สูญเสียแร่ธาตุ ธาตุอาหาร โครงสร้างของดินแตกกระจาย สูญเสียอินทรียวัตถุ การสูญเสีย Ca^{++}. Mg^{++} เหลือ $SO_4^{=}$ ทำให้ดิน**เป็นกรด**

ดินล่าง สะสมอนุภาคดินเหนียว และทรายแป้งทำให้ดินแน่น สกัดกั้นการไหลของน้ำในแนวดิ่ง เกิดปัญหาดินบนชื้นแฉะหรือน้ำท่วมขัง รวมทั้งสกัดกั้นการหยั่งลึกของรากพืช

4.1.1.2 ถ้าเป็นพื้นที่มีความลาดเท จะทำให้ดินสูญเสียอินทรียวัตถุ แร่ธาตุต่างๆ ธาตุอาหารพืช คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีเสีย ผลผลิตพืชลดลงจนกระทั่งพืชพรรณตามธรรมชาติขึ้นไม่ได้และถ้าการกัดเซาะมีลักษณะเป็นร่องลึกทำให้สูญเสียพื้นที่เพาะปลูกและเป็นอุปสรรคต่อการขนส่งและการเดินทางเข้าออกของเครื่องจักรกล

Source : LDD 1986

4.1.2. **พื้นที่ต้นน้ำลำธาร** ถ้าป่าไม้ถูกทำลายจะทำให้พืชพรรณขึ้นไม่ได้ ถ้าเป็นพื้นที่ทำการเกษตรแบบเลื่อนลอย ส่งผลให้ดินเสื่อมโทรมจนกระทั่งปลูกพืชไม่ได้ และเมื่อดินไม่มีสิ่งปกคลุม ทำให้ขาดสิ่งที่จะดูดซับน้ำฝนหรือชะลอการไหลบ่าของน้ำที่ไหลลงสู่ที่ต่ำกว่า ทำให้ช่วงฝนตกชุกเกิดปัญหาน้ำจากพื้นที่ภูเขาไหลลงสู่ที่ต่ำกว่าอย่างเฉียบพลันและรุนแรง

4.1.3 **พื้นที่สาธารณประโยชน์ต่างๆ** ทำให้ถนน สะพานพัง แม่น้ำลำธารตื้นเขินเกิดน้ำท่วมและไม่มีน้ำไหลในฤดูแล้ง

Source : Diti (1998)

4.2 พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากการชะล้างพังทลายจากพื้นที่ที่สูงกว่า

Source : LDD 1986

ผลการชะล้างพังทลายของดิน ที่เกิดบนพื้นที่ตอนบน ทำให้หน้าดิน แร่ธาตุต่างๆ อินทรียวัตถุ และเศษไม้ใบหญ้าถูกพัดพาจากที่สูงสู่ที่ต่ำกว่า ถ้าเป็นทางน้ำหรือแหล่งน้ำ จะเกิดตะกอนดินทับถมในทางน้ำหรือแหล่งน้ำ ทำให้ทางน้ำตื้นเขินอุดตัน ทำให้ประสิทธิภาพการระบายน้ำและเก็บกักน้ำลดลง เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดน้ำท่วมและขาดแคลนน้ำ

ภาพจาก : WOCAT / FAO 2000

4.2.1 พื้นที่เก็บกักน้ำเหนือเขื่อน เหมือง ฝายที่มนุษย์สร้างขึ้น มีตะกอนดิน หิน กรวด เศษไม้ใบหญ้าต่างๆ ถูกน้ำพัดพาลงมาทับถม ทำให้ประสิทธิภาพการเก็บกักน้ำลดลง

ภาพจาก : DWSC, China 2000

4.2.2 แม่น้ำลำคลองตื้นเขิน ทำให้ฤดูฝนระบายน้ำไม่ทัน เกิดปัญหาน้ำท่วม ในทางตรงกันข้ามในฤดูแล้ง ขาดแคลนน้ำ

4.2.3 ความเสียหายที่เกิดขึ้นกับชีวิต ทรัพย์สินและที่อยู่อาศัยของคน สัตว์เลี้ยง

ภาพจาก : สนง.ชลประทานที่3 (2544)

การเกิดตะกอนดินและทะเลโคลน รวมทั้งเศษไม้ ใบหญ้า ทราย และเศษหิน กรวดต่างๆ ที่ถูกน้ำพัดพาลงมาทับทม จนทำให้คนตายจำนวนมาก ดังเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อ 11 สิงหาคม 2544 ณ ต.น้ำก้อ น้ำชุน อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์ มีผู้เสียชีวิตจำนวน 121 คน เป็นชาย 38 คน หญิง 83 คน ราษฎรได้รับความเดือดร้อน 88,889 คน จำนวน 1,749 ครัวเรือน

4.2.4 ความเสียหายที่เกิดกับพื้นที่เพาะปลูกตอนล่าง

ภาพจาก : สนง.ชลประทานที่3 (2544)

ทำให้พื้นที่ที่เคยใช้เป็นพื้นที่เพาะปลูกพืช ถูกหิน กรวด ดิน ทราย เศษไม้ ใบหญ้า กิ่งไม้ หรือ ท่อนไม้ลงมาทับถม จนบางครั้งไม่สามารถใช้เพาะปลูกพืชได้อีกเลย

5. ภัยพิบัติจากน้ำท่วมและกระบวนการเกิดภัยพิบัติน้ำท่วม

มาจากสาเหตุ 2 ประการได้แก่

สาเหตุที่ 1 มาจากน้ำล้นตลิ่ง จากแม่น้ำ, ลำคลอง หรือแหล่งน้ำต่างๆ

ภาพจาก : สนง.ชลประทานที่3 (2544)

สาเหตุที่ 2 มาจากน้ำป่า จากพื้นที่ภูเขาไหลบ่าลงมา

ภาพจาก : LDD

องค์ประกอบสำคัญ ที่ก่อให้เกิดความรุนแรงของน้ำป่าจากภูเขาที่ไหล ลงพื้นที่ที่อยู่อาศัยตอนล่าง

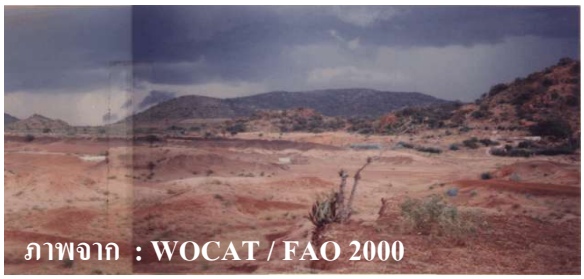
องค์ประกอบที่ 1 ปริมาณน้ำที่ไหลบ่าลงมาจากพื้นที่ภูเขาลงสู่หมู่บ้าน หรือพื้นที่เพาะปลูกตอนล่าง มีปริมาณมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับปัจจัยสาเหตุจำนวน 6 ปัจจัยได้แก่

ปัจจัยที่ 1 ความลาดชันและรูปร่างของพื้นที่ภูเขาที่เป็นพื้นที่รับน้ำตอนบน

ปัจจัยที่ 2 ชนิด และความหนาแน่นของพืชพรรณที่ขึ้นอยู่บนพื้นที่รับน้ำตอนบน

ปัจจัยที่ 3 การใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่รับน้ำตอนบน

ปัจจัยที่ 4 ระดับความชื้นของดินในพื้นที่รับน้ำตอนบนก่อนฝนตก



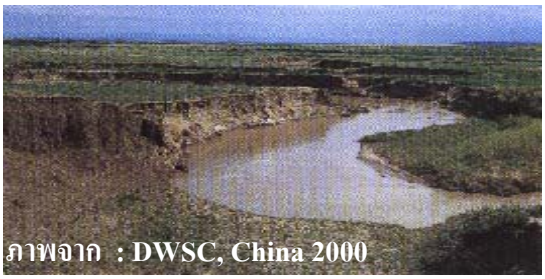
ปัจจัยที่ 5 ปริมาณและความรุนแรงของน้ำฝนที่ตกบนพื้นที่ลุ่มน้ำตอนบน

ภาพจาก : สนง.ชลประทานที่3 (2544)

ปัจจัยที่ 6 รูปร่างและลักษณะของร่องน้ำ

องค์ประกอบที่ 2 ประสิทธิภาพของทางระบายน้ำในพื้นที่ตอนล่างที่ใกล้เคียงหมู่บ้าน หรือพื้นที่เพาะปลูกต่ำเกินกว่าจะระบายน้ำป่าที่ไหลลงมาได้ทัน เกิดจากปัจจัยสาเหตุจำนวน 4 ปัจจัย ได้แก่

ปัจจัยที่ 1 ขนาดและรูปร่างของทางระบายน้ำที่คดเคี้ยว ที่ทำให้การระบายน้ำ ไม่สะดวก


ภาพจาก : DWSC, China 2000

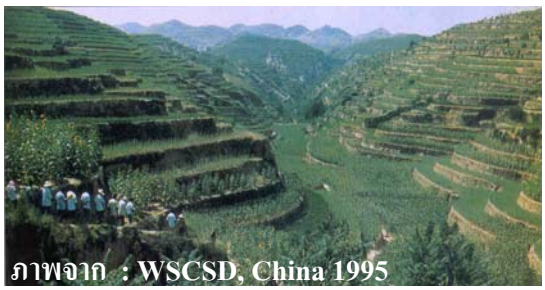
ปัจจัยที่ 2 ความลาดชันของพื้นทางระบายน้ำตามความยาวของความลาดชันต่ำ

ภาพจาก : DWSC, China 2000

ปัจจัยที่ 3 สิ่งปกคลุมในทางระบายน้ำมีมากเกินไป จนสกัดกั้นการไหลของน้ำ

ภาพจาก : WSCSD, China 1995

ปัจจัยที่ 4 ชนิดของดิน หรือวัสดุที่เป็นทางระบายน้ำทำให้การไหลของน้ำช้าลง


ภาพจาก : WSCSD, China 1995

กรณีตัวอย่าง ความรุนแรงและผลเสียหายของภัยพิบัติจากน้ำท่วมดินโคลนถล่มในประเทศไทย

สนง. ชลประทานที่ 3 สรุปว่า มีผู้เสียชีวิต 121 คน เป็นชาย 38 คน หญิง 83 คน ราษฎรได้รับความเดือนร้อน 38,889 คน จำนวน 1,749 ครัวเรือน

ตัวอย่างที่เห็นได้ชัด คือ

การเกิดภัยพิบัติที่ ต.น้ำก้อ ต.น้ำชุน ต.ฝายนาแซงและถนนมิตรภาพหมายเลข 2 สายพิษณุโลก–หล่มสัก ทำให้สะพานบางตอนขาด

ตามรายงานของหนังสือพิมพ์สยามรัฐ ฉบับวันที่ 11 สิงหาคม 2544 รายงานว่า เมื่อ **11 สิงหาคม 2544** (กลางดึก) ตอนเช้ามืด น้ำป่าและท่อนซุงขนาดต่างๆ จากเทือกเขาเพชรบูรณ์ไหลลงมาทำให้มีคนตายมากถึง 46 คน บ้านเรือนเสียหายแบบพังพินาศ ทั้งหลัง กว่า 50 หลังและเสียหายบางส่วนอีกกว่า 100 หลัง

และหนังสือพิมพ์สยามรัฐ ฉบับวันอังคารที่ 14 สิงหาคม 2544 รายงานว่า เช้ามืดวันที่ 13 สิงหาคม 2544 ซึ่งเป็นวันที่ 3 ของการเกิดเหตุ พบศพผู้เสียชีวิต 88 ศพ

เมื่อวันที่ 19 สิงหาคม 2544 จังหวัดเพชรบูรณ์ รายงานว่า ราษฎรเสียชีวิตจำนวน 121 คน ราษฎรได้รับความเดือดร้อน 8,889 บ้านเรือน ได้รับความเสียหาย 714 หลัง (เสียหายทั้งหลัง 215 หลัง เสียหายบางส่วน 499 หลัง) ถนนเสียหาย 36 สาย

แนวคิด การป้องกันและแก้ไขการชะล้างพังทลายของดิน

การป้องกัน แก้ไข การชะล้างพังทลายของดิน มีหลายแนวคิด หลายวิธีการหรือเทคนิค บางแนวคิดมุ่งเน้นเทคนิคการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบใช้พืชพรรณและวัสดุคลุมดินต่างๆ บางแนวคิดเน้นวิธีการก่อสร้างทางด้านวิศวกรรมเป็นหลัก จนบางครั้งเกิดความขัดแย้งหรือโต้เถียงกันทางด้านวิชาการ ว่าแนวคิดของใครถูกของใครผิด ซึ่งความเป็นจริงก็ถูกด้วยกันทั้งสองฝ่าย แต่ความเหมาะสมของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำขึ้นกับสภาพแวดล้อมทางดิน สภาพพื้นที่ ความต้องการการใช้ประโยชน์ที่ดิน สภาพเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกร รวมทั้งความพึงพอใจของเกษตรกรอีกด้วย ตัวอย่างเช่น การทำขั้นบันไดดินในพื้นที่สูงชัน ถือว่ามีประสิทธิภาพ เป็นการป้องกันแก้ไข การชะล้างพังทลายของดินที่ดีที่สุด แต่เกษตรกรไม่มีเงินลงทุน ไม่มีแรงงาน ถ้าต้องการปลูกพืชไร่หรือพืชผัก ก็สามารถจัดทำเป็นขั้นบันไดดินแบบไม่ต่อเนื่อง คือสร้างขั้นเว้นไว้ 3 ขั้น และใช้พื้นที่ขั้นบันไดในการเพาะปลูกพืชได้ แต่ เมื่อมีงบประมาณ มีกำลังคน และเวลามากพอ ก็สร้างขั้นบันไดใหม่ขึ้นมาแทรกในพื้นที่เว้นระยะไว้แต่แรก หรือนักอนุรักษ์ดินและน้ำบางท่าน อาจใช้การคลุมดินด้วยวัสดุคลุมดินให้หนาแน่น เพียงอย่างเดียว เพราะพื้นที่นั้นมีวัสดุที่สามารถใช้ในการคลุมดินได้ อาทิเช่น ฟางข้าวเป็นจำนวนมาก

การจะเลือกวิธีการใด มีแนวคิดหลักคือ การป้องกันการเกิดการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งหรือหลายกระบวนการของการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งมีทั้งสิ้น 4 กระบวนการ ตามข้างล่าง

กระบวนการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน แบ่งเป็น 4 กระบวนการ คือ

กระบวนการที่ 1 การตกกระทบของเม็ดฝน ก่อให้เกิดการแตกกระจายของเม็ดดิน การแตกกระจายของเม็ดดินจะมากน้อยเพียงใดขึ้นกับความคงทนของเม็ดดิน สิ่งปกคลุมดิน ความรุนแรงของฝน

กระบวนการที่ 2 ดินถูกน้ำละลายเป็นสารละลายที่เห็นด้วยตาเปล่า คือ น้ำขุ่นหรือ ดินโคลน เป็นต้น

กระบวนการที่ 3 น้ำที่เป็นสารละลายของดินซึมลงสู่ใต้ดิน ถ้าอัตราการซาบซึมน้ำต่ำกว่าความรุนแรงของน้ำฝนก็จะเกิดน้ำขังตามแอ่งบนผิวดิน

กระบวนการที่ 4 การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน จากพื้นที่ที่สูงกว่าลงสู่พื้นที่ที่ต่ำกว่า จะมากน้อยเพียงใดขึ้นกับความแตกต่างระหว่างความรุนแรงของฝนกับอัตราการซาบซึมน้ำของดิน ความรุนแรงของน้ำไหลบ่ามากน้อยเพียงใดขึ้นกับสภาพภูมิประเทศ พืชพรรณ สิ่งปกคลุมดิน และปริมาณน้ำที่เหลือบนผิวดิน

จากองค์ความรู้กระบวนการชะล้างพังทลายของดินดังกล่าว สามารถกำหนดแนวทางการป้องกัน แก้ไข ไว้พอสังเขปดังนี้

1. การป้องกันการตกกระทบของเม็ดฝนที่มีต่อเม็ดดินโดยตรง โดยการปลูกพืชคลุมดินหรือใช้วัสดุคลุมดินต่างๆ (ทำแบบนี้เป็นเป็นการป้องกันในกระบวนการที่ 1)

2. การป้องกันไม่ให้ดินถูกละลายด้วยน้ำได้ง่าย อาทิเช่น การใส่อินทรียวัตถุให้ดินจับตัวเป็นก้อน (ทำแบบนี้เป็นการป้องกันในกระบวนการที่ 2)

3. การลดอัตราการไหลบ่าของน้ำบนผิวดินตามความลาดเท โดยการเพิ่มการซาบซึมน้ำของดิน การทำแบบนี้เป็นการป้องกันในกระบวนการที่3)

4. การลดความรุนแรง (ความเร็ว) ของน้ำไหลบ่า โดยการลดอัตราการไหลบ่า ทำสิ่งกีดขวางทางไหลของน้ำ โดยการใช้วิธีพืชหรือการก่อสร้างทางด้านวิศวกรรมต่างๆ เป็นต้น (เป็นการป้องกันในกระบวนการที่ 4)

การป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน บางแห่งป้องกันเพียงแค่ไม่ให้เม็ดฝนตกกระทบเม็ดดินเพียงอย่างเดียว (ป้องกันเฉพาะกระบวนการที่ 1 ก็เพียงพอ) บางแห่งต้องทำทุกกระบวนการ จึงจะมีประสิทธิภาพ แต่มีข้อคิดสำหรับนักอนุรักษ์ดินและน้ำทุกท่าน ว่าวิธีการที่มีประสิทธิภาพสูงสุดอาจไม่เหมาะสมกับพื้นที่บางพื้นที่ เนื่องจากสภาพเศรษฐกิจ สังคม และความพึงพอใจของเกษตรกรในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน ดังนั้นจะใช้วิธีการใด (มาตรการใด) เกษตรกรควรคัดเลือกใช้วิธีการต่างๆ ไว้หลายๆ วิธีการ แล้วนำแต่ละวิธีการที่คัดเลือกไว้ตอนแรกมาวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจ สังคม และความต้องการใช้ประโยชน์ที่ดิน รวมทั้งความพึงพอใจของเกษตรกร ซึ่งแต่ละวิธีการมีรายละเอียดที่จะกล่าวในบทต่อไป

บทที่ 2

การวางแผนการใช้ที่ดินทางการเกษตรอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด โดยไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

สภาพปัญหาของการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดินในอดีตจนถึงปัจจุบัน มีปัญหาหลายด้าน หลายประการ ปัญหาหนึ่งที่เป็นปัญหาสำคัญมากจนกล่าวได้ว่าสำคัญที่สุด ได้แก่ การนำที่ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงไปใช้ในกิจกรรมอื่นๆ นอกภาคเกษตร อาทิ จัดทำเป็นแหล่งท่องเที่ยว แหล่งพักผ่อนหย่อนใจ นิคมอุตสาหกรรม สนามบิน หมู่บ้านจัดสรร หรือแม้แต่สนามกีฬาขนาดใหญ่ เช่น สนามกอล์ฟ เป็นต้น ในทางตรงข้ามก็มีการนำที่ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ หรือ พื้นที่ที่ไม่เหมาะสมทางการเกษตร มาทำการเพาะปลูก อาทิเช่น การเพาะปลูกพืชในพื้นที่ดินเปรี้ยว ดินเค็ม ดินตื้น ดินลูกรัง ดินทรายจัด หรือ ดินบนพื้นที่สูงชัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่สูงชันที่เป็นต้นน้ำลำธาร เป็นต้น

จากการใช้ประโยชน์ที่ดินดังกล่าว นอกจากจะทำให้ผลผลิตต่ำทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพแล้ว ยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อมอีกด้วย บางครั้งรุนแรงถึงขั้นก่อให้เกิดความเสียหายแก่ชีวิตคน สัตว์และทรัพย์สินอีกด้วย

การวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด ที่ก่อให้เกิดผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงสุด โดยไม่เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมนั้น ต้องคำนึงถึงสมรรถนะของ ที่ดินเป็นหลักสำคัญเป็นอันดับแรกว่าที่ดินของตนเองมีขีดจำกัดการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรทางใดบ้าง เหมาะสมหรือสามารถใช้ทำการเกษตรด้านใดได้บ้าง เมื่อได้ประเภทของการใช้ที่ดินที่เหมาะสมกับสมรรถนะที่ดินแล้ว จึงกำหนดชนิดพืชที่จะปลูกว่าควรปลูกพืชชนิดใดได้บ้าง จากชนิดพืชทำการเลือกมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมต่อสภาพพื้นที่ ดิน และชนิดพืช รวมทั้งเครื่องจักรกลที่มีอยู่ จากนั้นจึงนำทางเลือกการใช้ประโยชน์ที่ดิน ว่าจะทำอะไร ปลูกอะไร แค่ไหนอย่างไร และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมต่อดิน ที่ดิน ชนิดพืช ตามที่กล่าวมาแล้วข้างต้น มาศึกษา วิเคราะห์ เปรียบเทียบด้านเศรษฐกิจและสังคมและความพึงพอใจของเกษตรกรเอง การจะดำเนินการตามที่กล่าวมาแล้วได้ ต้องมีการวางแผนและการดำเนินงานอย่างรอบคอบ เป็นขั้นตอน ตามที่จะกล่าวต่อไปนี้

วัตถุประสงค์ของการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตร

เพื่อแบ่งสัดส่วนของพื้นที่ และจัดประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นส่วนๆ ตามความเหมาะสมกับสมรรถนะที่ดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร รวมทั้งการเลือกมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ให้เหมาะสมสอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน และเครื่องจักรกล รวมทั้งความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจและสังคมและความพึงพอใจของเกษตรกรในแต่ละท้องถิ่น

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ

ขั้นตอนที่ 1 วงขอบเขตพื้นที่ถือครองลงในพื้นที่ทหาร 1 : 50,000 หรือ แผนที่มาตราส่วนใหญ่กว่า อาทิเช่น 1 : 4,000 หรือ 1 : 2,000 เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 2 การจัดทำแผนที่ภูมิประเทศ (Topographic map) จำเป็นต้องใช้แผนที่นี้ในการกำหนดมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ดังนั้นจึงควรใช้แผนที่มาตราส่วน 1 : 2,000 จึงจะทำให้ง่ายต่อการดำเนินงานในขั้นตอนต่อไป จากแผนที่ดังกล่าว นำไปแบ่งพื้นที่ตามชั้นความสูง (Slopes class) ตามที่กำหนดไว้ในแต่ละวิธีการที่จะกล่าวต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 การจัดทำแผนที่ขอบเขตความลึกของดิน ตามข้อกำหนดและเงื่อนไขของแต่ละวิธีการที่จะกล่าวต่อไป

ขั้นตอนที่ 4 เขียนแนวเส้น สันเนิน และร่องน้ำลงในแผนที่ภูมิประเทศดังกล่าว

ขั้นตอนที่ 5 การแบ่งขอบเขตของการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรตามสมรรถนะที่ดิน ซึ่งมีหลายวิธีการ ดังต่อไปนี้

วิธีการที่ 1 การกำหนดขอบเขตของการใช้ประโยชน์ที่ดิน **โดยใช้ตารางที่ 1 หน้าถัดไป** แบ่งเป็น 7 เขตตามปัจจัยหลัก 2 ปัจจัย ได้แก่ ความลาดชันของพื้นที่ กับ ความลึกของดิน โดยใช้ตารางที่ 1 ก่อนการใช้ตารางที่ 1 จำเป็นต้องจัดเตรียมแผนที่ดังต่อไปนี้

แผนที่ที่ 1 แผนที่ชั้นความลาดชัน (Slope class) ดำเนินการโดยการจัดแบ่งขอบเขตของพื้นที่ในแผนที่ภูมิประเทศที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 โดยแบ่งออกเป็น 6 ชั้น ได้แก่ ชั้นความลาดชันต่ำกว่า 12 %, 12-27 %, 27-36 %, 36-47 %, 47-58 % และมากกว่า 58 %

แผนที่ที่ 2 แผนที่ขอบเขตตามความลึกของดิน แบ่งเป็น 4 ชั้น ได้แก่ ชั้นดินตื้นมาก ตื้นกว่า 20 ซม., ดินตื้นอยู่ระหว่าง 20-50 ซม., ดินลึกปานกลางอยู่ระหว่าง 50-90 ซม. และดินลึกมากกว่า 90 ซม.

แผนที่ที่ 3 จัดทำแผนที่ซ้อนทับระหว่าง แผนที่ภูมิประเทศกับแผนที่ความลึกของดิน จะได้ขอบเขตพื้นที่จำนวนตั้งแต่ 1 เขตสูงสุดไม่เกิน 24 เขต ดูตารางที่ 1 หน้าถัดไปประกอบ โดยแต่ละ Block ในตารางที่ 1 คือ 1 ขอบเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสมตามสมรรถนะที่ดิน

สัญลักษณ์ของการทำแผนที่ : สามารถเขียนได้ดังนี้

$$\frac{\text{ชั้นความเหมาะสมของพื้นที่ที่จะทำการเกษตร}}{\text{เนื้อดิน – ชั้นความลาดชัน – ชั้นความลึกของดิน}}$$

ตัวอย่าง $\dfrac{C_2}{32 - 2 - D}$

หมายความว่า $\dfrac{\text{ที่ดินที่เหมาะทำการเกษตรชั้น 2}}{\text{ดินร่วนเหนียว – 12\% - 26\% - 100 ซม.}}$

หรือสามารถเขียนสัญลักษณ์แผนที่ได้อย่างง่าย ๆ คือ C_2

(a) <u>การแบ่งชั้นความลาดชัน</u>

ความลาดชันสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 ชั้น แต่ละชั้นสามารถดำเนินการด้านอนุรักษ์ฯ และเครื่องมือที่ใช้แต่ละชั้นก็แตกต่างกัน

ชั้น 1 พื้นที่ราบเรียบถึงลาดชันเล็กน้อยต่ำกว่า 12% คันดินฐานกว้าง หรือการอนุรักษ์วิธีง่ายๆ สามารถใช้ได้ถึง 12% เครื่องจักรกลทุกชนิดสามารถใช้ได้

ชั้น 2 พื้นที่มีความลาดชันปานกลางอยู่ระหว่าง 12-26% เครื่องจักรกลขนาดกลาง เช่น บูลโดเซอร์ D_5 หรือ D_6 สามารถใช้ทำขั้นบันไดดินได้ เครื่องจักรกลที่มีสี่ล้อสามารถใช้ได้ในชั้นนี้

ชั้น 3 พื้นที่ที่มีความลาดชันค่อนข้างสูงอยู่ระหว่าง 26-36% เครื่องจักรกลขนาดเล็ก เช่น D_4 สามารถใช้ปฏิบัติการอนุรักษ์ได้ รถแทร็กเตอร์ขนาดเล็กหรือรถไถเดินตามสามารถใช้ทำการเขตกรรมได้

ชั้น 4 พื้นที่ที่มีความลาดชันสูงมากอยู่ระหว่าง 36-46% ใช้แรงงานคนที่ใช้มือปฏิบัติการอนุรักษ์แรงงานที่ใช้มือและรถไถเดินตาม ใช้ทำการเขตกรรม

ชั้น 5 พื้นที่ที่มีความลาดชันสูงยิ่งอยู่ระหว่าง 46-57% เหมาะที่จะทำการปลูกต้นไม้อย่างถาวร เช่น ไม้อาหาร ไม้ผล หรือป่า ใช้แรงงานที่ใช้มือปฏิบัติการอนุรักษ์

ชั้น 6 พื้นที่ที่มีความสูงชันอย่างยิ่งมากกว่า 57% จำเป็นต้องมีป่าปกคลุม

(b) <u>ความลึกของดิน</u>

ความลึกของดินสามารถจัดแบ่งได้เป็น 4 ชั้น ความลึกในที่นี้หมายถึง ความลึกของดินที่ระดับเครื่องจักรกลหรือแรงงานมือสามารถตัดดินได้ เพื่อการปฏิบัติการอนุรักษ์และที่ระดับ ซึ่งรากพืชสามารถหยั่งไปได้

< 20 ซม. ตื้นมาก ในที่ที่เกือบราบเรียบเท่านั้น ที่สามารถทำการเขตกรรมได้

20 – 50 ซม. ตื้น บริเวณมีความลาดชัน 36% เท่านั้น ที่สามารถทำการเขตกรรมโดยจัดทำระบบอนุรักษ์ฯ ได้

50 – 90 ซม. ลึกปานกลาง ยกตัวอย่าง ความลาดชัน 46% ต้องใช้ดินลึก 90 ซม. ในการทำขั้นบันไดดิน คันดินกว้าง 2.4 ม.

> 90 ซม. ไม่จำเป็นต้องแบ่งชั้นความลึกของดินมากไปกว่านี้ เพราะขั้นบันไดดินความสูงของแต่ละขั้น สูงสุดไม่ควรเกิน 1.8 ม. ดังนั้นจึงตัดดินลงไป 90 ซม. และ เติมดิน 90 ซม.

(c) <u>ปัจจัยที่เป็นตัวจำกัดอื่นๆ</u>

ที่ดินที่มีความเปียกมากเกินไป การระบายน้ำเลว มีน้ำท่วมขังเป็นครั้งคราวหรือมีหินโผล่มาก ซึ่งไม่สามารถดำเนินการไถพรวน หรือปฏิบัติการใด ๆ ได้เลยควรจะจัดอยู่ในชั้นที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินน้อย ที่ซึ่งมีความลาดชันน้อยกว่า 46% สามารถใช้ทำทุ่งหญ้าได้ ที่ดินที่มีความลาดเทสูงกว่า 46% ควรจะปล่อยให้เป็นป่าปกคลุมจะดีที่สุด ที่ดินที่ถูกชะล้างพังทลายจนเกิดเป็นร่องลึกแยกออกเป็นสองส่วนขนาดใหญ่ จนไม่สามารถดำเนินการไถพรวนได้ควรปล่อยให้พืชปกคลุมอย่างถาวร

(d) <u>ชั้นสมรรถนะที่ดิน</u>

แบ่งแยกเป็นชั้นๆ ตามศักยภาพของที่ดินที่สามารถรองรับการไถพรวนหรือการขุดดินเพื่อการเพาะปลูกได้อย่างรุนแรงและมากน้อยครั้งเพียงใด ที่จะไม่เป็นสาเหตุทำให้ดินเสื่อมโทรม แบ่งออกเป็น 4 ชั้นใหญ่ๆ คือที่ดินที่ทำการไถพรวนได้ (C) ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ (P) สวนผลไม้ (FT) และป่าไม้ (F)

ที่ดินที่ทำการไถพรวนได้ (ชั้น C) แบ่งออกเป็น 4 ชั้นย่อยๆ (C_1, C_2, C_3 และ C_4) แต่ละชั้นจำเป็นต้องมีการปฏิบัติการด้านอนุรักษ์ดินและน้ำแตกต่างกัน รวมทั้งเครื่องไม้เครื่องมือในการปฏิบัติงาน ควรเป็นไปตามชั้นสมรรถนะที่ดิน การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่เป็นไปตามชั้นสมรรถนะที่ดิน ควรหลีกเลี่ยง เพราะนอกจากจะทำให้ผลผลิตต่ำแล้ว ยังก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งทางตรงและทางอ้อมอีกด้วย

(e) <u>การปฏิบัติการอนุรักษ์ดิน</u>

นอกเหนือจากวิธีการอนุรักษ์ที่เป็นที่รู้จักกันดีบนพื้นที่ที่มีความลาดชันเล็กน้อย (น้อยกว่า 12%) เช่น คันดินฐานกว้างและการปลูกพืชสลับเป็นแถบๆ ฯลฯ แล้วยังมีอีก 6 วิธีการใหญ่ๆ ที่ใช้ปฏิบัติการในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ตามพื้นฐานของการแบ่งแยกชั้น 6 วิธีการเหล่านี้ ซึ่งใช้ปฏิบัติการบนที่สูงของไต้หวันและทางตะวันออกของจาไมก้า คูรับน้ำรอบเขา และการปรับพื้นที่เฉพาะหลุมสามารถใช้ในที่ซึ่งมีความลาดชันถึง 46% ถ้าดินมีความลึกเพียงพอ การทำคันดินปลูกไม้ผลสามารถใช้ในพื้นที่ซึ่งมีความลาดชันตั้งแต่ 46% - 57% คันดินที่สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นขั้นบันไดดินได้ในภายหลัง ซึ่งมีทั้งหมด 6 ด้านล้อมพื้นที่ไว้ สามารถทำได้บนพื้นที่มีความลาดชันถึง 36% ทั้งหมดนี้ส่วนใหญ่เป็นขั้นบันไดดินที่มีความลาดเอียงเข้าด้านใน ซึ่งมีความกว้างแตกต่างกันไป

ผลสำเร็จของการใช้ตารางที่ 1 (ข้างล่าง) ตามวิธีการนี้คือ

1. ได้ทางเลือกการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรที่เหมาะสมสอดคล้องกับสมรรถนะที่ดิน
2. สามารถเลือกการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ที่ดินดังกล่าวได้หลายทางเป็นเบื้องต้นไว้ก่อนได้ จากนั้นจึงนำทางเลือกเหล่านี้มาศึกษาวิเคราะห์ เปรียบเทียบความเหมาะสมทางด้านเศรษฐกิจ สังคมและการยอมรับของเกษตรกรต่อไป

ตารางที่ 1 แสดงความเหมาะสมของการใช้ที่ดินทางการเกษตรที่เหมาะสม สอดคล้องกับสมรรถนะที่ดิน (ภูมิประเทศและความลึกของดิน)

ความลาดชัน Slope class / **ความลึกของดิน**	**ลาดชันน้อย น้อยกว่า 12%**	**ลาดชันปานกลาง 12%-27%**	**ลาดชันค่อนข้างสูง 27%-36%**	**ลาดชันสูงระหว่าง 36%-47%**	**ลาดชันสูงมากอยู่ระหว่าง 47%-58%**	**ลาดชันมาก มากกว่า 58%**
ดินลึก (A) มากกว่า 90 ซม.	C_1	C_2	C_3	C_4	FT	F
ดินลึกปานกลาง (MD) 50-90 ซม.	C_1	C_2	C_3	C_4 / P	FT / F	F
ดินตื้น (S) 20-50 ซม.	C_1	C_2 / P	C_3 / P	P	F	F
ดินตื้นมาก (VS) น้อยกว่า 20 ซม.	C_1 / P	P	P	P	F	F

ที่มา : **Sheng and Stennett (1975) อ้างโดย S.A. El-Swaify, E.W. Dangler, and C.L. Armstrong, Soil erosion by water in the tropics (1983).**

1. สัญลักษณ์ C, P, F และ T ของตารางบ่งบอกถึงความเหมาะสมของการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรมากน้อยเพียงใด ตลอดจนความจำเป็นที่จะต้องจัดทำระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม

C_1 หมายถึง พื้นที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกอันดับ 1 ความลาดชันของพื้นที่ไม่เกิน 12% เป็นตั้งแต่ดินลึกมากจนถึงดินตื้น ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำที่ดำเนินการไม่ยุ่งยากนัก อาทิเช่น การปลูกพืชตามแนวระดับ การปลูกพืชเป็นแถบ การปลูกสลับเป็นแถบ ถ้าในพื้นที่ใหญ่ ๆ ควรทำคันดินควบคู่ไปด้วย

C_2 หมายถึง พื้นที่ทำการเกษตรเป็นดันดับ 2 ความลาดชันของพื้นที่ 12-27% เป็นดินลึกมากถึงปานกลาง ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมได้แก่ ขั้นบันไดดิน ขั้นบันไดดินหกเหลี่ยม คูรับน้ำชายเขา คูรับน้ำชายเขาสำหรับสวนไม้ผล และอื่นๆ และต้องทำทางสำหรับเครื่องจักรกลที่จะเข้าแปลงเพาะปลูกไว้ด้วย การดำเนินการจัดสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำใช้เครื่องจักรกลขนาดกลาง เช่น รถ Bulldozer D5 และ D6

C_3 หมายถึง พื้นที่เหมาะสมทำการเกษตรอันดับ 3 ความลาดชันของพื้นที่ 27-36% เป็นดินลึกจนถึงตื้น ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม ได้แก่ ขั้นบันไดไม่ต่อเนื่องในดินตื้น คูรับน้ำชายเขาและการปรับพื้นที่เฉพาะหลุม เครื่องจักรที่ใช้ดำเนินการทำขั้นบันไดเป็นเครื่องจักรขนาดเล็ก ที่มีใบมีดดันหน้ากว้าง 8 ฟุต

C_4 หมายถึง พื้นที่เหมาะสมทำการเกษตรอันดับ 4 ความลาดชันของพื้นที่ 36-47% ใช้ประโยชน์ได้เฉพาะพื้นที่ที่เป็นดินลึกมากจนถึงปานกลาง การดำเนินการทุกชนิดทำด้วยแรงงานคน การดำเนินการของไร่นาและสวน เครื่องจักรกลขนาดใหญ่และกลางไม่สามารถเข้าพื้นที่ดำเนินการได้

P หมายถึง พื้นที่ที่ไม่สามารถทำการเพาะปลูกได้ นอกจากทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ แต่มีข้อจำกัดคือในฤดูฝนต้องไม่ให้สัตว์เข้าไปเหยียบย่ำ ในฤดูแล้งการจะให้สัตว์เข้าไปแทะเล็มต้องหมุนเวียนเป็นแปลง ๆ สลับหมุนเวียนกันไป เป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันปานกลางถึงสูงและเป็นดินตื้น

FT หมายถึง พื้นที่ที่เหมาะสมกับการทำสวนผลไม้ พื้นที่มีความลาดชันระหว่าง 47-60% ความลึกของดินต้องเป็นดินลึกมากถึงลึกปานกลาง ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม ได้แก่ ขั้นบันไดดินสำหรับไม้ผล ที่ประกอบด้วยการปรับพื้นที่เฉพาะหลุมตามแนวระดับและคูรับน้ำชายเขา คูเบนน้ำ และการใช้วัสดุคลุมดิน และระหว่างแถวของไม้ผลควรปล่อยให้หญ้าปกคลุมดินได้

F หมายถึง พื้นที่ที่เหมาะสมที่จะปล่อยเป็นพื้นที่ป่าไม้ ความลาดชันของพื้นที่มากกว่า 47% และมากกว่า 60% ดินตื้นเกินกว่าที่จะทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำใดๆ ได้

2. พื้นที่ใดๆ ซึ่งเปียกเกินไปมีน้ำท่วมเป็นครั้งคราวหรือมีหินโผล่มากเกินไปไม่สามารถไถพรวนหรือปฏิบัติการอย่างใดได้ สามารถแยกชั้นได้ดังนี้
   (a) ความลาดชันต่ำกว่า 46% ใช้ทำเป็นทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์
   (b) ถ้าความลาดชันสูงกว่า 46% ใช้ทำเป็นป่า
3. พื้นดินที่แยกออกจากกันด้วยร่องลึก ซึ่งไม่สามารถทำการไถพรวนตามปกติได้ ควรจัดชั้นเป็นพื้นที่ป่าไม้ หรือทุ่งหญ้า

วิธีการที่ 2 การแบ่งขอบเขตของความเหมาะสมการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรตามสมรรถนะที่ดิน แบ่งออกเป็น 8 ประเภท โดยใช้ตารางที่2 หน้าถัดไป

ขึ้นกับปัจจัยหลักจำนวน 2 ปัจจัย ได้แก่ ความลึกของดินและความลาดชันของพื้นที่ เหมือนตารางที่ 1 แต่แตกต่างจากตารางที่ 1 ดังต่อไปนี้

1. ปัจจัยความลาดชันแบ่งเป็น 6 ชั้น ได้แก่ ต่ำกว่า 12%, 12-27%, 27-36%, 36-47%, 47-58% และมากกว่า 58% ในขณะที่ตารางที่ 1 แบ่งเป็น 4 ชั้นตามที่กล่าวมาแล้ว
2. ปัจจัยความลึกของดิน แบ่งเป็น 5 ชั้นหลัก ได้แก่
   ชั้นที่ 1 ลึกกว่าและตื้นกว่า 15 ซม. ชั้นที่ 2 ลึกกว่าและตื้นกว่า 30 ซม.
   ชั้นที่ 3 ลึกกว่าและตื้นกว่า 45 ซม. ชั้นที่ 4 ลึกกว่าและตื้นกว่า 55 ซม.
   ชั้นที่ 5 ลึกกว่าและตื้นกว่า 60 ซม. ในขณะที่ตารางที่ 1 แบ่งเป็น 4 ชั้น
3. ชั้นสมรรถนะที่ดิน (Land Capability) แบ่งเป็น 8 ชั้นหรือประเภท ได้แก่
   ชั้น C_1, C_2, C_3, C_4, P, FT, F และ AF ดูตารางที่ 2 ประกอบ
4. นำความเหมาะสมสำหรับเครื่องจักรกลมาไว้ในตารางนี้ (ในวิธีการที่ 1 เป็นคำบรรยายท้ายตาราง)
5. นำทางเลือกมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำจากท้ายตารางที่ 1 มาไว้ในตารางที่ 2 นี้
6. นำความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดินจากตารางที่ 1 มาไว้ในตารางที่ 2 นี้ แต่ต่างกันตรงการวางรูปแบบของตาราง

ผลสำเร็จของการใช้ตารางนี้ สรุปพอสังเขปดังต่อไปนี้

1. สามารถเลือกประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินตามความเหมาะสมตามสมรรถนะที่ดินว่าควรจะปลูกพืชใดได้บ้าง
2. สามารถทราบทางเลือกของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่น่าจะเหมาะสม สอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินได้
3. สามารถกำหนดความเหมาะสมของการใช้เครื่องมือ หรือ เครื่องจักรที่ใช้ดำเนินการในแต่ละทางเลือกได้

ปัจจัยและวิธีการ แบ่งเป็น

1. การจัดทำแผนที่ขอบเขตสมรรถนะที่ดินเพื่อเป็นเครื่องตัดสินใจในการเลือกใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งขึ้นกับปัจจัย 3 ปัจจัย ได้แก่

ปัจจัยที่หนึ่ง ความเหมาะสมขึ้นกับสมรรถนะที่ดิน ที่ใช้ความลาดชันของพื้นที่เป็นเครื่องมือแบ่งชั้นความเหมาะสมกันของการใช้ประโยชน์ที่ดิน แบ่งเป็น 8 ชั้น (ประเภท) (ตารางที่ 2) ได้แก่

1. ชั้น C_1 หมายถึง ที่ดินที่เหมาะสมอย่างยิ่งต่อการทำการเพาะปลูกพืชที่ต้องการ การไถพรวนเตรียมดินบ่อยๆ กล่าวคือต้องเตรียมดินทุกครั้งที่ปลูก ได้แก่ พืชล้มลุกที่อายุสั้น อาทิเช่น ข้าวโพด ถั่วต่างๆ ข้าว ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบหรือเกือบราบเรียบ สามารถใช้เครื่องจักรกลขนาดใหญ่หรือดำเนินการด้านมาตรการอนุรักษ์ได้

2. ชั้น C_2 หมายถึง ที่ดินที่เหมาะสมต่อการทำการเพาะปลูกที่ต้องมีการไถเตรียมดินและไถพรวนน้อยครั้งกว่าชั้น **C_1** อาทิเช่น ไม้ผลต่างๆ เนื่องจากปัญหาเรื่องความลาดชันของพื้นที่ เครื่องจักรที่เหมาะสมสำหรับทำมาตรการอนุรักษ์เป็นเครื่องมือขนาดกลางหรือแรงคน

3. ชั้น C_3 คล้าย **C_2** แต่ความลาดชันมากกว่า อยู่ระหว่าง 27-36% สามารถใช้ปลูกพืชได้ทุกชนิด เครื่องจักรที่เหมาะสมได้แก่ เครื่องขนาดเล็กหรือแรงคน

4. ชั้น C_4 คล้าย **C_3** แต่มีความลาดชั้นมากกว่า 35% (36-47%) สามารถปลูกพืชอายุ 2-3ปี เครื่องจักรที่เหมาะสมเป็นเครื่องจักรขนาดเล็ก อาทิ ไถเดินตามหรือแรงคน

5. ชั้น P หมายถึง พื้นที่ที่มีความลาดชันค่อนข้างสูง (มากกว่า35%) ไม่เหมาะสมกับการทำการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจที่ต้องทำการไถพรวน

6. ชั้น FT หมายถึง พื้นที่ที่มีความลาดชันสูงขึ้นอยู่ระหว่าง 35–50% ไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชหรือเลี้ยงสัตว์

7. ชั้น F เป็นพื้นที่ที่มีความสูงชันมากคือมากกว่า50%ขึ้นไป ไม่เหมาะสมกับการทำการเกษตร ทั้งการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์

8. ชั้น AF เป็นพื้นที่ที่เป็นหน้าผาสูงชัน ดินตื้น หินโผล่ หรือ หนองน้ำ ไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกใดๆ ทั้งสิ้น

ปัจจัยที่สอง ความเหมาะสมขึ้นกับความลึกของดินก่อนพบชั้นหิน แบ่งเป็น 4 ระดับ ได้แก่ (ตารางที่ 2)

ระดับที่ 1 ดินที่ความลึกต่ำกว่า 20 ซม.

ระดับที่ 2 ดินมีความลึกระหว่าง 20–50 ซม.

ระดับที่ 3 ดินมีความลึกระหว่าง 50–90 ซม.

ระดับที่ 4 ดินมีความลึกมากกว่า 90 ซม.

ปัจจัยที่สาม ขึ้นกับความต้องการของการใช้ประโยชน์ที่ดิน แบ่งเป็น 6 ชนิด 8 ประเภทได้แก่ (ตารางที่ 2)

ประเภทที่ 1 เพื่อปลูกพืชล้มลุกที่ต้องการไถเตรียมดินทุกครั้งที่ปลูก รวมทั้งการไถพรวนดินระหว่างปลูกบ่อยครั้ง อาทิเช่น ข้าวโพด ข้างฟ่าง ถั่ว เป็นต้น แบ่งเป็น 3 ชั้น ได้แก่ C_1, C_2 และ C_3

ประเภทที่ 4 เพื่อปลูกพืชกึ่งถาวร ได้แก่ พืชที่มีอายุมากกว่า 1 ปี ปลูกแล้วสามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้หลายปีหรือหลายครั้ง อาทิเช่น ชา กาแฟ เป็นต้น

ประเภทที่ 5 เพื่อปลูกไม้ยืนต้น ได้แก่ ไม้ผล

ประเภทที่ 6 เพื่อทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์

ประเภทที่ 7 เพื่อปลูกสวนป่า หรือ ปล่อยให้เป็นป่าไม้

ประเภทที่ 8 ปล่อยให้เป็นที่พักผ่อนหย่อนใจ ได้แก่ พื้นที่ที่เป็นหน้าผา หินโผล่ หรือหนองน้ำ เป็นต้น

2. การวิเคราะห์ทางเลือกเบื้องต้นใช้ตารางที่ 2 หน้าถัดไป ซึ่งพื้นที่หนึ่งอาจจะมีหลายทางเลือก แต่ละทางเลือกดูภาพประกอบที่จัดทำไว้ต่อท้ายจากตารางที่ 3 หน้าถัดไป

3. นำทางเลือกต่างๆ ที่ได้จากตาราง นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบหาความเหมาะสม ทางด้านเศรษฐกิจและสังคมของเกษตรกรในแต่ละพื้นที่ โดยแต่ละทางเลือกมีความแตกต่างกัน ทั้งด้านเทคนิคการเตรียมพื้นที่ การเพาะปลูก การลงทุน ระยะเวลาดำเนินการ และการยอมรับของเกษตรกรเจ้าของพื้นที่ และอาจมีปัจจัยอื่นๆ ทางด้านเศรษฐกิจและสังคมเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยก็ได้ ขึ้นอยู่กับความต้องการการใช้ประโยชน์ที่ดินของแต่ละคน รวมทั้งความพึงพอใจของเกษตรกรอีกด้วย

วิธีการที่ 2 โดยใช้ตารางที่ 2 ข้างล่าง

ตารางที่ 2 แสดงทางเลือกของการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ที่เหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการใช้ประโยชน์ที่ดิน สมรรถนะที่ดิน ลักษณะของภูมิประเทศ ดิน ที่ดินและเครื่องจักรกลที่มีอยู่

ชั้นความลาดชันของพื้นที่	ความลาดชัน - องศา - % Slope	ความลึกของดิน (ซม.)	ชั้นสมรรถนะที่ดิน (Land capability)	มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ใช้เป็นหลัก	เครื่องมือที่ใช้ดำเนินการ	ความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดิน
1.	0 – 7 ° หรือเท่ากับ 0 – 12 %	มากกว่า15 ซม.	C_1 เหมาะสมสำหรับทำการเพาะปลูกอันดับ 1	- วิธีการเพาะปลูกพืชแบบอนุรักษ์ฯและวัสดุคลุมดิน - คันดินกั้นน้ำแบบง่ายๆ	เครื่องจักรขนาดใหญ่ หรือแรงคน	ปลูกพืชได้ทุกชนิด
		ต่ำกว่า 15 ซม.	P	ปลูกหญ้าคลุมดิน		ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์
2.	7 – 15 ° หรือเท่ากับ 12 – 27 %	มากกว่า 30 ซม.	C_2 เหมาะสมสำหรับทำการเพาะปลูกอันดับ 2	- ขั้นบันไดดินหรือคันดินกั้นน้ำแบบง่ายๆ	เครื่องจักรขนาดกลาง หรือแรงคน	ปลูกพืชได้ทุกชนิด
		ต่ำกว่า 30 ซม.	P	คูรับน้ำชายเขา		ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์
3.	15 – 20 ° หรือเท่ากับ 27 – 36 %	มากกว่า 45 ซม.	C_3 เหมาะสมสำหรับทำการเพาะปลูกอันดับ 3	- ขั้นบันไดดินและคันดินกั้นน้ำแบบง่ายๆ	เครื่องจักรขนาดเล็ก หรือแรงคน	ปลูกพืชได้ทุกชนิด
		ต่ำกว่า 45 ซม.	P	- คูรับน้ำชายเขา - ทุ่งหญ้าที่ไม่ปล่อยให้สัตว์เข้าไปเหยียบย่ำ	แรงคน หรือ ไถเดินตาม	พืชล้มลุกที่ต้องปลูกทุกปีและอายุ 2-3 ปี
4.	20 – 25 ° หรือเท่ากับ 36 – 47 %	มากกว่า 55 ซม.	C_4 เหมาะสมสำหรับทำการเพาะปลูกอันดับ 4	คันดินกั้นน้ำแบบง่ายๆ และขั้นบันไดดินบางประเภท	แรงคน หรือ ไถเดินตาม	พืชล้มลุกอายุปี หรือ 2-3 ปี
		ต่ำกว่า 55 ซม.	P เหมาะสำหรับทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์	- คูรับน้ำชายเขา - ทุ่งหญ้าที่ไม่ปล่อยให้สัตว์เข้าไปเหยียบย่ำ		ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์
5.	25 – 30 ° หรือเท่ากับ 47 – 58 %	มากกว่า 60 ซม.	FT	- ขั้นบันไดสำหรับปลูกไม้ผล	แรงคน	ไม้ผล ไม้ยืนต้น
		ต่ำกว่า 60 ซม.	F or AF	-ป่าไม้หรือสวนป่า		ไม้ยืนต้น
6.	มากกว่า 30 ° หรือ มากกว่า 58 %	ทุกความลึกของดิน	F	-ปล่อยเป็นพื้นที่ ป่าไม้		ปล่อยเป็นป่าไม้

ที่มา : T.C. Sheng (1989)

หมายเหตุ 1. ความเหมาะสมของการใช้ประโยชน์ที่ดินขึ้นกับสภาพเศรษฐกิจและสังคมของแต่ละประเทศ

2. C ย่อมาจาก Cutivable land, P ย่อมาจาก Pasture, FT ย่อมาจาก Land for food trees, fruit trees or tree crop, F ย่อมาจาก Forest land, AF ย่อมาจาก Land for agro – forestry

วิธีการที่ 3 การคัดเลือกประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำตามความเหมาะสมของสมรรถนะที่ดิน โดยใช้ตารางที่ 3

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการ

1. การแบ่งชั้นความลาดชันของพื้นที่ แบ่งเป็น 5 ชั้น ได้แก่ น้อยกว่า 12%, ระหว่าง 12-35%, เท่ากับ 35%,ระหว่าง 35-50% และ มากกว่า 50% ขึ้นไป
2. การแบ่งชั้นความลึกของดิน แบ่งเป็น 4 ชั้น ได้แก่ ดินตื้นกว่า 20 ซม. , 20 - 50 ซม. , 50 - 90 ซม. และมากกว่า 90 ซม.
3. ชั้นสมรรถนะของที่ดิน แบ่งเป็น 6 ชั้น ได้แก่ C_1, C_2, P, FT, F และ AF
4. การใช้ประโยชน์ที่ดิน แบ่งเป็น 6 ประเภท ได้แก่ พื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกพืชล้มลุก, พื้นกึ่งถาวร, ไม้ยืนต้น, ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์, ป่าไม้ และปล่อยไว้เป็นที่พักผ่อนหย่อนใจ
5. มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ แบ่งเป็น 9 ชนิดหลักๆ ได้แก่ AC, AF, CD, CT, HD, BT, IT, OT และ DD ตามที่บรรยายไว้ด้วยภาพท้ายตารางที่ 3 และคุณสมบัติหรือข้อจำกัดการใช้ของแต่ละมาตรการ ดูได้จากตารางที่ 4

ผลสำเร็จของการใช้ตารางนี้คือ

1. สามารถกำหนดประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ให้เป็นไปตามสมรรถนะที่ดิน
2. ได้ทางเลือกมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมได้ตามประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตามข้อที่ 1

ตารางที่ 3 แสดงความต้องการระบบอนุรักษ์ดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสม ตามสมรรถนะที่ดิน สำหรับการวางแผนการปลูกพืชในภาคเหนือ ประเทศไทย

สมรรถนะที่ดิน	การใช้ประโยชน์ที่ดิน	วิธีการดำเนินการเพาะปลูกที่เหมาะสมตามความลึกของดิน			
		> 90 ซม.	**50-90 ซม.**	**20-50 ซม.**	**< 20 ซม.**
C_1 ความลาดชันของพื้นที่ น้อยกว่า 12%	- พืชล้มลุก	AC,CD,HD	AC,CD,HD	AC,CD,HD	AC,CD,HD
	- พืชกึ่งถาวร	AC,HD	AC,HD	AC,HD	AC,HD
	- ไม้ยืนต้น	-	-	-	-
	- ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์	-	-	-	-
	- ป่าไม้	-	-	-	-
	- ปล่อยไว้เป็นที่พักผ่อนหย่อนใจ	-	-	-	-
C_2 ความลาดชันของพื้นที่ระหว่าง 12-35%	- พืชล้มลุก	BT,IT,HD	BT,IT,HD	HD	-
	- พืชกึ่งถาวร	HD & AC	HD & AC	HD & AC	-
	- ไม้ยืนต้น	OT,CT,HD	OT,CT,HD	OT,HD	-
	- ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์	-	-	HD,DD	HD
	- ป่าไม้	-	-	N	N
	- ปล่อยไว้เป็นที่พักผ่อนหย่อนใจ	S	S	S	S
P ความลาดชันของพื้นที่เท่ากับ 35%	- ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์	HD,DD	HD,DD	HD,DD	HD
	- ป่าไม้	N	N	N	N
	- ปล่อยไว้เป็นที่พักผ่อนหย่อนใจ	S	S	S	S
FT ความลาดชันของพื้นที่ 35-50%	- ไม้ยืนต้น	OT	OT	AF	-
	- ป่าไม้	N	N	N	N
	- ปล่อยไว้เป็นที่พักผ่อนหย่อนใจ	S	S	S	S
F ความลาดชันของพื้นที่ 50% ขึ้นไป	- ป่าไม้	N	N	N	N
	- ปล่อยไว้เป็นที่พักผ่อนหย่อนใจ	S	S	S	S
AF	- ปล่อยไว้เป็นที่พักผ่อนหย่อนใจ	S	S	S	S

ที่มา : T.C. Sheng , 1989

หมายเหตุ 1. ความหมายของสัญลักษณ์ที่แสดงสมรรถนะที่ดิน C, P, FT, F, AF ในตารางดังนี้

C ย่อมาจาก Cultivable land หมายถึง พื้นที่เหมาะสมสำหรับปลูกพืชที่ต้องมีการไถพรวนดินในการปลูกและดูแลรักษาบ่อยครั้ง

P ย่อมาจาก Pasture หมายถึง ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์

FT ย่อมาจาก Land for food trees, fruit trees or tree crops หมายถึง ไม้ผลและไม้โตเร็ว ไม้ใช้สอย เป็นต้น

AF หมายถึง พื้นที่ที่ไม่สามารถทำการเพาะปลูกได้ ควรจัดทำเป็นสวนป่า

F คือ Forest land หมายถึง พื้นที่ที่เหมาะสมปล่อยให้เป็นพื้นที่ป่าไม้

2. ความหมายของสัญลักษณ์ที่แสดงวิธีการ (หรือมาตรการ) อนุรักษ์ดินและน้ำ ดังต่อไปนี้

AC ย่อมาจาก Agronomic Conservation measure หมายถึง มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยการจัดการพืช

AF ย่อมาจาก Agro-forestry หมายถึง วนเกษตร

CD ย่อมาจาก Conservation ditch หมายถึง คันดินกั้นน้ำ หรือขั้นบันไดดินธรรมชาติ

CT ย่อมาจาก Convertible terraces หมายถึง ขั้นบันไดอาจเปลี่ยนแปลงได้ ตัวอย่างคือ ตอนแรกสร้างเป็นคันหรือกำแพงกั้นไว้เป็นระยะๆ หลังจากนั้นเมื่อไถพรวนดินและเกิดการสะสมของตะกอนดิน พื้นที่ระหว่างคันจะกลายเป็นขั้นบันไดดิน

HD ย่อมาจาก Hillside ditches หมายถึง คูรับน้ำชายเขา

BT ย่อมาจาก Bench terraces หมายถึง ขั้นบันไดดิน

IT ย่อมาจาก Intermittent terraces หมายถึง ขั้นบันไดดินแบบเว้นระยะไม่ต่อเนื่อง อาทิเช่น สร้าง 1 ขั้นแล้วเว้นไว้ 3 ขั้น ใช้ในกรณีที่งบประมาณสำหรับก่อสร้างขั้นบันไดดินแบบต่อเนื่องมีไม่เพียงพอ เมื่อมีงบพอจึงมาสร้างตรงที่เว้นไว้ ก็จะได้ขั้นบันไดดินแบบต่อเนื่องนั่นเอง

OT ย่อมาจาก Orchard Terraces หมายถึง ขั้นบันไดดินสำหรับไม้ผล

DD ย่อมาจาก Diversion ditches หมายถึง คูเบนน้ำ

N : ไม่ต้องการระบบอนุรักษ์ S : ต้องเอาใจใส่ดูแลรักษาเป็นพิเศษ - : ไม่มีคำแนะนำ

ตารางที่ 4 แสดงคุณสมบัติเฉพาะและความเหมาะสมของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่างๆ

มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำหลัก	คุณสมบัติเฉพาะ							
	ความกว้างของขั้นบันไดดิน	ความยาวของขั้นบันไดที่เหมาะสม	การลาดเทของพื้นขั้นบันไดตามความยาว	ความลาดเอียงของพื้นดินตามขวางของขั้นบันไดดิน	ความลาดเอียงของผนังด้านข้าง	ความลาดเทของพื้นที่ (%)	ระยะห่างตามแนวดิ่ง (VI)	มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำเสริมพิเศษ
ขั้นบันไดดิน								
(ก) ด้วยแรงคน	2.5 - 5.0 ม.	<100 ม.	มากกว่า 1%	5%	0.75 : 1	7° - 25°	$\frac{S \times W_b^{\ 2}}{100 - S \times 0.75}$	มาตรการอนุรักษ์โดยวิธีพืชและวัสดุคลุมดิน
(ข) ด้วยเครื่องจักร	3.5 - 8.0 ม.	<100 ม.	1%	5%	1 : 1	7° - 20°	$\frac{S \times W_h}{100 - S \times 1}$	
คูรับน้ำชายเขา	1.8 - 2.0 ม.	<100 ม.	1%	10%	0.75 : 1	< 25°	$\frac{S + 4}{10}$ or $\frac{S + 6}{10}$	มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีจัดการพืช
หลุมปลูกไม้ผลเฉพาะต้น	1.5 ม. (เส้นรอบวง)	-	-	10%	0.75 : 1	< 30°	ระยะแถวของไม้ผล	คูรับน้ำชายเขา, ขั้นบันไดดินสวนผลไม้, มาตรการอนุรักษ์โดยวิธีพืช
ขั้นบันไดดินสำหรับไม้ผล	1.75 ม.	<100 ม.	1%	10%	0.75 : 1	25° - 30°	11-13 เมตร ตามความยาว Slope	มาตรการอนุรักษ์โดยวิธีพืชหลุมปลูกไม้ผลเฉพาะ
ขั้นบันไดดินแบบเว้นระยะ	2.5 – 5.0 ม.	<100 ม.	1%	5%	0.75 : 1	7° - 25°	3 เท่าของระยะห่างขั้นบันไดดิน	มาตรการอนุรักษ์โดยวิธีพืชหลุมปลูกไม้ผลเฉพาะ
คูรับน้ำรอบเขาในสวนผลไม้	3.5 ม.	<100 ม.	1%	5%	0.75 : 1	7° - 20°	คล้ายคูรับน้ำชายเขา	หลุมปลูกไม้ผลเฉพาะต้น มาตรการอนุรักษ์โดยวิธีพืช
ขั้นบันไดดินตามธรรมชาติ	8-20 ม.	-	-	-	0.75 : 1	< 7°	1 เมตร	มาตรการอนุรักษ์โดยวิธีพืช

หมายเหตุ 1. S หมายถึง ความลาดชัน (slope) ของพื้นที่ (%)

2. Wb หมายถึง ความกว้างของตัวขั้นบันไดดิน (ม.

บทที่ 3

แบบแปลน ข้อกำหนด เงื่อนไข และวิธีดำเนินการจัดทำขั้นบันไดดินแบบต่างๆ

กรอบแนวคิด

หลังจากได้ทางเลือกการใช้ประโยชน์ที่ดินที่เหมาะสมตามสมรรถนะที่ดิน ว่าจะปลูกพืชชนิดใด และใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบใดได้บ้างแล้ว จากบทที่ 2 นำผลที่ได้จากการคัดเลือกมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำดังกล่าว มาดูรายละเอียดของแต่ละเทคนิค ว่าดำเนินการอย่างไร? ยากง่ายเกินความสามารถของเราหรือไม่? ต้องลงทุน ลงแรงอย่างไรบ้าง? รวมทั้งมีเวลาเพียงพอหรือเปล่า ที่สำคัญ การจะดำเนินการจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือเกิดการต่อต้านจากประชาชนในพื้นที่หรือไม่

องค์ประกอบของเนื้อหา

1. ประกอบด้วยต้นแบบ การจัดทำขั้นบันไดดิน โดยยึดชนิดพืชที่ต้องการปลูกเป็นหลัก ซึ่งได้แก่
    1. ขั้นบันไดดินสำหรับปลูกข้าว
    2. ขั้นบันไดดินสำหรับพืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับและพืชไร่
    3. ขั้นบันไดดินสำหรับไม้ผล

2. **รายละเอียดและเนื้อหา** แต่ละต้นแบบประกอบด้วย
    1. รูปภาพของขั้นบันไดดินที่สร้างขึ้น ที่ประสบผลสำเร็จแล้ว ทั้งในประเทศและต่างประเทศ ในที่นี้ใช้ภาพจากสาธารณรัฐประชาชนจีน เป็นหลัก/ส่วนใหญ่
    2. วัตถุประสงค์และอรรถประโยชน์
    3. ข้อกำหนดเงื่อนไขการดำเนินงาน
    4. แบบแปลน ภาพตัดขวางและรายละเอียด
    5. วิธีคำนวณและตารางการคำนวณดินขุดและดินถม
    6. วิธีคำนวณและตารางการคิดเวลางาน
    7. วิธีคำนวณและตารางการลงทุน

ชื่อต้นแบบ ขั้นบันไดดินแบบเก็บกักน้ำ เพื่อการปลูกข้าวในพื้นที่ที่มีความลาดชัน

(Bench terrace ; Level and retention type)

โดย

วินัย อักษรพันธ์ [1] พิพัฒน์ ไทยกล้า [2] ชาติชาย พูนพาณิชย์ [3]

ภาพมองมุมกว้าง

1. วัตถุประสงค์ เพื่อการปลูกข้าวนาดำในพื้นที่ที่มีความลาดเทเล็กน้อยจนกระทั่งมีความลาดชันสูง หรืออาจใช้เพาะปลูกไม้ผล ไม้ดอกไม้ประดับ พืชผัก พืชไร่ ที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงก็ได้

2. อรรถประโยชน์และประโยชน์ใช้สอย โดย พิพัฒน์ ไทยกล้า

2.1 สามารถใช้พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาดำได้ ในพื้นที่ที่มีความลาดเทตั้งแต่เล็กน้อยจนกระทั่งพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ถ้าเนื้อดินเป็นดินเหนียวเก็บกักน้ำได้ หรืออาจใช้ปลูกพืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับ พืชไร่ หรือไม้ผลบางชนิดได้ คล้ายกับการปลูกพืชบนพื้นที่ราบในกรณีที่ดินไม่ใช่เป็นดินเหนียวจัดและระบายน้ำดี และต้องจัดเตรียมทางระบายน้ำไว้เป็นอย่างดี และควรปลูกแบบยกร่องเพื่อป้องกันการแช่ขังของน้ำในช่วงฝนตกชุก ดังภาพข้างบน

[1] วิศวกรการเกษตร 7 ฝ่ายวิศวกรรมและเทคโนโลยี กองช่าง

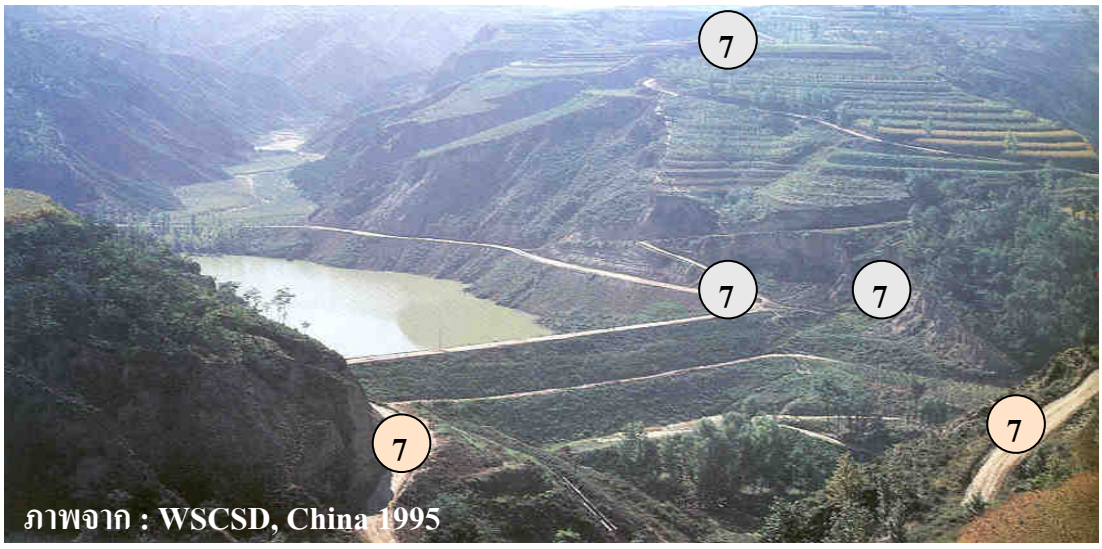
[2] นักวิชาการเกษตร 8ว. กลุ่มวิจัยและพัฒนาการอนุรักษ์ดินและน้ำพื้นที่สูง สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน

[3] วิศวกรเครื่องกล 7 ฝ่ายวิศวกรรมและเทคโนโลยี กองช่าง

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

2.2 สามารถเก็บกักน้ำหรือระบายน้ำออกจากพื้นที่ได้ง่ายและสะดวก เนื่องจากแต่ละชั้นของขั้นบันไดมีทั้งคันดินกั้นน้ำ และทางระบายออกสู่ทางระบายน้ำธรรมชาติ หรือทางระบายน้ำหลักที่สร้างขึ้นมาอย่างเหมาะสมในพื้นที่

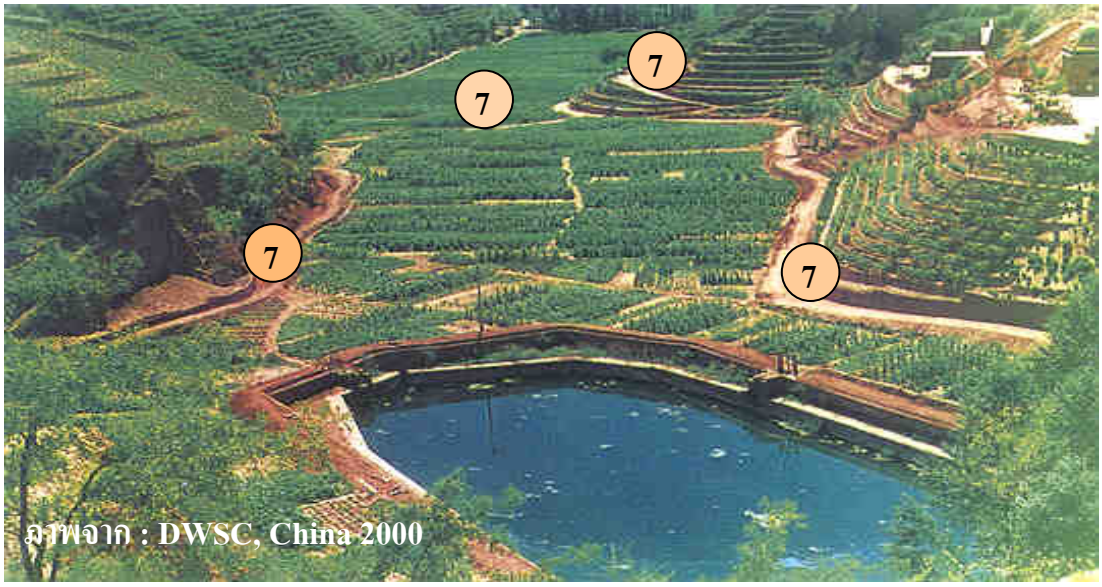
2.3 ในกรณีที่มีการเก็บรวบรวมน้ำส่วนเกินในฤดูฝนจากพื้นที่แต่ละขั้นบันไดไปเก็บรวบรวมไว้ และมีระบบที่สามารถนำน้ำกลับมาใช้ได้ยามฝนทิ้งช่วง ทำให้สามารถใช้พื้นที่นั้นทำนาได้หลายครั้ง รวมทั้งการปลูกข้าวสลับพืชไร่หรือพืชผักหรือไม้ดอกไม้ประดับ แม้กระทั่งไม้ผลที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงได้ตลอดทั้งปี



2.4 สามารถควบคุมการไหลบ่าของน้ำบนพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูง วิธีการหนึ่ง แม้จะต้องลงทุนสูงในระยะแรก แต่ในระยะยาวสามารถใช้ประโยชน์ที่ดินได้อย่างยั่งยืนและกว้างขวาง

2.5 สามารถป้องกัน แก้ไข ปัญหาการเสื่อมโทรมของดิน อันเนื่องมาจาก การเกิดการชะล้างพังทลายของดิน การสูญเสียหน้าดิน และธาตุอาหารพืช ที่มีสาเหตุมาจากน้ำไหลบ่าในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด

2.6 ทำให้การบริหารและจัดการเพาะปลูกข้าวนาดำหรือพืชเศรษฐกิจที่มีราคาแพงอื่นๆในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงๆ สะดวกขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการขนส่งวัสดุ อุปกรณ์หรือเครื่องจักรเครื่องมือ ที่จำเป็นต้องใช้ในเพาะปลูกเข้าสู่แปลง หรือการขนผลผลิตออกสู่ตลาดรับซื้อโดยผ่านทางลำเลียงในพื้นที่ ดังภาพข้างล่าง



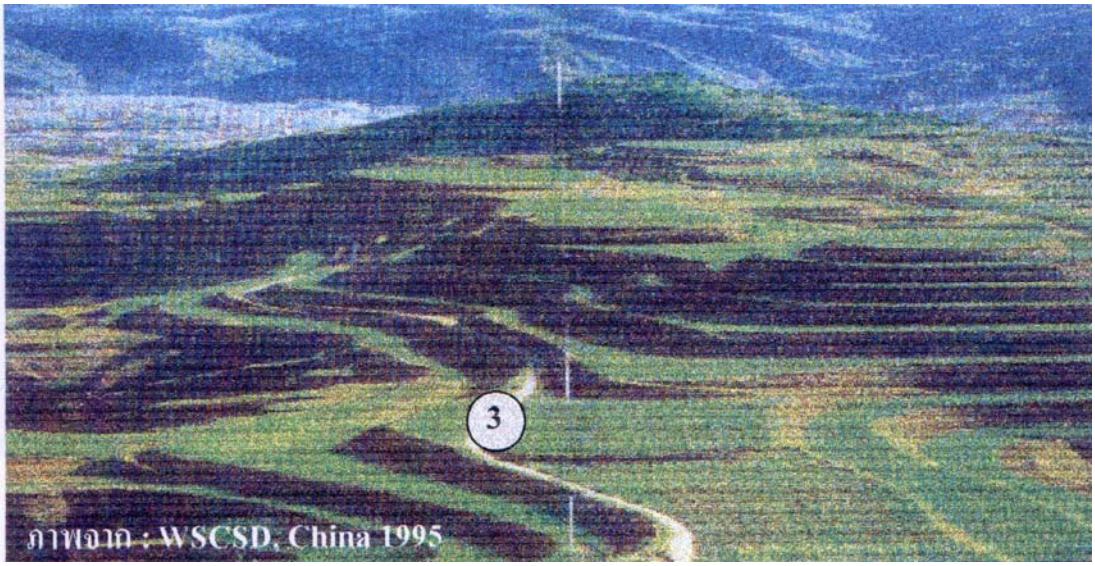
2.7 ประโยชน์ทางอ้อม ถ้าการทำนาแบบขั้นบันไดแบบนี้เป็นการทำแบบต่อเนื่องทั้งหุบเขา จะก่อให้เกิดทัศนียภาพที่มีความงดงามมาก จนสามารถจัดทำเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่นักท่องเที่ยวเกือบทั้งโลกชื่นชอบและนิยมไปเที่ยวดู ดังเช่นที่ประเทศฟิลิปปินส์และที่ประเทศจีน ตามภาพที่ปรากฏข้างล่าง

3. ข้อกำหนดและเงื่อนไขที่ใช้ในการดำเนินงาน โดย พิพัฒน์ ไทยกล้า

3.1 ในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง แต่ต้องการปลูกข้าวนาดำจะทำขั้นบันไดดินแบบนี้ ดินจำเป็นต้องเป็นดินเหนียวและมีความลึกพอสมควร น่าจะลึกตั้งแต่ 2 เมตรขึ้นไป ดังภาพข้างบน

3.2 ในพื้นที่ที่มีความลาดชันแม้เพียงเล็กน้อย ถ้าต้องการปลูกข้าวนาดำก็จำเป็นต้องจัดเตรียมพื้นที่ตามต้นแบบดังกล่าวมานี้เช่นกัน ในทำนองเดียวกันก็สามารถใช้พื้นที่ดังกล่าวในการเพาะปลูกพืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับ หรือแม้กระทั่งไม้ผลการปรับพื้นที่ให้เป็นขั้นบันไดดินจะทำให้การดำเนินการทุกกิจกรรมไม่ว่าการไถเตรียมพื้นที่ การใส่ปุ๋ย การตกแต่งกิ่งทรงพุ่มหรือการค้ำยันกิ่ง การเก็บเกี่ยวผลผลิต การขนส่งปุ๋ย วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือทางการเกษตร เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืน ดังภาพข้างล่าง

3.3 ขั้นบันไดดินควรสร้างอย่างต่อเนื่องติดกันเป็นชั้นๆ จะเป็นการป้องกันการชะล้างพังทลายของดินที่มีประสิทธิภาพ และให้ความมั่นใจสูง ดังภาพข้างล่าง



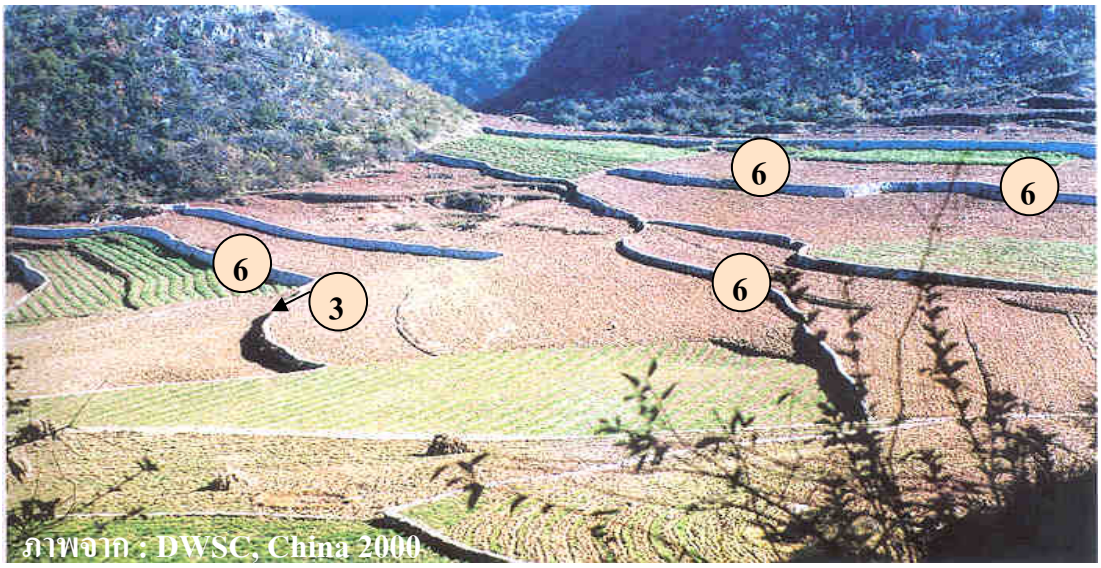
4. รูปร่างลักษณะของขั้นบันไดดินแบบระดับที่สามารถเก็บกักน้ำได้ โดย วินัย อักษรพันธ์

4.1 ภาพขั้นบันไดดินแบบระดับที่สามารถเก็บกักน้ำไว้ทำนาได้

4.2 ภาพขั้นบันไดดินแบบระดับใช้ปลูกพืชเศรษฐกิจที่มีราคาแพง

4.3 ภาพขั้นบันไดดินเพาะปลูกข้าวนาดำ

4.4 ภาพขั้นบันไดดินผนังด้านข้างเป็นหินก่อปลูกพืชข้าวและพืชเศรษฐกิจได้



5. องค์ประกอบของต้นแบบ จากภาพของขั้นบันไดดินจะเห็นว่าประกอบด้วย**โดย วินัย อักษรพันธ์**

ภาพหมายเลขที่ (1) ตัวขั้นบันไดดินที่ใช้สำหรับปลูกข้าวหรือพืชเศรษฐกิจชนิดต่างๆ มีลักษณะเป็นพื้นที่ราบเรียบระดับเดียวกันตลอดทั้งผืน แต่ควรลดระดับตามความยาวของขั้นบันไดสู่ทางระบายน้ำทางปลายสุดของขั้นบันได 0.01% หรือเท่ากับลดระดับ 10 ซม. ต่อ ความยาวของขั้นบันได 100 เมตร เพื่อสามารถระบายน้ำออกได้ ดังภาพที่ 4.2

ภาพหมายเลขที่ (2) ผนังด้านข้างของขั้นบันไดดินแต่ละขั้น เป็นดินปลูกหญ้าปกคลุมไว้อย่างหนาแน่น ดังภาพที่ 4.2

ภาพหมายเลขที่ (3) คันดินกั้นน้ำตรงปลายสุดของขั้นบันไดดินตามแนวขวาง สามารถใช้เป็นทางเดินเท้าได้ด้วย ดังภาพข้อที่ 2.2 และภาพข้อที่ 3.3

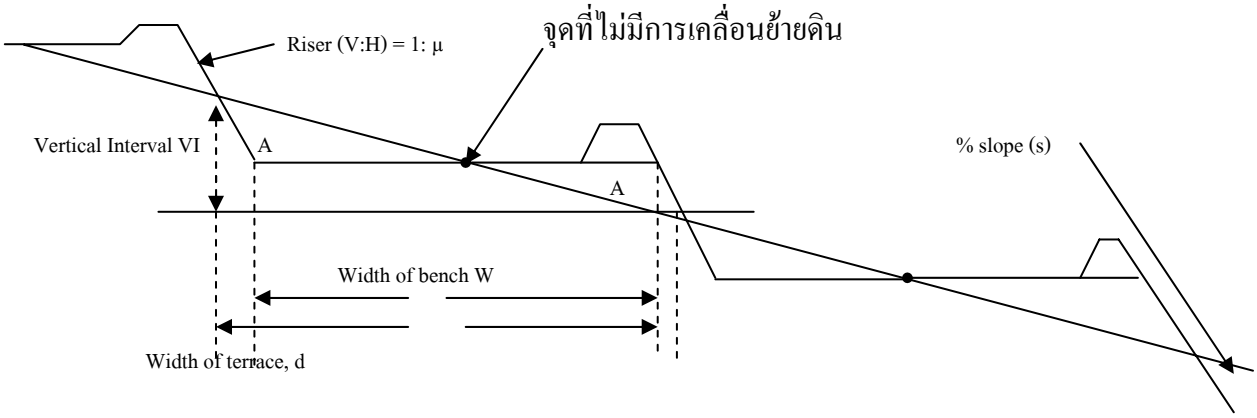
ภาพหมายเลขที่ (4) ท่อเปิด เพื่อระบายน้ำออกจากพื้นที่ขั้นบันไดดินลงสู่ทางระบายน้ำในพื้นที่ ซึ่งอาจเป็นทางระบายน้ำตามธรรมชาติ หรือ สร้างขึ้น ดังภาพที่ 4.1

ภาพหมายเลขที่ (5) หญ้าแฝกตัดสั้น หรือ หญ้าแพรก หรือ หญ้ารูซี หรือ สวาซีแลนด์ หรืออื่นๆ ที่ปลูกปกคลุมด้านข้างของผนังขั้นบันไดดิน ดังภาพที่ 4.2

ภาพหมายเลขที่ (6) ผนังขั้นบันไดทำด้วยหินก่อ ดังภาพที่ 4.4 ข้างบน

ภาพหมายเลขที่ (7) ถนนเชื่อมโยงในพื้นที่ทำการเกษตรบนพื้นที่สูงชัน (Access Road) ดังภาพข้อที่ 2.3 และ2.6 ด้านหน้า

6. แบบแปลนภาพตัดขวางของขั้นบันไดดินแบบเก็บกักน้ำ โดย วินัย อักษรพันธ์



$VI = \frac{w.s}{100-s.\mu}$, $d = w + \frac{VI}{2} = \frac{100VI}{s}$, $A = \frac{w.VI}{8}$, $V = A \times \frac{100^2}{d}$, $\frac{1}{\mu} = \frac{1}{0.5}$

$V = A \times \frac{100^2}{d}$ ลบ.ม./เฮกตาร์ หรือเท่ากับ $\frac{A \times 100^2}{6.25d}$ ลบ.ม./ไร่

เครื่องหมายของสัญลักษณ์

A หมายถึง พื้นที่หน้าตัดที่เป็นพื้นที่ดินขุดและดินถมของขั้นบันไดดินแต่ละขั้น มีหน่วยเป็น ตร.ม.

V หมายถึง ปริมาตรดินขุด ซึ่งอนุมานให้เท่ากับดินถมของขั้นบันไดดิน มีหน่วยเป็น ลบ.ม./ไร่

VI คือ Vertical Interval หมายถึง ความแตกต่างของความสูงระหว่างจุดกึ่งกลางของขั้นบันไดดิน 2 ขั้นที่ติดต่อกัน มีหน่วยเป็น เมตร

W คือ Width of bench หมายถึง ความกว้างของขั้นบันไดดินที่ใช้เป็นพื้นที่เพาะปลูก มีหน่วยเป็น เมตร

d คือ Width of terrace หมายถึง ความกว้างของขั้นบันไดดินที่รวมความกว้างของพื้นที่เพาะปลูก และผนังด้านข้างเข้าด้วยกัน มีหน่วยเป็น เมตร

7. การออกแบบ โดย วินัย อักษรพันธ์

7.1 ความกว้างของขั้นบันไดดินมีความกว้างตั้งแต่ 2 ถึง 5 เมตร ขึ้นกับตัวแปรหลายตัว อาทิเช่น ความลาดชันของพื้นที่ ความลึกของดิน ระยะห่างของแถวพืชที่ปลูก ตลอดจนความเหมาะสมต่อเครื่องจักรที่ใช้

7.2 อัตราส่วนโดยเฉลี่ยของพื้นผิวผนังดินด้านข้างเท่ากับ 1:0.5 (ความสูง : ความยาวด้านฐาน) แต่อัตราส่วนนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามชนิดของเนื้อดิน และขึ้นอยู่กับชนิดของผนังด้านข้างที่สร้างขึ้นว่าทำด้วยอะไร ปกติทั่วไปอัตราส่วนนี้จะใช้กับผนังที่เป็นดินปลูกคลุมด้วยหญ้า

7.2 ระยะห่างตามแนวตั้งระหว่างขั้นบันไดดิน ควรจะคำนวณโดยสูตรข้างล่างนี้

$$VI = \frac{W.\ s}{100-s.\mu} = \frac{W.\ s/\mu}{100/\mu-s} = \frac{d.s}{100}$$

เมื่อ VI = ระยะห่างในแนวดิ่ง (เมตร) ระหว่างจุดกึ่งกลางของผนังขั้นบันไดดิน 2 ขั้น

W= ความกว้างของพื้นที่ราบ (เมตร) s = ความลาดชัน Slope (%)

d = ความกว้างของขั้นบันไดดิน ทั้งส่วนที่เป็นพื้นที่ราบและผนังด้านข้างรวมกัน (เมตร)

μ = อัตราส่วนของความลาดเทของผนังดินด้านข้างที่สร้างขึ้น

(อัตราส่วนระยะแนวตั้ง : ระยะแนวนอน = 1:μ ส่วนใหญ่เท่ากับ 1:0.5)

7.4 ความกว้างของขั้นบันไดดินถูกกำหนดให้เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชและการใช้เครื่องจักรกลในการก่อสร้างและดำเนินการเพาะปลูก โดยใช้สูตรดังนี้

$$d = \frac{100VI}{S} = W + VI \cdot \mu \quad \text{(แนวระดับ)} \quad \text{เมตร}$$

ถ้าใช้ค่า $\mu = 0.5$ ดังนั้น $d = W + 0.5\ VI$

7.5 คันดินกั้นน้ำที่สร้างขึ้นที่ขอบนอกของขั้นบันไดดินควรสูง 20 ซม. และมีความกว้างด้านบน 20 ซม. เช่นกัน

7.6 ที่ปลายของขั้นบันไดดินที่จดกับทางระบายน้ำควรเจาะคันดินกั้นน้ำเป็นทางระบายน้ำลึก 20 ซม. กว้าง 20 ซม. พร้อมประตูปิดเปิดน้ำเพื่อการเก็บกักและระบายน้ำในขั้นบันไดสู่ทางระบายน้ำ หรือคำนวณจากปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน

7.7 ความยาวของขั้นบันไดดิน ถ้าลดระดับไปทางเดียวไม่ควรยาวเกิน 100 เมตร ถ้าความยาวมากกว่านี้ ควรทำการลดระดับไปทั้งสองด้าน (ให้น้ำไหลออกได้ทั้งสองด้าน)

8. การปฏิบัติที่จำเป็นและสิ่งที่ต้องคำนึงสำหรับดำเนินงาน โดย วินัย อักษรพันธ์

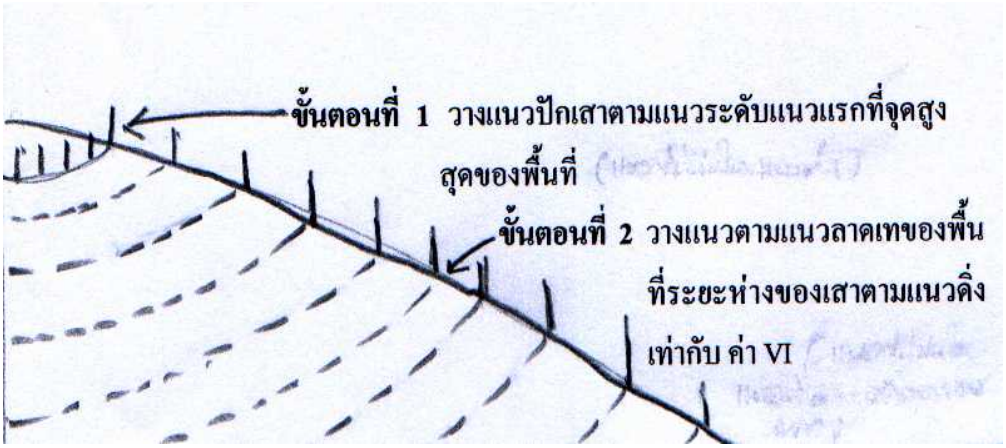
8.1 ต้องมีการสำรวจพื้นที่อย่างละเอียด โดยจัดทำเป็นแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ดิน แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่ต้องมีรายละเอียดเกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศ ความลาดชัน ความลึกของดิน เนื้อดิน เปอร์เซ็นต์ของหินที่ปนอยู่ในดิน การชะล้างพังทลายของดิน และพื้นที่ระบายน้ำตามธรรมชาติ เป็นต้น แล้วจึงทำการกำหนดชนิดของขั้นบันไดดินโดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์ในการปลูกพืช ชนิดของเครื่องจักรกลที่จะใช้งาน แล้วจึงเริ่มทำการออกแบบ

8.2 ขั้นตอนการดำเนินการเพื่อให้เป็นไปตามแบบ ดังต่อไปนี้

ก. เลือกพื้นที่ดำเนินการขั้นแรกที่ความลาดชันของพื้นที่สม่ำเสมอตั้งแต่จุดสูงสุดของพื้นที่จนถึงจุดต่ำสุดของพื้นที่

ข. ปักแนวไม้ ในแนวขึ้น – ลงตามความลาดชัน โดยระยะห่างระหว่างไม้ที่ปักเท่ากับระยะห่างของขั้นบันไดดินตามค่า VI ที่ออกแบบไว้

ค. **ปักไม้ในแนวระดับ โดยทำที่จุดสูงสุดของพื้นที่แนวแรก** โดยระยะห่างของไม้ที่ปักควรห่างกัน 5 ถึง 10 เมตร เมื่อปักไม้แนวระดับแรกเรียบร้อยแล้วก็ดำเนินต่อในแนวขึ้นลงเป็นแนวที่สอง โดยระยะห่างของไม้ที่ปักในแนวนี้แต่ละต้นห่างกันเท่ากับ ค่า VI ของขั้นบันไดที่คำนวณไว้จากแนวหลักตามแนวขึ้นลงปักไม้ตามระดับให้ครบทุกหลักตามภาพข้างล่าง



ง. การก่อสร้างขั้นบันไดดินทำที่แนวไม้ที่ปักไว้ตามแนวระดับทุกแนว โดยทำตามรายละเอียดที่ออกแบบไว้ การลดระดับต่ำสุดของขั้นบันไดดินสู่ทางระบายน้ำควรจะใกล้เคียงแนวระดับที่ทำไว้ในแต่ละแนว **ความกว้างของขั้นบันไดดินควรสม่ำเสมอ** เพื่อสะดวกในการใช้เครื่องจักรกลในการดำเนินงาน (เพื่อที่จะทำให้การดำเนินงานเร็วขึ้น ควรจะวางแนวขั้นบันไดแต่ละแนวไว้ในแผนที่ก่อนเป็นเบื้องต้น) หลังจากปักแนวระดับหมดพื้นที่แล้ว ควรมีการดัดแนวระดับที่ทำไว้ไม่ให้มีจุดหักศอกควรดัดให้เป็นรูปโค้งเพื่อสะดวกในการดำเนินการก่อสร้าง และการดำเนินการเพาะปลูกภายหลัง ในช่วงต่อระหว่างขั้นบันไดดินกับทางระบายน้ำควรมีการจัดวางแนวไม้ที่ปักอย่างรอบคอบ

ภาพจาก : DWSC, China 2000

8.3 ก่อนการก่อสร้าง ควรเก็บเศษวัสดุ กิ่งไม้ต่างๆ หิน หญ้า และอื่นๆ ที่ผิวดินออกให้หมด

ภาพจาก : WSCSD, China 1995

8.4 **ถ้าในพื้นที่นั้นมีก้อนหินมากพอที่จะนำมาสร้างเป็นผนังด้านข้าง**ของขั้นบันไดดินได้ ก็นำก้อนหินมาก่อเรียงกันไปตามแนวของขั้นบันไดดินที่วางไว้ เพื่อเป็นขอบของขั้นบันไดดินจนเต็มผิวหน้าของผนังขั้นบันไดดินแล้วทำการก่อสร้างขั้นบันไดดินจนเสร็จตลอดแนว **การดำเนินการแบบนี้ขั้นบันไดดินแรกที่จัดทำจะจัดทำจากแนวต่ำสุดของพื้นที่ไล่ขึ้นไปสู่แนวที่สูงกว่าทีละแนวจนถึงยอดสุดของพื้นที่** ดังภาพข้างบนและข้างล่าง

ภาพจาก : DWSC, China 2000

8.5 การก่อสร้างขั้นบันไดแต่ละขั้นควรสร้างโดยยึดแนวระดับที่ปักไว้เป็นหลักในการดำเนินการ (แนวระดับที่วางไว้ก็คือ แนวของขั้นบันไดดินที่จะทำการก่อสร้างนั่นเอง) จากนั้นทำการขุดดินจากส่วนบนของเส้นแนวมาถมลงบนส่วนใต้ของเส้นระดับ การอัดดินให้แน่นควรทำเมื่อขยายความกว้างออกไปทุกๆ 30 ซม. ถ้าการก่อสร้าง ใช้เครื่องจักรกล อาทิเช่น ใช้รถ Bulldozer ผนังด้านข้างของขั้นบันไดดินต้องทำการตกแต่งด้วยแรงงานคนอีกครั้ง

ภาพจาก : DWSC, China 2000

8.6 **โดยปกติทั่วไปการสร้างขั้นบันไดดินควรเริ่มต้นจากแนวสูงสุดของพื้นที่ที่เป็นแนวแรก** และดำเนินการแนวล่างถัดลงไปต่อๆ กันเรื่อยๆ ซึ่งการดำเนินการแบบนี้ จะง่ายและสะดวกในการดำเนินงาน และสามารถหลีกเลี่ยงความเสียหายอันพึงจะเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากฝนตกหนักในการดำเนินการก่อสร้าง **แต่ในกรณีที่การก่อสร้างขั้นบันไดดินโดยคำนึงถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นหลักใหญ่ในการดำเนินงาน คือ มีการนำหน้าดินข้างบนแนวก่อสร้างมาเกลี่ยกลบขั้นบันไดดิน และในกรณีที่ผนังด้านข้างของขั้นบันไดดินทำด้วยก้อนหิน การก่อสร้างขั้นบันไดดินแนวแรกควรเริ่มต้นจากแนวต่ำสุดของพื้นที่ไล่ขึ้นไปสู่แนวถัดไปที่สูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดสูงสุดของเนิน**

ภาพจาก : WYCSD, China 1995

8.7 ระหว่างการก่อสร้างควรทำการตรวจสอบว่าได้ดำเนินการตามแบบแปลนที่วางไว้ทุกอย่างหรือไม่ ไม่ว่าความกว้างของขั้นบันไดดิน ความลาดเอียงของผนังด้านข้าง ความลาดเอียงของพื้นผิวขั้นบันไดดิน ตลอดจนการลดระดับสู่ทางระบายน้ำ เป็นต้น ถ้ามีอะไรผิดแบบที่วางไว้ต้องทำการแก้ไขทันที

8.8 **วิธีการเคลื่อนย้ายหน้าดินไปเกลี่ยกลบในขั้นบันไดดิน มี 2 วิธี คือ**

8.8.1 **วิธีแรก** หลังจากก่อสร้างขั้นบันไดดินขั้นแรกเรียบร้อยแล้ว นำหน้าดินจากแนวขั้นบันไดถัดไปมาเกลี่ยกลบบนผิวจนทั่ว และเมื่อการก่อสร้างขั้นบันไดที่สองเสร็จเรียบร้อย ก็นำหน้าดินจากแนวก่อสร้างแนวที่ถัดไป (แนวที่สาม) มาเกลี่ยกลบจนทั่ว ทำแบบนี้เรื่อยๆ จนเสร็จหมดพื้นที่

8.8.2 **วิธีที่สอง** แบ่งการดำเนินการในแต่ละแนวที่จะทำการก่อสร้างออกเป็นช่วงๆ ก่อนการก่อสร้างปาดหน้าดินไปกองรวมไว้ในที่ยังไม่ได้ก่อสร้างนั้น เมื่อก่อสร้างส่วนนั้นเสร็จแล้วก็นำเอาหน้าดินที่กองไว้ไปเกลี่ยกลบให้เต็มผิวดิน และเลื่อนการดำเนินการก่อสร้างไปเป็นช่วงๆ ถัดไปจนเสร็จตลอดแนว

8.9 ถ้าไม่มีก้อนหินเพื่อทำผนังขั้นบันไดดิน ควรรีบปลูกหญ้าที่ผนังด้านข้างทันทีที่ดำเนินการเสร็จ และบำรุงรักษาให้หญ้าขึ้นแผ่กระจายยึดผิวดินด้านข้างให้แน่นหนาโดยเร็ว หญ้าที่แนะนำสำหรับประเทศไทย ได้แก่ หญ้าแฝก หญ้าบาเฮีย หญ้ารูซี่ หญ้านวลน้อย หรือ หญ้าสวาซีแลนด์ เป็นต้น

ภาพ แสดงการปลูกหญ้าแฝกเพื่อป้องกันการพังทลายของขั้นบันไดดิน

9. การจัดการและดูแลรักษาสิ่งก่อสร้าง

9.1 หลังการก่อสร้างขั้นบันไดดินเสร็จเรียบร้อย ควรมีการขุดดินในส่วนที่ดินถูกขุดไปถมยังด้านปลายของขั้นบันไดดิน โดยการขุดให้ลึกขวางแนวลาดเทและใส่สารหรือวัสดุ ปรับปรุงบำรุงดิน อาทิเช่น ปูนขาว ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยเคมี เท่าที่จำเป็น

9.2 ขั้นบันไดดินที่ก่อสร้างขึ้นและการเพาะปลูกพืชควรดำเนินการอย่างระมัดระวัง ถ้าเกิดการพังทลายในส่วนใดต้องรีบซ่อมแซมทันทีทันใด

9.3 หญ้าที่ปลูกบนผนังด้านข้างของขั้นบันไดดินต้องดูแลรักษา ต้องมีการตัดเพื่อให้ขยายแผ่ปกคลุมดินให้แน่นหนา

10. การคำนวณปริมาณดินขุดและถมดิน สามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

โดย ชาติชาย พูนพานิชย์

10.1 ปริมาณดินขุด และปริมาณดินถมสามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

สูตรที่ใช้ $V = \frac{A \times 100^2}{d}$ โดย $\frac{1}{\mu} = \frac{1}{0.5}$

โดยความลาดเอียงของผนังด้านข้างของขั้นบันได (ความสูง : พื้นราบ) = 1: 0.5

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ในสูตรข้างบน กล่าวมาแล้วให้ย้อนกลับไปทบทวนดูข้อ 6 เพื่อให้การปฏิบัติเป็นไปด้วยสะดวก ดังนั้น จากสูตรข้างบนทำเป็นตาราง ดังตารางที่ 1 ด้านหลัง ซึ่งดัดแปลงมาจากปริมาณดินขุดและถม จากตารางของ T.C Sheng 1977

11. การคำนวณค่าดินขุดและดินถม โดย ชาติชาย พูนพานิชย์

ใช้ราคาวัสดุก่อสร้างมวลรวมต่อหน่วยตามมาตรฐานงานช่าง ซึ่งวัดโดยสำนักมาตรฐานงบประมาณ สำนักงบประมาณ มกราคม 2543 ดังนี้

จากหมวดงานดิน

11.1 โดยใช้แรงคน ค่าขุดดิน 65 บาท/ลบ.ม.

รวมค่าแรงดินขุดและดินถม เท่ากับ 65 บาท/ลบ.ม.

11.2 โดยใช้เครื่องจักรกล ค่างานดินขุดเท่ากับ 10.05 บาท/ลบ.ม.

ตัวอย่างการคำนวณค่างานสำหรับดินขุด – ดินถม เมื่อต้องการสร้างขั้นบันไดดินแบบเก็บกักน้ำได้

ตัวอย่างที่ 1 ถ้าเกษตรกรมีพื้นที่ขนาด 10 ไร่ ความลาดเทของพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 20 องศา หรือเท่ากับ 36.4 % เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว ความลึกของดินก่อนพบชั้นหินเท่ากับ 200 ซม. ถ้าเกษตรกรต้องการปลูกข้าวนาดำ จะต้องลงทุนในการจัดเตรียมพื้นที่เท่าไหร่ ใช้เวลาเตรียมพื้นที่กี่วัน โดยเปรียบเทียบระหว่างการใช้แรงงานคนขุดกับเครื่องจักรกล

วิธีการดำเนินการหาคำตอบ ใช้ตารางที่ 1 ด้านหลัง เป็นเครื่องมือหาคำตอบ

ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาความเป็นไปได้ของขนาดความกว้างขั้นบันไดดินแบบระดับเก็บกักน้ำ เพื่อการเพาะปลูกข้าวนาดำ โดยใช้ตารางที่ 1 ช่อง W(m) ซึ่งหมายถึงความกว้างของขั้นบันไดดินตามแนวตั้งของตารางที่มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 1.5 เมตร และใช้ช่อง $Ø^{(O)}$ ซึ่งหมายถึง ความลาดเทของพื้นที่จากตัวอย่างพื้นที่ลาดเท 20 องศา โดยยึดหลักเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

หลักเกณฑ์ที่ 1 ความกว้างของขั้นบันไดจะถูกจำกัดด้วยความลึกของดิน กล่าวคือ ค่า VI ต้องไม่มากกว่าความลึกของดินลบด้วย 100 ซม. เพื่อให้ดินตรงบริเวณด้านในสุดของขั้นบันไดลึกพอสำหรับรากพืชเศรษฐกิจต่างๆ แต่ถ้าเป็นข้าวนาดำอาจใช้ค่าความลึกของดินสำหรับรากพืชเท่ากับ 50 ซม. ก็ได้ แต่ถ้าใช้ 100 ซม. จะเหมาะสมที่สุด ค่า VI ของขั้นบันได คือ ค่าความแตกต่างของระดับความสูงตามแนวดิ่งของขั้นบันไดดินแต่ละขั้น หรือ มีค่าเท่ากับความสูงของผนังขั้นบันไดดินในแต่ละขั้นนั้นเอง

หลักเกณฑ์ที่ 2 ความกว้างของขั้นบันไดดินที่เป็นไปได้ (ช่องที่ 1 แถวตั้ง) ขึ้นกับความลึกของค่า VI ที่มีค่าต่ำกว่าความลึกของดิน (200 ซม.) ลบด้วย 100 ซม. เหลือ 100 ซม.

จากหลักเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้น เมื่อใช้ตารางที่ 1 ได้ความกว้างของขั้นบันไดดินที่เป็นไปได้ดังต่อไปนี้ 4 ทางเลือก คือ

ทางเลือกที่ 1 ถ้าต้องการขั้นบันไดดินกว้าง 1 เมตร จะได้ค่า VI = 0.445 เมตร

ทางเลือกที่ 2 ถ้าต้องการขั้นบันไดดินกว้าง 1.5 เมตร จะได้ค่า VI = 0.667 เมตร

ทางเลือกที่ 3 ถ้าต้องการขั้นบันไดดินกว้าง 2 เมตร จะได้ค่า VI = 0.890 เมตร หรือ 89 ซม.

ทางเลือกที่ 4 ถ้าต้องการทำขั้นบันไดดินกว้าง 2.5 เมตร จะได้ค่า VI = 1.112 เมตร **ไม่ควรเลือก** เนื่องจาก ถ้าใช้ขนาดนี้ตอนในสุดของขั้นบันไดดินจะเหลือดินลึกเพียง 88 ซม. ตื้นเกินไปที่จะใช้พื้นที่ในการปลูก พืชเศรษฐกิจที่มีราคาแพงให้ผลตอบแทนสูงกว่าการปลูกข้าว ตามสภาวะของเศรษฐกิจและสังคมที่อาจเปลี่ยนแปลงได้ในอนาคต

ขั้นตอนที่ 2 การคำนวณดินขุด ดินถม ของแต่ละทางเลือก โดยใช้ตารางที่ 1 ผลดังต่อไปนี้

ทางเลือกที่ 1 ปริมาณดินขุดและดินถมเท่ากับ 455 ลบ.ม./เฮกตาร์ หรือเท่ากับ 72.8 ลบ.ม./ไร่ (ค่า A จากตารางที่ 1 และ 2)

ทางเลือกที่ 2 ปริมาณดินขุดและดินถมเท่ากับ 682.5 ลบ.ม./เฮกตาร์ หรือเท่ากับ 109.2 ลบ.ม./ไร่ (ค่า A จากตารางที่ 1 และ 2)

ทางเลือกที่ 3 ปริมาณดินขุดและดินถมเท่ากับ 910 ลบ.ม./เฮกตาร์ หรือเท่ากับ 145.6 ลบ.ม./ไร่ (ค่า A จากตารางที่ 1 และ 2)

ขั้นตอนที่ 3 การคิดค่างานสำหรับดินตัดดินถม

ใช้ราคากลางของสำนักงบประมาณ (ปี 2546) ดังนี้

3.1 ค่าแรงงานคนขุด, ถม เท่ากับ 65 บาท/ลบ.ม.

3.2 ค่าแรงงานรถขุด, ถม เท่ากับ 10.05 บาท/ลบ.ม.

ขั้นตอนที่ 4 การคิดค่างานสำหรับดินตัดดินถม

โดยใช้ตารางที่ 3 ด้านหลัง ได้ผลดังนี้

ทางเลือกที่ 1 ความกว้างของขั้นบันไดดิน 1 เมตร

ถ้าใช้แรงคน เท่ากับ 4,732 บาท/ไร่ พื้นที่ 10 ไร่ เท่ากับ 47,320 บาท

ถ้าใช้เครื่องจักรกลเท่ากับ731.64บาท/ไร่ พื้นที่ 10ไร่ เท่ากับ 7,316.4บาท

ทางเลือกที่ 2 ความกว้างของขั้นบันไดดิน 1.5 เมตร

ถ้าใช้แรงคน เท่ากับ 7,096 บาท/ไร่ พื้นที่ 10 ไร่ เท่ากับ 70,960 บาท

ถ้าใช้เครื่องจักรกลเท่ากับ 1,097.4 บาท/ไร่ พื้นที่ 10ไร่ เท่ากับ10,974 บาท

ทางเลือกที่ 3 ความกว้างของขั้นบันไดดิน 2 เมตร

ถ้าใช้แรงคน เท่ากับ 9,464 บาท/ไร่ พื้นที่ 10 ไร่ เท่ากับ 94,640 บาท

ถ้าใช้เครื่องจักรกลเท่ากับ 1,463.3 บาท/ไร่ พื้นที่ 10ไร่ เท่ากับ 14,633 บาท

ขั้นตอนที่ 5 การคิดเวลางาน ใช้ตารางที่ 4 ดังนี้

ทางเลือกที่ 1 ความกว้างของขั้นบันไดดิน 1 เมตร

ถ้าใช้แรงคนใช้เวลา 43.33 วัน/ไร่ พื้นที่ 10 ไร่ เท่ากับ 433.33 วัน

ถ้าใช้เครื่องจักรกลใช้เวลา 0.73 วัน/ไร่ พื้นที่ 10 ไร่ เท่ากับ 7.3 วัน

ทางเลือกที่ 2 ความกว้างของขั้นบันไดดิน 1.5 เมตร

ถ้าใช้แรงคนใช้เวลา 65 วัน/ไร่ พื้นที่ 10 ไร่ เท่ากับ 650 วัน

ถ้าใช้เครื่องจักรกลใช้เวลา 1.09 วัน/ไร่ พื้นที่ 10 ไร่ เท่ากับ 10.9 วัน

ทางเลือกที่ 3 ความกว้างของขั้นบันไดดิน 2 เมตร

ถ้าใช้แรงคนใช้เวลา 86.67 วัน/ไร่ พื้นที่ 10 ไร่ เท่ากับ 866.7 วัน

ถ้าใช้เครื่องจักรกลใช้เวลา 1.46 วัน/ไร่ พื้นที่ 10 ไร่ เท่ากับ 14.6 วัน

ตัวอย่างที่ 2 ถ้านาย ก. มีพื้นที่ 10 ไร่ ในโครงการพัฒนาพื้นที่ ต.เขาวิเศษ อ.วังวิเศษ จ.ตรัง ความลาดเทของพื้นที่ เท่ากับ 20 % ดินลึก 5 เมตร ต้องการทำขั้นบันไดดิน จะได้ความกว้างของขั้นบันไดดินเท่าใด จำนวนขั้นบันได เท่ากับ กี่ขั้น/ไร่ และค่าก่อสร้างและใช้เวลาก่อสร้าง เท่าใด

คำตอบ จากตารางที่ 5 ของกองช่าง กรมพัฒนาที่ดิน 2546

ใช้ช่วง Slope = 20 %

- จะทำขั้นบันไดดินได้กว้างเท่ากับ 12 เมตร จำนวน 3 ขั้นต่อไร่
- ปริมาณดินขุดดินถมเท่ากับ 432 ลบ.ม./ไร่
- ค่าก่อสร้าง ถ้าใช้แรงคน เท่ากับ 28,080 บาท/ไร่

  พื้นที่ 10ไร่ = 280,800 บาท

  ถ้าใช้เครื่องจักรกล เท่ากับ 5,465 บาท/ไร่

  พื้นที่ 10ไร่ = 54,650 บาท
- ระยะเวลาก่อสร้าง ใช้ตารางที่ 6 ได้ดังนี้

  ถ้าใช้แรงคน เท่ากับ 257.14 วัน

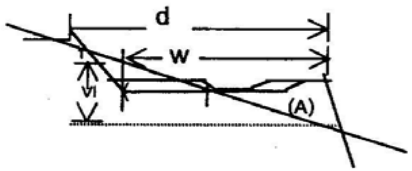
  ถ้าใช้เครื่องจักรกล เท่ากับ 4.32 ชั่วโมง

ตารางที่ 1 แสดงผลการคำนวณปริมาณดินขุด และดินถม สำหรับการก่อสร้างขั้นบันไดดินแบบพื้นราบที่สามารถเก็บกักน้ำได้ (ลบ.ม./เฮกตาร์) (จาก T.C. Shehg 1977)

W(m)	Ø (o)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	S(%)	3.49	5.24	6.99	8.75	10.51	12.28	11.05	15.84	17.63	19.44	21.26	23.09	24.93	26.8	26.7	30.57	32.49	34.4	36.4	38.39	40.4	42.45	44.52	46.63	48.77	50.95	53.17	55.43	57.74
1.00	VI (m)	0.036	0.054	0.072	0.092	0.111	0.131	0.151	0.172	0.193	0.215	0.238	0.261	0.285	0.310	0.34	0.361	0.388	0.416	0.445	0.475	0.506	0.539	0.573	0.608	0.645	0.684	0.724	0.767	0.812
	d (m)	1.02	*1.03	1.04	1.05	1.06	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.17	1.18	1.19	1.21	1.22	1.24	1.25	1.27	1.29	1.30	1.32	1.34	1.36	1.38	1.46
	A (m^2)	0.004	0.007	0.009	0.011	0.014	0.016	0.019	0.022	0.024	0.027	0.030	0.033	0.036	0.039	0.04	0.045	0.049	0.052	0.056	0.059	0.063	0.067	0.072	0.076	0.081	0.085	0.091	0.096	0.101
	V (m^3)	43.6	65.5	87.3	109.4	131.3	153.3	175.6	198.0	222.5	245.4	265.8	288.6	311.6	334.9	358	382.1	406.1	430.4	455.0	479.4	506.1	530.6	556.5	582.9	608.7	636.9	664.6	692.9	721.8
1.50	VI	0.054	0.081	0.109	0.137	0.166	0.196	0.227	0.258	0.290	0.323	0.357	0.392	0.427	0.464	0.5	0.541	0.582	0.624	0.667	0.712	0.759	0.808	0.859	0.912	0.967	1,025	1,086	1,150	1,217
	d	1.53	1.54	1.55	1.57	1.58	1.60	1.61	1.63	1.65	1.66	1.68	1.70	1.71	1.73	1.75	1.77	1.79	1.81	1.83	1.86	1.88	1.90	1.93	1.96	1.98	2.01	2.04	2.08	2.11
	A	0.010	0.015	0.020	0.026	0.031	0.037	0.043	0.048	0.054	0.061	0.067	0.073	0.080	0.087	0.09	0.102	0.109	0.117	0.125	0.133	0.142	0.152	0.161	0.171	0.181	0.192	0.204	0.216	0.228
	V	65.4	98.2	130.9	164.1	197.0	230.2	263.4	297.0	333.7	368.1	398.7	432.9	467.4	502.4	338	573.2	609.1	645.6	682.5	719.1	759.2	795.9	834.7	874.4	913.1	955.3	996.9	1,039	1,083
2.00	VI	0.071	0.108	0.145	0.183	0.222	0.262	0.302	0.344	0.387	0.431	0.476	0.522	0.570	0.619	0.67	0.722	0.776	0.832	0.890	0.949	1,013	1,078	1,145	1,216	1,290	1,367	1,448	1,534	1,624
	d	2.04	2.05	2.07	2.09	2.11	2.13	2.15	2.17	2.19	2.22	2.24	2.26	2.29	2.31	2.33	2.36	2.39	2.42	2.45	2.47	2.51	2.54	2.57	2.61	2.65	2.68	2.72	2.77	2.81
	A	0.018	0.027	0.036	0.046	0.056	0.065	0.076	0.086	0.097	0.107	0.119	0.131	0.142	0.155	0.17	0.180	0.194	0.208	0.222	0.237	0.253	0.269	0.286	0.304	0.322	0.342	0.362	0.383	0.406
	V	87.3	131.0	174.5	218.7	262.7	306.9	351.2	359.9	445.0	490.8	531.5	577.2	623.3	669.9	717	764.2	812.1	860.7	910.0	958.8	1,012	1,061	1,113	1,166	1,217	1,274	1,329	1,386	1,446
2.50	VI	0.089	0.135	0.181	0.229	0.277	0.327	0.378	0.430	0.483	0.538	0.595	0.653	0.712	0.774	0.837	0.902	0.970	1,040	1,112	1,186	1,266	1,347	1,432	1,520	1,612	1,709	1,811	1,917	2,029
	d	2.55	2.57	2.59	2.61	2.64	2.66	2.69	2.72	2.74	2.77	2.8	2.83	2.86	2.89	2.92	2.95	2.99	3.02	3.06	3.09	3.13	3.17	3.22	3.26	3.31	3.35	3.41	3.46	3.51
	A	0.028	0.042	0.057	0.071	0.087	0.102	0.118	0.134	0.151	0.168	0.187	0.204	0.223	0.242	0.26	0.282	0.303	0.325	0.348	0.371	0.396	0.421	0.447	0.475	0.504	0.534	0.566	0.599	0.634
	V	109.1	163.7	218.2	273.4	328.4	383.7	439.0	494.9	556.2	643.5	664.1	721.5	779.1	837.3	896	955.3	1,015	1,076	1,137	1,198	1,265	1,327	1,391	1,457	1,522	1,592	1,662	1,732	1,804
3.00	VI	0.106	0.161	0.217	0.275	0.333	0.392	0.453	0.516	0.580	0.646	0.714	0.783	0.854	0,928	1,004	1,083	1,163	1,248	1,335	1,424	1,519	1,617	1,718	1,820	1,935	2,051	2,173	2,300	2,435
	d	3.05	3.08	3.11	3.14	3.17	3.20	3.23	3.26	3.29	3.32	3.36	3.39	3.43	3.46	3.50	3.54	3.58	3.62	3.67	3.71	3.76	3.81	3.86	3.91	3.97	4.03	4.09	4.15	4.22
	A	0.040	0.061	0.081	0.103	0.125	0.147	0.170	0.194	0.218	0.242	0.268	0.294	0.320	0.348	0.38	0.406	0.437	0.468	0.500	0.537	0.57	0.293	0.644	0.684	0.726	0.769	0.815	0.863	0.914
	V	130.9	196.5	261.8	328.1	394.0	460.4	526.8	593.9	667.5	736.2	797.3	865.8	934.9	1,005	1,075	1,146	1,218	1,291	1,365	1,438	1,518	1,592	1,669	1,749	1,826	1,911	1,994	2,079	2,165
4.00	VI	0.142	0.215	0.289	0.366	0.444	0.523	0.604	0.688	0.773	0.861	0.952	1,044	1,139	1,238	1,339	1,444	1,551	1,664	1,780	1,898	2,025	2,156	2,291	2,432	2,580	2,734	2,897	3,067	3,247
	d	4.07	4.11	4.14	4.18	4.22	4.26	4.30	4.34	4.39	4.43	4.48	4.52	4.57	4.62	4.67	4.72	4.78	4.83	4.89	4.95	5.01	5.08	5.15	5.22	5.29	5.37	5.45	5.53	5.62
	A	0.071	0.108	0.145	0.183	0.222	0.262	0.302	0.344	0.387	0.431	0.476	0.522	0.570	0.619	0.67	0.722	0.776	0.832	0.890	0.949	1,012	1,078	1,145	1,216	1,290	1,367	1,448	1,534	1,624
	V	174.5	262.0	349.1	437.5	525.4	613.9	702.4	791.9	890.0	981.6	1,063	1,154	1,247	1,340	1,433	1,528	1,624	1,721	1,820	1,918	2,024	2,122	2,226	2,332	2,435	2,548	2,659	2,772	2,887
5.00	VI	0.178	0.269	0.362	0.458	0.555	0.654	0.756	0.860	0.967	1,077	1,189	1,305	1,424	1,547	1,673	1,805	1,939	2,080	2,225	2,373	2,532	2,694	2,864	3,041	3,225	3,418	3,621	3,834	4,059
	d	5.09	5.13	5.18	5.23	5.28	5.33	5.38	5.43	5.48	5.04	5.59	5.65	5.71	5.77	5.84	5.90	5.97	6.04	6.11	6.19	6.27	6.35	6.43	6.52	6.61	6.71	6.81	6.92	7.03
	A	0.111	0.168	0.226	0.286	0.347	0.409	0.472	0.538	0.604	0.673	0.743	0.816	0.890	0.967	1,046	1,128	1,213	1,300	1,390	1,483	1,582	1,684	1,790	1,900	2,016	2,137	2,263	2,396	2,538
	V	218.1	327.4	436.3	546.9	656.7	767.3	878.0	989.9	1,112	1,227	1,329	1,443	1,558	1,675	1,792	1,911	2,030	2,152	2,275	2,397	2,531	2,653	2,782	2,915	3,044	3,184	3,323	3,464	3,609

ตารางที่ 1 (ต่อ)

W(m)	Ø (0)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	S(%)	3.49	5.24	6.99	8.75	10.51	12.28	11.05	15.84	17.63	19.44	21.26	23.09	24.93	26.8	26.7	30.57	32.49	34.4	36.4	38.39	40.4	42.45	44.52	46.63	48.77	50.95	53.17	55.43	57.74
6.00	VI	0.213	0.323	0.434	0.549	0.665	0.785	0.907	1,032	1,160	1,292	1,427	1,566	1,709	1,857	2,008	2,165	2,327	2,495	2,670	2,847	3,078	3,233	3,436	3,648	3,869	4,102	4,345	4,601	4,871
	d	6.11	6.16	6.22	6.27	6.33	6.39	6.45	6.52	6.58	6.65	6.71	6.78	6.85	6.93	7.00	7.08	7.16	7.25	7.34	7.42	7.54	7.62	7.72	7.82	7.93	8.05	8.17	8.30	8.44
	A	0.160	0.242	0.326	0.412	0.499	0.589	0.680	0.774	0.870	0.969	1,071	1,175	1,282	1,393	1,506	1,624	1,746	1,872	2,002	2,135	2,278	2,425	2,577	2,736	2,902	3,077	3,259	3,451	3,654
	V	261.8	392.9	523.6	656.2	778.1	920.8	1,054	1,188	1,335	1,472	1,595	1,732	1,870	2,010	2,150	2,292	2,436	2,582	2,730	2,876	3,037	3,184	3,339	3,497	3,652	3,821	3,988	4,157	4,331
7.00	VI	0.248	0.377	0.504	0.641	0.776	0.916	1,058	1,204	1,353	1,507	1,665	1,827	1,994	2,166	2,343	2,526	2,715	2,911	3,115	3,322	3,544	3,772	4,009	4,257	4,514	4,785	5,069	5,368	5,683
	d	7.13	7.19	7.25	7.32	7.39	7.46	7.53	7.60	7.67	7.75	7.83	7.91	8.00	8.08	8.17	8.26	8.36	8.46	8.56	8.66	8.77	8.88	9.00	9.13	9.26	9.39	9.53	9.68	9.84
	A	0.218	0.330	0.443	0.560	0.679	0.801	0.926	1,054	1,184	1,319	1,457	1,599	1,744	1,896	2,050	2,210	2,377	2,548	2,724	2,906	3,101	3,301	3,507	3,724	3,950	4,188	4,436	4,697	4,974
	V	305.4	458.4	610.9	765.6	919.4	1,074	1,229	1,386	1,557	1,718	1,860	2,020	2,181	2,345	2,509	2,675	2,842	3,031	3,185	3,356	3,543	3,714	3,895	1,080	4,261	4,450	4,652	4,851	5,052
8.00	VI	0.284	0.430	0.579	0.732	0.887	10,464	12,089	13,762	15,467	17,226	1,903	2,088	2,278	2,476	2,677	2,886	3,102	3,327	3,560	3,795	4,050	4,311	4,582	4,865	5,159	5,469	5,794	6,134	6,494
	d	8.14	8.22	8.29	8.37	8.44	8.52	8.60	8.69	8.77	8.86	8.95	9.04	9.14	9.24	9.34	9.44	9.55	9.66	9.78	9.90	10.03	10.16	10.29	10.43	10.58	10.73	10.90	11.07	11.25
	A	0.284	0.43	0.579	0.732	0.887	1,046	1,209	1,376	1,546	1,723	1,903	2,088	2,278	2,476	2,677	2,886	3,104	3,328	3,558	3,795	4,050	4,244	4,581	4,789	5,079	5,469	5,794	6,134	6,496
	V	349.0	523.9	698.1	875.0	1,051	1,228	1,405	1,584	1,780	1,963	2,126	2,309	2,493	2,680	2,867	3,057	3,248	3,443	3,640	3,835	4,049	4,245	4,452	4,663	4,862	5,095	5,317	5,543	5,774
10.00	VI	0.355	0.538	0.723	0.915	1,109	1,308	1,511	1,720	1,933	2,153	2,379	2,610	2,848	3,095	3,347	3,609	3,878	4,159	4,450	4,745	5,063	5,389	5,727	6,081	6,449	6,836	7,242	7,669	8,118
	d	10.18	10.27	10.36	10.46	10.55	10.65	10.76	10.86	10.97	11.08	11.19	11.31	11.42	11.48	11.7	11.80	11.94	12.08	12.23	12.37	12.53	12.69	12.86	13.04	13.22	13.42	13.62	13.83	14.06
	A	0.444	0.673	0.904	1,114	1,386	1,635	1,889	2,150	2,416	2,692	2,974	3,263	3,560	3,868	4,183	4,510	4,850	5,200	5,560	5,931	6,328	6,736	7,158	7,601	8,062	8,546	9,053	9,585	10.15
	V	436.3	654.9	872.7	1,094	1,313	1,535	1,756	1,980	2,225	2,454	2,658	2,886	3,116	3,349	3,584	3,821	4,061	4,304	4,550	4,794	5,061	5,306	5,565	5,829	6,087	6,369	6,646	6,929	7,218
12.00	VI	0.426	0.646	0.868	1,098	1,331	1,569	1,813	2,064	2,320	2,584	2,855	3,132	3,418	3,714	4,016	4,331	4,654	4,991	5,340	5,694	6,076	6,407	6,872	7,297	7,739	8,203	8,690	9,202	9,741
	d	12.22	12.32	12.43	12.5	12.67	12.78	12.91	13.03	13.16	13.29	13.43	13.57	13.71	13.86	14.01	14.17	14.33	14.50	14.67	14.85	15.04	15.23	15.43	15.65	15.87	16.10	16.43	16.60	16.87
	A	0.639	0.968	1,302	1,647	1,996	2,354	2,720	3,096	3,479	3,876	4,282	4,699	5,126	5,570	6,024	6,494	6,984	7,488	8,006	8,539	9,112	9,700	10.31	10.95	11.61	12.31	13.04	13.80	14.62
	V	523.5	785.9	1,047	1,313	1,576	1,842	2,107	2,376	2,670	2,945	3,189	3,463	3,740	4,019	4,300	4,585	4,873	5,164	5,460	5,753	6,073	6,367	6,678	6,995	7,305	7,643	7,976	8,314	8,661
15.00	VI	0.532	0.807	1,085	1,373	1,664	1,962	2,267	2,580	2,900	3,230	3,568	3,916	4,272	4,642	5,020	5,414	5,817	6,239	6,675	7,118	7,595	8,084	8,591	9,122	9,674	10,254	10,863	11,502	12,177
	d	15.27	15.40	15.54	15.69	15.83	15.98	16.13	16.29	16.45	16.62	16.78	16.91	17.14	17.32	17.5	17.71	17.91	18.12	18.34	18.56	18.80	19.04	19.3	19.56	19.84	20.13	20.43	20.75	21.09
	A	0.999	1,513	2,035	2,573	3,119	3,679	4,249	4,838	5,437	6,056	6,691	7,342	8,010	8,704	9,413	10.15	10.91	11.70	12.51	13.34	14.24	15.16	16.11	17.1	18.14	19.23	20.37	21.51	22.84
	V	6,544	982.3	1,309	1,641	1,970	2,302	2,634	2,970	3,337	3,681	3,686	4,329	4,674	5,024	5,376	5,732	6,091	6,456	6,825	7,191	7,529	7,959	8,347	8,744	9,131	9,553	9,969	10,393	10,826



$VI = \frac{W.S.}{100 - S.\mu}$ $d = \frac{W + VI}{2} = \frac{100\,V\,I}{S}$ $A = \frac{W\,.\,VI}{8}$ $V = \frac{A \times 100^2}{d}$, $\frac{1}{\mu} = \frac{1}{0.5}$ (**ที่มา :** T.C Cheng 1977)

* ค่า VI คือ ความแตกต่างด้านความสูงของขั้นบันไดดินแต่ละขั้น ในแนวดิ่ง (เมตร)
* ค่า V คือ ปริมาณดินขุด ดินถม (ลบ.ม./เฮกตาร์)
* ค่า W คือ ความกว้างของตัวขั้นบันไดดินแต่ละขั้น (เมตร)
* ค่า d คือ ความกว้างของขั้นบันไดดินและผนังด้านข้าง รวมกัน (เมตร)
* ค่า S คือ ความลาดเทของพื้นที่ (เปอร์เซ็นต์)
* ค่า Ø คือ ความลาดเทของพื้นที่ (องศา)

ตารางที่ 2 แสดงผลการคำนวณปริมาณดินขุด และดินถม สำหรับการก่อสร้างขั้นบันไดดินแบบพื้นราบที่สามารถเก็บกักน้ำได้ (ลบ.ม. / ไร่)

W(m)	Ø (o)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	S(%)	3.5	5.2	7.0	8.8	10.5	12.3	11.1	15.8	17.6	19.4	21.3	23.1	24.9	26.8	26.7	30.6	32.5	34.4	36.4	38.4	40.4	42.5	44.5	46.6	48.8	51.0	53.2	55.4	57.7
1.00	V(m^3)	7.0	10.5	14.0	17.5	21.0	24.5	28.1	31.7	35.6	39.3	42.5	46.2	49.9	53.6	57.3	61.1	65.0	68.9	72.8	76.7	81.0	84.9	89.0	93.3	97.4	101.9	106.3	110.9	115.5
1.50	V	10.5	15.7	20.9	26.3	31.5	36.8	42.1	47.5	53.4	58.9	63.8	69.3	74.8	80.4	54.0	91.7	97.5	103.3	109.2	115.1	121.5	127.3	133.6	139.9	146.1	152.8	159.5	166.2	173.3
2.00	V	14.0	21.0	27.9	35.0	42.0	49.1	56.2	57.6	71.2	78.5	85.0	92.4	99.7	107.2	114.7	122.3	129.9	137.7	145.6	153.4	161.9	169.8	178.1	186.6	194.7	203.8	212.6	221.8	231.4
2.50	V	17.5	26.2	34.9	43.7	52.5	61.4	70.2	79.2	89.0	103.0	106.3	115.4	124.7	134.0	143.3	152.8	162.4	172.2	181.9	191.7	202.4	212.3	222.6	233.1	243.5	254.7	265.9	277.1	288.6
3.00	V	20.9	31.4	41.9	52.5	63.0	73.7	84.3	95.0	106.8	117.8	127.6	138.5	149.6	160.8	172.0	183.4	194.9	206.6	218.4	230.1	242.9	254.7	267.0	279.8	292.2	305.8	319.0	332.6	346.4
4.00	V	27.9	41.9	55.9	70.0	84.1	98.2	112.4	126.7	142.4	157.1	170.1	184.6	199.5	214.4	229.3	244.5	259.8	275.4	291.2	306.9	323.8	339.5	356.2	373.1	389.6	407.7	425.4	443.5	461.9
5.00	V	34.9	52.4	69.8	87.5	105.1	122.8	140.5	158.4	177.9	196.3	212.6	230.9	249.3	268.0	286.7	305.8	324.8	344.3	364.0	383.5	405.0	424.5	445.1	466.4	487.0	509.4	531.7	554.2	577.4
6.00	V	41.9	62.9	83.8	105.0	124.5	147.3	168.6	190.1	213.6	235.5	255.2	277.1	299.2	321.6	344.0	366.7	389.8	413.1	436.8	460.2	485.9	509.4	534.2	559.5	584.3	611.4	638.1	665.1	693.0
7.00	V	48.9	73.3	97.7	122.5	147.1	171.8	196.6	221.8	249.1	274.9	297.6	323.2	349.0	375.2	401.4	428.0	454.7	485.0	509.6	537.0	566.9	594.2	623.2	172.8	681.8	712.0	744.3	776.2	808.3
8.00	V	55.8	83.8	111.7	140.0	168.2	196.5	224.8	253.4	284.8	314.1	340.2	369.4	398.9	428.8	458.7	489.1	519.7	550.9	582.4	613.6	647.8	679.2	712.3	746.1	777.9	815.2	850.7	886.9	923.8
10.00	V	69.8	104.8	139.6	175.0	210.1	245.6	281.0	316.8	356.0	392.6	425.3	461.8	498.6	535.8	573.4	611.4	649.8	688.6	728.0	767.0	809.8	849.0	890.4	932.6	973.9	1,019.0	1,063.4	1,108.6	1,154.9
12.00	V	83.8	125.7	167.5	210.1	252.2	294.7	337.1	380.2	427.2	471.2	510.2	554.1	598.4	643.0	688.0	733.6	779.7	826.2	873.6	920.5	971.7	1,018.7	1,068.5	1,119.2	1,168.8	1,222.9	1,276.2	1,330.2	1,385.8
13.00	V	1,047.0	157.2	209.4	262.6	315.2	368.3	421.4	475.2	533.9	589.0	589.8	692.6	747.8	803.8	860.2	917.1	974.6	1,033.0	1,092.0	1,150.6	1,204.6	1,273.4	1,335.5	1,399.0	1,461.0	1,528.5	1,595.0	1,662.9	1,732.2

ที่มา : ดัดแปลงมาจากตารางที่ 1 ของ T.C.Sheng 1977, (Ø)

หมายเหตุ : 1. ช่วง Ø ตามแนวนอนของตาราง คือ ความลาดเทของพื้นที่ (องศา) 2. S(%) ตามแนวนอนของตาราง คือ ความลาดเทของพื้นที่ (เปอร์เซ็นต์)

3. V ตามแนวนอนของตาราง คือปริมาณดินขุดดินถม (ลบ.ม./ไร่) 4. ช่อง W (m) ตามแนวตั้งของตาราง คือ ความกว้างของขั้นบันไดดิน (เมตร)

ตารางที่ 3 แสดงราคางาน ของการก่อสร้างขั้นบันไดดินแบบพื้นราบ ที่สามารถเก็บกักน้ำได้ (บาท/ไร่)

W(m)	ø(°)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	S(%)	3.49	5.24	6.99	8.75	10.51	12.28	11.05	15.84	17.63	19.44	21.26	23.09	24.93	26.8	26.67	30.57	32.49	34.4	36.4	38.39	40.4	42.45	44.52	46.63	48.77	50.95	53.17	55.43	57.74
1.00	แรงคน	455	683	910	1,138	1,365	1593	1,827	2,061	2,314	2,555	2,763	3,003	3,244	3,484	3,725	3,972	4,225	4,479	4,732	4,986	5,265	5,519	5,785	6,065	6,331	6,624	6,910	7,209	7,508
	เครื่องจักร	70	106	141	176	211	246	283	319	358	395	427	464	502	539	576	614	653	693	732	771	814	853	895	938	979	1,024	1,068	1,115	1,161
1.50	แรงคน	683	1,021	1,359	1,710	2,048	2,392	2,737	3,088	3,471	3,829	4,147	4,505	4,862	5,226	3,510	5,961	6,338	6,715	7,098	7,482	7,898	8,275	8,684	9,094	9,497	9,932	10,368	10,803	11,265
	เครื่องจักร	106	158	210	264	317	370	423	477	537	592	641	697	752	808	543	922	980	1,038	1,097	1,157	1,221	1,279	1,343	1,406	1,468	1,536	1,603	1,670	1,742
2.00	แรงคน	910	1,365	1,814	2,275	2,730	3,192	3,653	3,744	4,628	5,103	5,525	6,006	6,481	6,968	7,456	7,950	8,444	8,951	9,464	9,971	10,524	11,037	11,577	12,129	12,656	13,247	13,819	14,417	15,041
	เครื่องจักร	141	211	280	352	422	494	565	579	716	789	854	929	1,002	1,077	1,153	1,229	1,306	1,384	1,463	1,542	1,627	1,706	1,790	1,875	1,957	2,048	2,137	2,229	2,326
2.50	แรงคน	1,138	1,703	2,269	2,841	3,413	3,991	4,563	5,148	5,785	6,695	6,910	7,501	8,106	8,710	9,315	9,932	10,556	11,193	11,824	12,461	13,156	13,800	14,469	15,152	15,828	16,556	17,284	18,012	18,759
	เครื่องจักร	176	263	351	439	528	617	706	796	894	1,035	1,068	1,160	1,253	1,347	1,440	1,536	1,632	1,731	1,828	1,927	2,034	2,134	2,237	2,343	2,447	2,560	2,672	2,785	2,900
3.00	แรงคน	1,359	2,041	2,724	3,413	4,095	4,791	5,480	6,175	6,942	7,657	8,294	9,003	9,724	10,452	11,180	11,921	12,669	13,429	14,196	14,957	15,789	16,556	17,355	18,187	18,993	19,877	20,735	21,619	22,516
	เครื่องจักร	210	316	421	528	633	741	847	955	1,073	1,184	1,282	1,392	1,503	1,616	1,729	1,843	1,959	2,076	2,195	2,313	2,441	2,560	2,683	2,812	2,937	3,073	3,206	3,343	3,481
4.00	แรงคน	1,814	2,724	3,634	4,550	5,467	6,383	7,306	8,236	9,256	10,212	11,057	11,999	12,968	13,936	14,905	15,893	16,887	17,901	18,928	19,949	21,047	22,068	23,153	24,252	25,324	26,501	27,651	28,828	30,024
	เครื่องจักร	280	421	562	704	845	987	1,130	1,273	1,431	1,579	1,710	1,855	2,005	2,155	2,305	2,457	2,611	2,768	2,927	3,084	3,254	3,412	3,580	3,750	3,915	4,097	4,275	4,457	4,642
5.00	แรงคน	2,269	3,406	4,537	5,688	6,832	7,982	9,133	10,296	11,564	12,760	13,819	15,009	16,205	17,420	18,636	19,877	21,112	22,380	23,660	24,928	26,325	27,593	28,932	30,316	31,655	33,111	34,561	36,023	37,531
	เครื่องจักร	351	527	701	879	1,056	1,234	1,412	1,592	1,788	1,973	2,137	2,321	2,506	2,693	2,881	3,073	3,264	3,460	3,658	3,854	4,070	4,266	4,473	4,687	4,894	5,119	5,344	5,570	5,803
6.00	แรงคน	2,724	4,089	5,447	6,825	8,093	9,575	10,959	12,357	13,884	15,308	16,588	18,012	19,448	20,904	22,360	23,836	25,337	26,852	28,392	29,913	31,584	33,111	34,723	36,368	38,630	39,741	41,477	43,232	45,045
	เครื่องจักร	421	632	842	1,055	1,251	1,480	1,694	1,911	2,147	2,367	2,565	2,785	3,007	3,232	3,457	3,685	3,917	4,152	4,390	4,625	4,883	5,119	5,369	5,623	5,973	6,145	6,413	6,684	6,965
7.00	แรงคน	3,179	4,765	6,351	7,963	9,562	11,167	12,779	14,417	16,192	17,869	19,344	21,008	22,685	24,388	26,091	27,820	29,556	31,525	33,124	34,905	36,849	38,623	40,508	11,232	44,317	46,280	48,380	50,453	52,540
	เครื่องจักร	492	737	982	1,231	1,478	1,727	1,976	2,229	2,504	2,763	2,991	3,248	3,507	3,771	4,034	4,301	4,570	4,874	5,121	5,397	5,697	5,972	6,263	1,737	6,852	7,156	7,480	7,801	8,123
8.00	แรงคน	3,627	5,447	7,261	9,100	10,933	12,773	14,612	16,471	18,512	20,417	22,113	24,011	25,929	27,872	29,816	31,792	33,781	35,809	37,856	39,884	42,107	44,148	46,300	48,497	50,564	52,988	55,296	57,649	60,047
	เครื่องจักร	561	842	1,123	1,407	1,690	1,975	2,259	2,547	2,862	3,157	3,419	3,712	4,009	4,309	4,610	4,916	5223	5,537	5,853	6,167	6,510	6,826	7,159	7,498	7,818	8,193	8,550	8,913	9,284
10.00	แรงคน	4,537	6,812	9,074	11,375	13,657	15,964	18,265	20,592	23,140	25,519	27,645	30,017	32,409	34,827	37,271	39,741	42,237	44,759	47,320	49,855	52,637	55,185	57,876	60,619	63,304	66,235	69,121	72,059	75,069
	เครื่องจักร	701	1,053	1,403	1,759	2,112	2,468	2,824	3,184	3,578	3,946	4,274	4,641	5,011	5,385	5,763	6,145	6,530	6,920	7,316	7,708	8,138	8,532	8,949	9,373	9,788	10,241	10,687	11,141	11,607
12.00	แรงคน	5,447	8,171	10,888	13,657	16,393	19,156	21,912	24,713	27,768	30,628	33,163	36,017	38,896	41,795	44,720	47,684	50,681	53,703	56,784	59,833	63,161	66,216	69,453	72,748	75,972	79,489	82,953	86,463	90,077
	เครื่องจักร	842	1,263	1,683	2,112	2,535	2,962	3,388	3,821	4,293	4,736	5,128	5,569	6,014	6,462	6,914	7,373	7,836	8,303	8,780	9,251	9,766	10,238	10,739	11,248	11,746	12,290	12,826	13,369	13,927
13.00	แรงคน	68,055	10,218	13,611	17,069	20,488	23,940	27,391	30,888	34,704	38,285	38,337	45,019	48,607	52,247	55,913	59,612	63,349	67,145	70,980	74,789	78,299	82,771	86,808	90,935	94,965	99,353	103,675	108,089	112,593
	เครื่องจักร	13,245	1,989	2,649	3,322	3,987	4,659	5,331	6,011	6,754	7,451	7,461	8,761	9,460	10,168	10,882	11,601	12,329	13,067	13,814	14,555	15,238	16,109	16,894	17,697	18,482	19,336	20,177	21,036	21,912

หมายเหตุ : 1. ตารางที่ 3 ได้จาก การคำนวณต่อเนื่องจากตารางที่ 2 2. ค่าแรงงานคนขุด เท่ากับ 65 บาท ต่อปริมาณดิน 1 ลบ.ม. (ใช้งบราคากลางของสำนักงบประมาณ)

3. ค่าแรงงานรถขุด เท่ากับ 10.05 บาท ต่อปริมาณดิน 1 ลบ.ม. (ใช้งบราคากลางของสำนักงบประมาณ)

ตารางที่ 4 แสดงเวลาทำงาน ในการจัดเตรียมพื้นที่ปลูกข้าวแบบขั้นบันไดดิน (แรงคน หน่วยเป็นวัน/ไร่, เครื่องจักร หน่วยเป็นชั่วโมง/ไร่)

W(m)	ø(°)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	S(%)	3.49	5.24	6.99	8.75	10.51	12.28	11.05	15.84	17.63	19.44	21.26	23.09	24.93	26.8	26.67	30.57	32.49	34.4	36.4	38.39	40.4	42.45	44.52	46.63	48.77	50.95	53.17	55.43	57.74
1.00	แรงคน	4.17	6.25	8.33	10.42	12.50	14.58	16.73	18.87	21.19	23.39	25.30	27.50	29.70	31.90	34.11	36.37	38.69	41.01	43.33	45.65	48.21	50.54	52.98	55.54	57.98	60.65	63.27	66.01	68.75
	เครื่องจักร	0.07	0.11	0.14	0.18	0.21	0.25	0.28	0.32	0.36	0.39	0.43	0.46	0.50	0.54	0.57	0.61	0.65	0.69	0.73	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97	1.02	1.06	1.11	1.16
1.50	แรงคน	6.25	9.35	12.44	15.65	18.75	21.90	25.06	28.27	31.79	35.06	37.98	41.25	44.52	47.86	32.14	54.58	58.04	61.49	65.00	68.51	72.32	75.77	79.52	83.27	86.96	90.95	94.94	98.93	103.15
	เครื่องจักร	0.11	0.16	0.21	0.26	0.32	0.37	0.42	0.48	0.53	0.59	0.64	0.69	0.75	0.80	0.54	0.92	0.98	1.03	1.09	1.15	1.22	1.27	1.34	1.40	1.46	1.53	1.60	1.66	1.73
2.00	แรงคน	8.33	12.50	16.61	20.83	25.00	29.23	33.45	34.29	42.38	46.73	50.60	55.00	59.35	63.81	68.27	72.80	77.32	81.96	86.67	91.31	96.37	101.07	106.01	111.07	115.89	121.31	126.55	132.02	137.74
	เครื่องจักร	0.14	0.21	0.28	0.35	0.42	0.49	0.56	0.58	0.71	0.79	0.85	0.92	1.00	1.07	1.15	1.22	1.30	1.38	1.46	1.53	1.62	1.70	1.78	1.87	1.95	2.04	2.13	2.22	2.31
2.50	แรงคน	10.42	15.60	20.77	26.01	31.26	36.55	41.79	47.14	52.98	61.31	63.27	68.69	74.23	79.76	86.30	90.95	96.67	102.50	108.27	114.11	120.48	126.37	132.50	138.75	144.94	151.61	158.27	164.94	171.79
	เครื่องจักร	0.18	0.26	0.35	0.44	0.53	0.61	0.70	0.79	0.89	1.03	1.06	1.15	1.25	1.34	1.43	1.53	1.62	1.72	1.82	1.92	2.02	2.12	2.23	2.33	2.44	2.55	2.66	2.77	2.89
3.00	แรงคน	12.44	18.69	24.94	31.25	37.50	43.87	50.18	56.55	63.57	70.12	75.96	82.44	89.05	95.71	102.38	109.17	116.01	122.98	130.00	136.96	144.58	151.61	158.93	166.55	173.93	182.02	189.88	197.98	206.19
	เครื่องจักร	0.21	0.31	0.42	0.53	0.63	0.74	0.84	0.95	1.07	1.18	1.28	1.39	1.50	1.61	1.72	1.83	1.95	2.07	2.18	2.30	2.43	2.55	2.67	2.80	2.92	3.06	3.19	3.33	3.46
4.00	แรงคน	16.61	24.94	33.27	41.67	50.06	58.45	66.90	75.42	84.76	93.51	101.25	109.88	118.75	127.62	136.49	145.54	154.64	163.93	173.33	182.68	192.74	202.08	212.02	222.06	231.90	242.68	253.21	263.99	274.94
	เครื่องจักร	0.28	0.42	0.56	0.70	0.84	0.98	1.12	1.27	1.42	1.57	1.70	1.85	2.00	2.14	2.29	2.45	2.60	2.75	2.91	3.07	3.24	3.40	3.56	3.73	3.90	4.08	4.25	4.44	4.62
5.00	แรงคน	20.77	31.19	41.55	52.08	62.56	73.10	83.63	94.29	105.89	116.85	126.55	137.44	148.39	159.52	170.65	182.02	193.33	204.94	216.67	228.27	241.07	252.68	264.94	277.62	289.88	303.21	316.49	329.88	343.69
	เครื่องจักร	0.35	0.52	0.70	0.88	1.05	1.23	1.41	1.58	1.78	1.96	2.13	2.31	2.49	2.68	2.87	3.06	3.25	3.44	3.64	3.84	4.05	4.26	4.45	4.66	4.87	5.09	5.32	5.54	5.77
6.00	แรงคน	24.94	37.44	49.88	62.50	74.11	87.68	100.36	113.15	127.14	140.18	151.90	164.94	178.10	191.43	204.76	218.27	232.02	245.89	260.00	273.93	289.23	303.21	317.98	333.04	353.75	353.93	379.82	395.89	412.50
	เครื่องจักร	0.42	0.63	0.84	1.05	1.25	1.47	1.69	1.90	2.14	2.36	2.55	2.77	2.99	3.22	3.44	3.67	3.90	4.13	4.37	4.60	4.86	5.09	5.34	5.60	5.94	6.11	6.38	6.65	6.93
7.00	แรงคน	29.11	43.63	58.15	72.92	87.56	102.26	117.02	132.02	148.27	163.63	177.14	192.38	207.74	223.33	238.93	254.76	270.65	288.69	303.33	319.64	337.44	353.69	370.95	102.86	405.83	423.81	443.04	462.02	481.13
	เครื่องจักร	0.49	0.73	0.98	1.23	1.47	1.72	1.97	2.22	2.49	2.75	2.98	3.23	3.49	3.75	4.01	4.28	4.55	4.85	5.10	5.37	5.67	5.94	6.23	1.73	6.82	7.12	7.44	7.76	8.08
8.00	แรงคน	33.21	49.88	66.49	83.33	100.12	116.96	133.81	150.83	169.52	186.96	202.50	219.88	237.44	255.24	273.04	291.13	309.35	327.92	346.67	365.24	385.60	404.29	423.99	444.11	463.04	485.24	506.37	527.92	549.88
	เครื่องจักร	0.56	0.84	1.12	1.40	1.68	1.97	2.25	2.53	2.85	3.14	3.40	3.69	3.99	4.29	4.59	4.89	5.20	5.51	5.82	6.14	6.48	6.79	7.12	7.46	7.78	8.15	8.51	8.87	9.24
10.00	แรงคน	41.55	62.38	83.10	104.17	125.06	146.19	167.26	188.57	211.90	233.69	253.15	274.88	296.79	318.93	341.31	363.93	386.79	409.88	433.33	456.65	482.02	505.36	530.00	555.12	579.70	606.55	632.98	659.88	687.44
	เครื่องจักร	0.70	1.05	1.40	1.75	2.10	2.46	2.81	3.17	3.56	3.93	4.25	4.62	4.99	5.36	5.73	6.11	6.50	6.89	7.28	7.67	8.10	8.49	8.90	9.33	9.74	10.19	10.63	11.09	11.55
12.00	แรงคน	49.88	74.82	99.70	125.06	150.12	175.42	200.65	226.31	254.29	280.48	303.69	329.82	356.19	382.74	409.52	436.67	464.11	491.79	520.00	547.92	578.39	606.37	636.01	666.19	695.71	727.92	759.64	791.79	824.88
	เครื่องจักร	0.84	1.26	1.68	2.10	2.52	2.95	3.37	3.80	4.27	4.71	5.10	5.54	5.98	6.43	6.88	7.34	7.80	8.26	8.74	9.21	9.72	10.19	10.69	11.19	11.69	12.23	12.76	13.30	13.86
13.00	แรงคน	623.21	93.57	124.64	156.31	187.62	219.23	250.83	282.86	317.80	350.60	351.07	412.26	445.12	478.45	512.02	545.89	580.12	614.88	650.00	684.88	717.02	757.98	794.94	832.74	869.64	909.82	949.40	989.82	1,031.07
	เครื่องจักร	10.47	1.57	2.09	2.63	3.15	3.68	4.21	4.75	5.34	5.89	5.90	6.93	7.46	8.04	8.60	9.17	9.75	10.33	10.92	11.51	12.05	12.73	13.36	13.99	14.61	15.29	15.95	16.63	17.32

หมายเหตุ : 1. เครื่องจักรกล ประสิทธิภาพในการขุดและถมดินทำขั้นบันไดดิน เท่ากับ 100 ลบ.ม./ชั่วโมง 2. แรงคน ประสิทธิภาพในการขุดและถมดินทำขั้นบันไดดิน เท่ากับ 0.28 ลบ.ม./ชั่วโมง

3. การจ้างแรงงานโดยทั่วไปของประเทศไทย 3.1 ค่าแรงคนจ้างเป็น คนต่อวัน คน 1 คน ทำงานวันละ 6 ชั่วโมง ดังนั้น คน 1 คนใน 1 วัน ทำงานได้ 1.68 ลบ.ม./วัน 3.2 ค่าจ้างเครื่องจักรกล จ้างเป็น ชั่วโมง

ตารางที่ 5 แสดงผลการคำนวณปริมาณดินขุดและดินเกลี่ยสำหรับการก่อสร้างขั้นบันไดดินแบบพื้นราบที่สามารถเก็บกักน้ำได้ (ลบ.ม./ไร่) (จากกองช่าง กรมพัฒนาที่ดิน, 2546)

Slope (s%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
VI(m)	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
W(m)	50.00	30.00	23.33	20.00	18.00	16.67	15.71	15.00	14.44	14.00	13.64	13.33	13.08	12.86
จำนวนขั้นบันไดดินต่อไร่	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
V_{cut}(m^3) ต่อไร่	125	90	163.333	160.000	162.000	166.667	259.286	270.000	281.667	294.000	306.818	320.000	333.462	347.143
ค่าก่อสร้าง(คนงาน)	8,125	5,850	10,617	10,400	10,530	10,833	16,854	17,550	18,308	19,110	19,943	20,800	21,675	22,564
ค่าก่อสร้าง(เครื่องจักร)	1,581	1,139	2,066	2,024	2,049	2,108	3,280	3,416	3,563	3,719	3,881	4,048	4,218	4,391

Slope (s%)	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
VI(m)	1.9	2	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	3	3.1	3.2
W(m)	12.67	12.50	12.35	12.22	12.11	12.00	11.90	11.82	11.74	11.67	11.60	11.54	11.48	11.43
จำนวนขั้นบันไดดินต่อไร่	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4
V_{cut}(m^3) ต่อไร่	361	375	389.118	403.333	417.632	432.000	446.429	460.909	475.435	490.000	504.600	519.231	533.889	731.429
ค่าก่อสร้าง(คนงาน)	23,465	24,375	25,293	26,217	27,146	28,080	29,018	29,959	30,903	31,850	32,799	33,750	34,703	47,543
ค่าก่อสร้าง(เครื่องจักร)	4,567	4,744	4,922	5,102	5,283	5,465	5,647	5,831	6,014	6,199	6,383	6,568	6,754	9,253

หมายเหตุ S = ความลาดชันSlope (%), VI = ระยะห่างในแนวดิ่งระหว่างจุดกึ่งกลางของผนังขั้นบันไดดิน 2 ขั้น (เมตร), W = ความกว้างพื้นที่ราบ (เมตร)

Vcut = ปริมาตรดินขุดซึ่งอนุมานให้เท่ากับดินถมของขั้นบันไดดิน(ลบ.ม./ไร่) ค่า S และค่า VI จากรายงาน งานสำรวจศึกษาเพื่อกำหนดแผนพัฒนาและออกแบบโครงการพัฒนาพื้นที่ ต.เขาวิเศษ อ.วังวิเศษ จ.ตรัง

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ความลาดเท %	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
VI(m)	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	4	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6
W(m)	11.38	11.33	11.29	11.25	11.21	11.18	11.14	11.11	11.08	11.05	11.03	11.00	10.98	10.95
จำนวนขั้นบันไดดินต่อไร่	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
$V_{cut}(m^3)$ ต่อไร่	751.034	770.667	790.323	810.000	829.697	849.412	869.143	888.889	908.649	928.421	948.205	968.000	987.805	1007.619
ค่าก่อสร้าง(คนงาน)	48,817	50,093	51,371	52,650	53,930	55,212	56,494	57,778	59,062	60,347	61,633	62,920	64,207	65,495
ค่าก่อสร้าง(เครื่องจักร)	9,501	9,749	9,998	10,247	10,496	10,745	10,995	11,244	11,494	11,745	11,995	12,245	12,496	12,746

ความลาดเท %	43	44	45	46	47	48	49	50						
VI(m)	4.7	4.8	4.9	5	5.1	5.2	5.3	5.4						
W(m)	10.93	10.91	10.89	10.87	10.85	10.83	10.82	10.80						
จำนวนขั้นบันไดดินต่อไร่	4	4	4	4	4	4	4	4						
$V_{cut}(m^3)$ ต่อไร่	1027.44	1047.27	1067.11	1086.96	1106.81	1126.67	1146.53	1166.40						
ค่าก่อสร้าง(คนงาน)	66,784	68,073	69,362	70,652	71,943	73,233	74,524	75,816						
ค่าก่อสร้าง(เครื่องจักร)	12,997	13,248	13,499	13,750	14,001	14,252	14,504	14,755						

หมายเหตุ S = ความลาดชันSlope (%), VI = ระยะห่างในแนวดิ่งระหว่างจุดกึ่งกลางของผนังขั้นบันไดดิน 2 ขั้น (เมตร), W = ความกว้างพื้นที่ราบ (เมตร)
Vcut = ปริมาตรดินขุดซึ่งอนุมานให้เท่ากับดินถมของขั้นบันไดดิน(ลบ.ม./ไร่) ค่า S และค่า VI จากรายงาน งานสำรวจศึกษา
เพื่อกำหนดแผนพัฒนาและออกแบบโครงการพัฒนาพื้นที่ ต.เขาวิเศษ อ.วังวิเศษ จ.ตรัง

ตารางที่ 6 แสดงเวลาทำงาน ในการจัดเตรียมพื้นที่ปลูกข้าวแบบขั้นบันไดดิน (แรงคน หน่วยเป็น วัน/ไร่,เครื่องจักร หน่วยเป็น ชั่วโมง/ไร่)

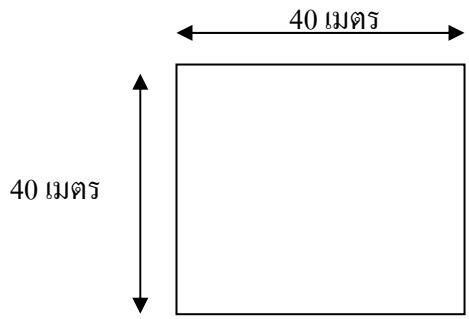
S(%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
W(m)	50.00	30.00	23.33	20.00	18.00	16.67	15.71	15.00	14.44	14.00	13.64	13.33	13.08	12.86	12.67	12.50	12.35	12.22	12.11	12.00	11.90	11.82	11.74	11.67	11.60
V (ลบ.ม./ไร่)	125.00	90.00	163.33	160.00	162.00	166.67	259.29	270.00	281.67	294.00	306.82	320.00	333.46	347.14	361.00	375.00	389.12	403.33	417.63	432.00	446.43	460.91	475.43	490.00	504.60
แรงคน	74.40	53.57	97.22	95.24	96.43	99.21	154.34	160.71	167.66	175.00	182.63	190.48	198.49	206.63	214.88	223.21	231.62	240.08	248.59	257.14	265.73	274.35	283.00	291.67	300.36
เครื่องจักร	1.25	0.90	1.63	1.60	1.62	1.67	2.59	2.70	2.82	2.94	3.07	3.20	3.33	3.47	3.61	3.75	3.89	4.03	4.18	4.32	4.46	4.61	4.75	4.90	5.05

S(%)	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
W(m)	11.54	11.48	11.43	11.38	11.33	11.29	11.25	11.21	11.18	11.14	11.11	11.08	11.05	11.03	11.00	10.98	10.95	10.93	10.91	10.89	10.87	10.85	10.83	10.82	10.80
V (ลบ.ม./ไร่)	519.23	533.89	731.43	751.03	770.67	790.32	810.00	829.70	849.41	869.14	888.89	908.65	928.42	948.21	968.00	987.80	1,007.62	1,027.44	1,047.27	1,067.11	1,086.96	1,106.81	1,126.67	1,146.53	1,166.40
แรงคน	309.07	317.79	435.37	447.04	458.73	470.43	482.14	493.87	505.60	517.35	529.10	540.86	552.63	564.41	576.19	587.98	599.77	611.57	623.38	635.19	647.00	658.81	670.63	682.46	694.29
เครื่องจักร	5.19	5.34	7.31	7.51	7.71	7.90	8.10	8.30	4.49	8.69	8.89	9.09	9.28	9.48	9.68	9.88	10.08	10.27	10.47	10.67	10.87	11.07	11.27	11.47	11.66

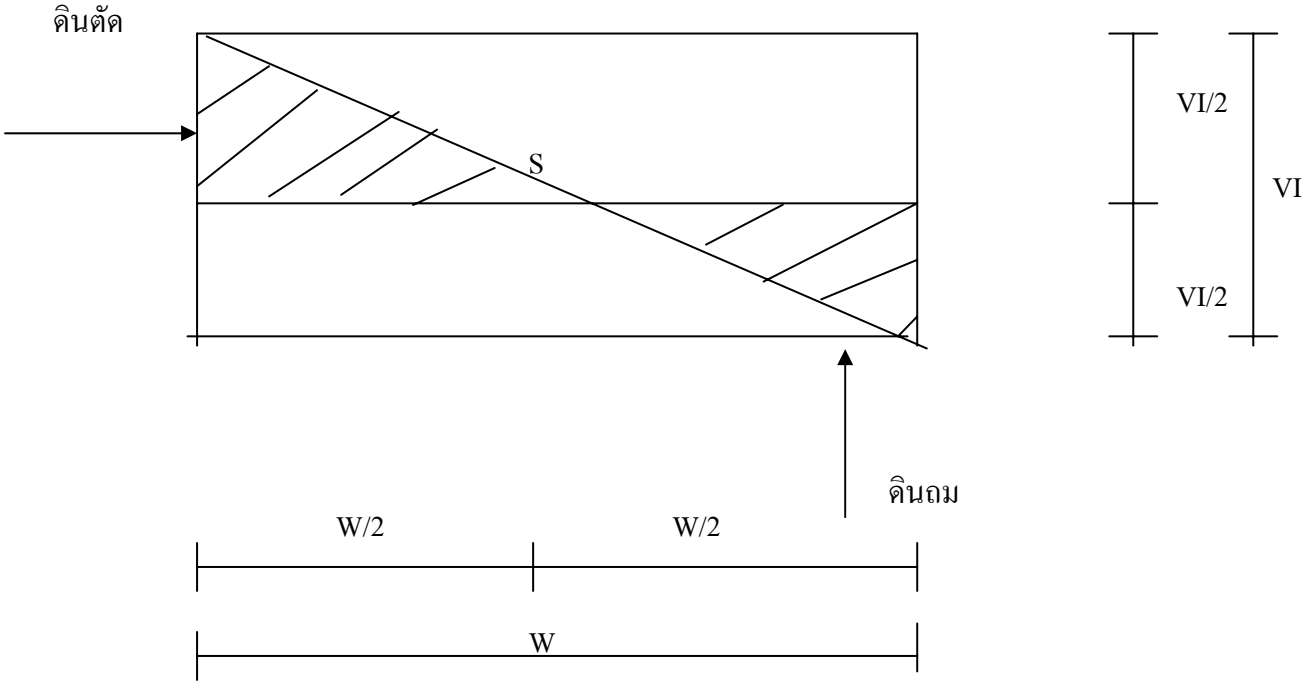
หมายเหตุ : คำนวณตัวเลขจากตารางที่ 5 ของกองช่าง กรมพัฒนาที่ดิน 2546

ภาคผนวก

การคำนวณหาปริมาณดินขุดและดินเกลี่ย สำหรับการก่อสร้างขั้นบันไดดินแบบพื้นราบ ของตารางที่ 5



1.ให้ถือว่าพื้นที่ 1 ไร่ เป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยให้มีขนาด 40 x40 ตร.ม.



2.ให้ถือว่าดินตัดกับดินถมเท่ากัน

3. คำนวณหา W จาก SLOPE (S%) และ ค่าVI

$$W = (VI \times 100)/S$$

ตัวอย่าง S=5 , VI=0.9

$\therefore$ W = (0.9x100)/5

= 18 เมตร

4. คำนวณหาจำนวน bench = 40/H

ตัวอย่าง = 40/18

= 2.22

ใช้เท่ากับ 2

5. การคำนวณหาปริมาตร V = 1/2 x VI/2 x W/2 x 40 x bench

ตัวอย่าง = 1/2 x 0.9/2 x 18/2 x 40 x 2

= 162 ลบ.ม.

6. การคำนวณหาราคาค่าดินขุดและถมเกลี่ยดิน(ราคางานสำนักงบประมาณ)

ดินตัด (แรงคน)	= 65	บาท
ดินตัด (เครื่องจักร)	= 10.05	บาท
เกลี่ยดิน (เครื่องจักร)	= 6	บาท

6.1 การคำนวณหาราคาค่าดินขุดและถมเกลี่ยดินดินตัด (แรงคน)

ราคาค่าดินตัด = 65x ปริมาตรดินตัดตามตาราง

ราคาค่าเกลี่ยดิน = 1/3 x 1.3(ค่าการบวมตัวของดิน)x 0 x ปริมาตรดินตัดตามตาราง

$\therefore$ ราคาค่าก่อสร้าง(คนงาน) = 65x ปริมาตรดินตัดตามตาราง

6.2 การคำนวณหาราคาค่าดินขุดและถมเกลี่ยดินดินตัด(เครื่องจักร)

ราคาค่าดินตัด =10.05x ปริมาตรดินตัดตามตาราง

ราคาค่าเกลี่ยดิน = 1/3 x 1.3(ค่าการบวมตัวของดิน)x 6 x ปริมาตรดินตัดตามตาราง

$\therefore$ ราคาค่าก่อสร้าง (เครื่องจักร) = 10.05x ปริมาตรดินตัดตามตาราง

* คน 65 บาท/ลบ.ม.
* เครื่องจักร 10.05 บาท/ลบ.ม.

ชื่อต้นแบบ ขั้นบันไดดิน เพื่อการปลูกพืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับ และพืชไร่ ในพื้นที่ที่มีความลาดชัน

(Bench terrace ; Inward type)

โดย

วินัย อักษรพันธ์ [1] **ชาติชาย พูนพาณิชย์ [2]** **พิพัฒน์ ไทยกล้า [3]**

1. วัตถุประสงค์ เพื่อการปลูกพืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับ และพืชไร่ ในพื้นที่ที่มีความลาดเทเล็กน้อยจนกระทั่งมีความลาดชันสูง ที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงก็ได้

2. อรรถประโยชน์และประโยชน์ใช้สอย โดย พิพัฒน์ ไทยกล้า

2.1 สามารถเพาะปลูกพืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับ และพืชไร่ได้ ในพื้นที่ที่มีความลาดเทตั้งแต่เล็กน้อยจนกระทั่งพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงได้ และต้องจัดเตรียมทางระบายน้ำไว้เป็นอย่างดี เพื่อป้องกันการแช่ขังของน้ำในช่วงฝนตกชุก ดังภาพข้างบน ซึ่งระบายน้ำที่ด้านในสุดของขั้นบันได

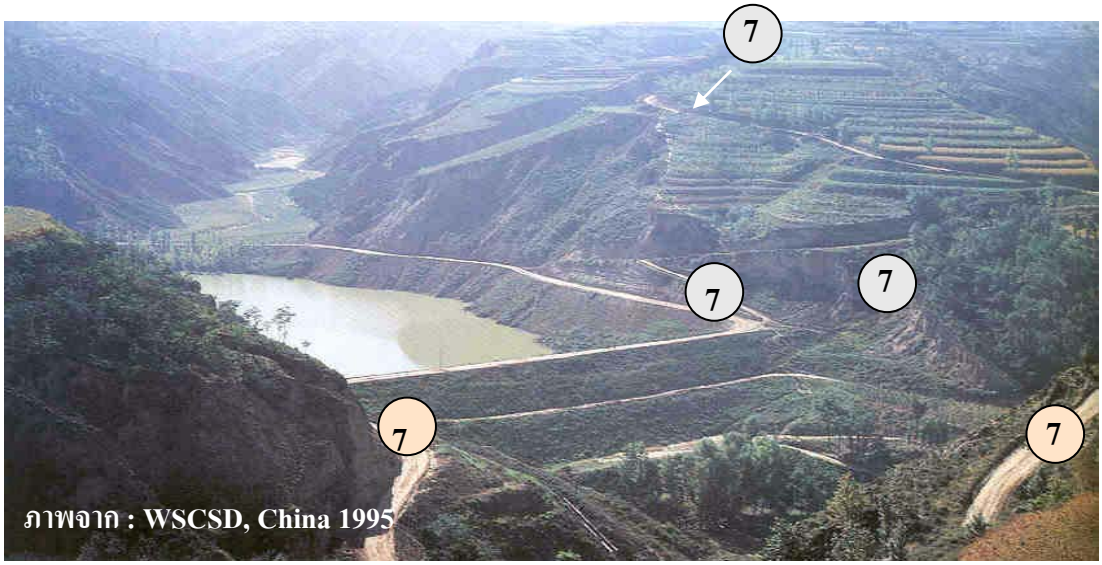
2.2 สามารถเก็บกักน้ำหรือระบายน้ำออกจากพื้นที่ได้ง่ายและสะดวก เนื่องจากแต่ละชั้นของขั้นบันไดมีทั้งคันดินกั้นน้ำขนาดเล็กที่ขอบนอกของขั้นบันได และทางระบายออกสู่ทางระบายน้ำธรรมชาติ หรือทางระบายน้ำหลักที่สร้างขึ้นมาอย่างเหมาะสมในพื้นที่

[1] วิศวกรการเกษตร 7 ฝ่ายวิศวกรรมและเทคโนโลยี กองช่าง

[2] วิศวกรเครื่องกล 7 ฝ่ายวิศวกรรมและเทคโนโลยี กองช่าง

[3] นักวิชาการเกษตร 8ว. กลุ่มวิจัยและพัฒนาการอนุรักษ์ดินและน้ำพื้นที่สูง สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

2.3 ในกรณีที่มีการเก็บรวบรวมน้ำส่วนเกินในฤดูฝนจากพื้นที่แต่ละขั้นบันไดไปเก็บรวบรวมไว้ และมีระบบที่สามารถนำน้ำกลับมาใช้ได้ยามฝนทิ้งช่วง ทำให้สามารถใช้พื้นที่นั้นปลูกพืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับ และพืชไร่ แทรกในแถวไม้ผลที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงได้ตลอดทั้งปี



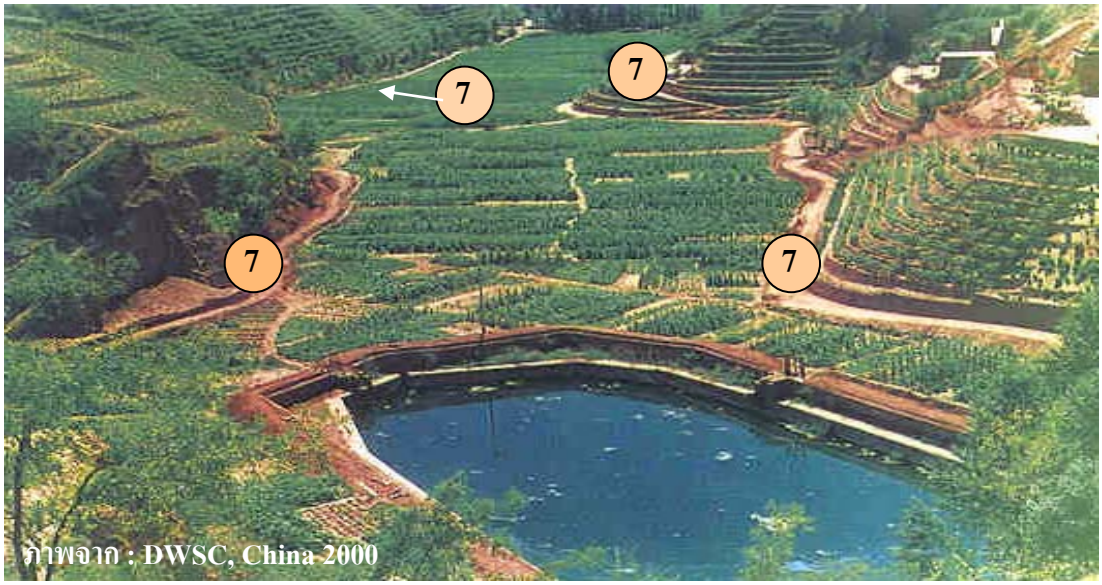
ภาพจาก : WSCSD, China 1995

2.4 สามารถควบคุมการไหลบ่าของน้ำบนพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงวิธีการหนึ่ง แม้จะต้องลงทุนสูงในระยะแรก แต่ในระยะยาวสามารถใช้ประโยชน์ที่ดินได้อย่างยั่งยืนและกว้างขวาง

ภาพจาก : DWSC, China 2000

2.5 สามารถป้องกัน แก้ไข ปัญหาการเสื่อมโทรมของดินอันเนื่องมาจากการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน การสูญเสียหน้าดิน และธาตุอาหารพืช ที่มีสาเหตุมาจากน้ำไหลบ่าในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด

2.6 ทำให้การบริหารและจัดการเพาะปลูกพืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับ และพืชไร่ หรือ พืชเศรษฐกิจที่มีราคาแพง ในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงๆ สะดวกขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการขนส่งวัสดุ อุปกรณ์หรือเครื่องจักรเครื่องมือ ที่จำเป็นต้องใช้ในการเพาะปลูกเข้าสู่แปลง หรือการขนผลผลิตออกสู่ตลาดรับซื้อ โดยผ่านทางลำเลียงในพื้นที่ ดังภาพข้างล่าง



ภาพจาก : DWSC, China 2000

2.7 ประโยชน์ทางอ้อม ถ้าการทำสวน ไม้ดอกไม้ประดับ พืชผัก หรือ พืชไร่ แบบนี้เป็นการทำแบบต่อเนื่องทั้งหุบเขา จะก่อให้เกิดทัศนียภาพที่มีความงดงามมาก จนสามารถจัดทำเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่นักท่องเที่ยวเกือบทั้งโลกชื่นชอบและนิยมไปเที่ยวดู ตามภาพที่ปรากฏข้างล่าง

ภาพจาก : DWSC, China 2000

3. ข้อกำหนดและเงื่อนไขที่ใช้ในการดำเนินงาน โดย พิพัฒน์ ไทยกล้า

3.1 ในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง แต่ต้องการทำขั้นบันไดดินแบบนี้ ดินจำเป็นต้องมีความลึกพอควร น่าจะลึกตั้งแต่ 1 เมตร ขึ้นไป เพื่อให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของรากพืช ที่ปลูก

3.2 ในพื้นที่ที่มีความลาดชันแม้เพียงเล็กน้อย ถ้าต้องการปลูกพืชผัก พืชไร่ หรือไม้ดอกไม้ประดับ ที่ต้องการความสะดวกในด้านการบริหารและจัดการเพาะปลูกอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ก็จำเป็นต้องจัดเตรียมพื้นที่ตามต้นแบบดังกล่าวมานี้เช่นกัน ในทำนองเดียวกันก็สามารถใช้พื้นที่ดังกล่าวในการเพาะปลูกไม้ผล ได้เช่นกัน เนื่องจากการปรับพื้นที่ให้เป็นขั้นบันไดดินจะทำให้การดำเนินการทุกกิจกรรมไม่ว่าการไถเตรียมพื้นที่ การขนส่งปุ๋ย วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือทางการเกษตร การใส่ปุ๋ย การใช้สารเคมีป้องกันศัตรูพืช การเก็บเกี่ยวผลผลิต เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืน และไม่ก่อให้เกิดตะกอนดินไหลลงสู่แม่น้ำ ลำคลอง หรือพื้นที่ต่างๆ ที่ต่ำกว่า ดังภาพข้างล่าง

ภาพจาก : WOCAT / FAO 2000

3.3 ขั้นบันไดดินควรสร้างอย่างต่อเนื่องติดกันเป็นชั้นๆ จะเป็นการป้องกันการชะล้างพังทลายของดินที่มีประสิทธิภาพ และให้ความมั่นใจสูง

4. รูปร่างลักษณะของขั้นบันไดดินปลูกไม้ดอกไม้ประดับ พืชไร่ พืชผัก โดย พิพัฒน์ ไทยกล้า

4.1 ภาพตัวอย่างขั้นบันไดดิน แบบมีขอบแปลงเป็นคันดินขนาดเล็กคล้ายคันนา

4.2 ภาพตัวอย่างขั้นบันไดดินที่ใช้ปลูกไม้ดอกไม้ประดับ พืชไร่ หรือ พืชผัก

4.3 ภาพตัวอย่างขั้นบันไดดินปลูกไม้ดอกไม้ประดับ พืชไร่ หรือพืชผัก

4.4 ภาพตัวอย่างขั้นบันไดดินปลูกไม้ดอกไม้ประดับ พืชไร่ หรือพืชผัก แบบผนังเป็นหิน เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีก้อนหินมาก

5. องค์ประกอบของต้นแบบ จากภาพของขั้นบันไดดินจะเห็นว่าประกอบด้วย**โดย พิพัฒน์ ไทยกล้า**

ภาพหมายเลขที่ 1 ตัวขั้นบันไดดินที่ใช้สำหรับปลูกพืชเศรษฐกิจชนิดต่างๆ มีลักษณะเป็นพื้นที่ราบเรียบแต่เอียงเข้าด้านในเพื่อระบายน้ำด้านที่ติดผนังด้านใน แต่ควรลดระดับตามความยาวของขั้นบันไดสู่ทางระบายน้ำทางปลายสุดของขั้นบันได 0.01% หรือ เท่ากับลดระดับ 10 เซนติเมตร ต่อความยาวของขั้นบันได 100 เมตร เพื่อสามารถระบายน้ำออกได้ ดังภาพที่ 4.2

ภาพหมายเลขที่ 2 ผนังด้านข้างของขั้นบันไดดินแต่ละขั้น เป็นดินปลูกหญ้าปกคลุมไว้อย่างหนาแน่น ดังภาพที่ 4.3

ภาพหมายเลขที่ 3 คันดินกั้นน้ำตรงปลายสุดของขั้นบันไดดิน สามารถใช้เป็นทางเดินเท้าได้ด้วย

ภาพหมายเลขที่ 4 ท่อเปิด เพื่อระบายน้ำออกจากพื้นที่ขั้นบันไดดินลงสู่ทางระบายน้ำในพื้นที่ ซึ่งอาจเป็นทางระบายน้ำตามธรรมชาติ หรือ สร้างขึ้น

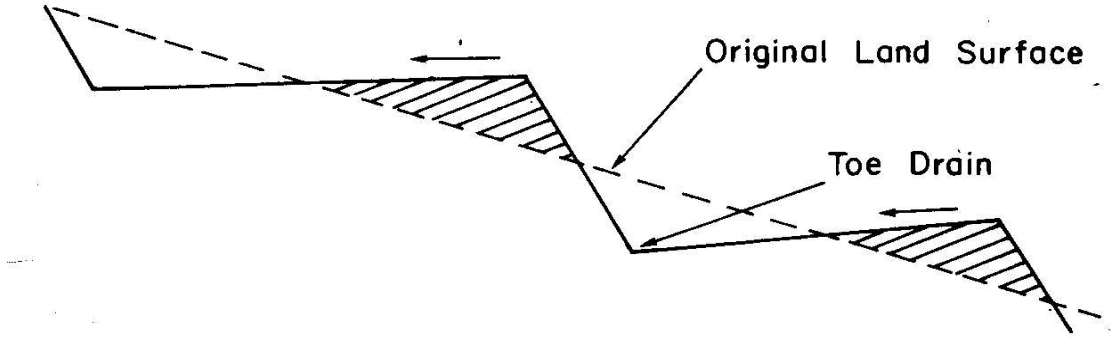
ภาพหมายเลขที่ 5 หญ้าแฝกตัดสั้น หรือ หญ้าแพรก หรือ หญ้ารูซี หรือ สวาซีแลนด์ หรืออื่นๆ ที่ปลูกปกคลุมด้านข้างของผนังขั้นบันไดดิน

ภาพหมายเลขที่ 6 ผนังขั้นบันไดทำด้วยหินก่อ ดังภาพที่ 4.3 และ 4.4 ข้างบน เหมาะสำหรับใช้ในพื้นที่แห้งแล้ง

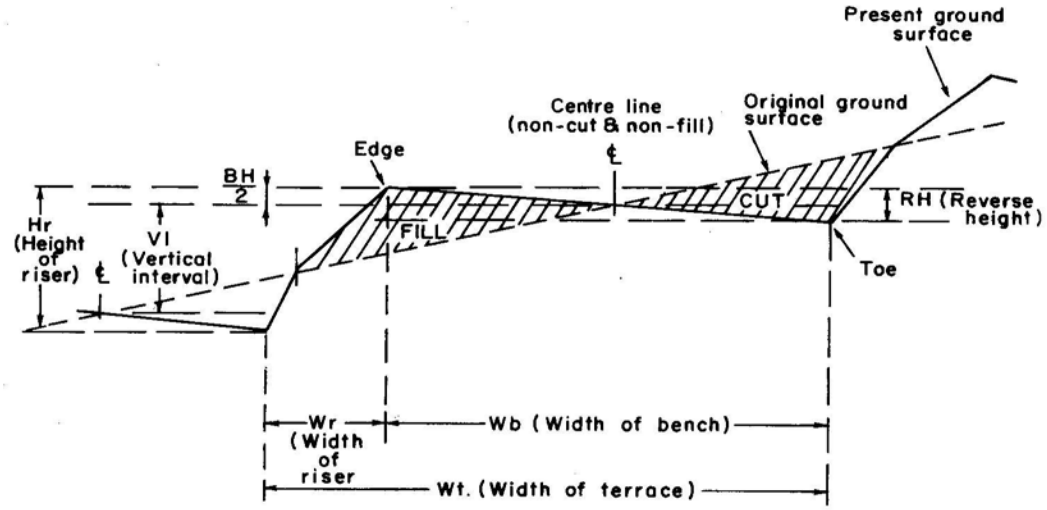
ภาพหมายเลขที่ 7 ถนนเชื่อมโยงในพื้นที่ทำการเกษตรบนพื้นที่สูงชัน (Access Road) ดังภาพข้อที่ 2.3 และ2.6 ด้านหน้า

6. แบบแปลนภาพตัดขวางของขั้นบันไดดินแบบเอียงเข้า โดย วินัย อักษรพันธ์

REVERSE SLOPING TERRACES



CROSS – SECTIONAL VIEW OF BENCH TERRACES



Length Units in metres except where stated

1.	Verrical Interval (VI)	:	VI	=	$\frac{S \times Wb}{100 - S \times \mu}$ (S : Slope in % μ : I or 0.75)
2.	Reverse Height (RH)	:	RH	=	Wb x 0.05
3.	Height of Riser (Hr)	:	Hr	=	VI + RH
4.	Width of Riser (Wr)	:	Wr	=	Hr x μ
5.	Width of Terrace (Wt)	:	Wt	=	Wr + Wb

6. Linear Length (L) : $L = \frac{10\,000}{Wt}$ (per ha)

7. Net Area of Benches (A) : $A = L \times Wb$

8. Percent of Benches (Pb) : $Pb(\%) = \frac{A}{10\,000} \times 100$ (per ha)

9. Cross – section of Terrace (C) : $C = \frac{Wb \times Hr}{8}$

10. Volume to be cut and filled (V) : $V = L \times C$

เครื่องหมายของสัญลักษณ์

A หมายถึง พื้นที่หน้าตัดที่เป็นพื้นที่ดินขุดและดินถมของขั้นบันไดดินแต่ละขั้น มีหน่วยเป็น ตร.ม.

V หมายถึง ปริมาตรดินขุด ซึ่งอนุมานให้เท่ากับดินถมของขั้นบันไดดิน มีหน่วยเป็น ลบ.ม./ไร่

VI คือ Vertical Interval หมายถึง ความแตกต่างของความสูงระหว่างจุดกึ่งกลางของขั้นบันไดดิน 2 ขั้นที่ติดต่อกัน มีหน่วยเป็น เมตร

d คือ Width of terrace หมายถึง ความกว้างของขั้นบันไดดินที่ใช้เป็นพื้นที่เพาะปลูก มีหน่วยเป็น เมตร

W คือ Width of bench หมายถึง ความกว้างของขั้นบันไดดินที่รวมความกว้างของพื้นที่เพาะปลูก และผนังด้านข้างเข้าด้วยกัน มีหน่วยเป็น เมตร

7. การออกแบบ โดย วินัย อักษรพันธ์

7.1 ความกว้างของขั้นบันไดดินมีความกว้างตั้งแต่ 2 ถึง 5 เมตร ขึ้นกับตัวแปรหลายตัว อาทิเช่น ความลาดชันของพื้นที่ ความลึกของดิน ระยะห่างของแถวพืชที่ปลูก ซึ่งขึ้นกับชนิดของพืช

7.2 อัตราส่วนโดยเฉลี่ยของผนังดินด้านข้างเท่ากับ 1:0.5 (ความสูง : ความยาวด้านฐาน) แต่อัตราส่วนนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามชนิดของเนื้อดิน และขึ้นอยู่กับชนิดของผนังด้านข้างที่สร้างขึ้นว่าทำด้วยอะไร ปกติทั่วไปอัตราส่วนนี้จะใช้กับผนังที่เป็นดินปลูกคลุมด้วยหญ้า

7.3 ระยะห่างตามแนวตั้งระหว่างขั้นบันไดดินแบบเอียงเข้า ควรจะคำนวณ โดยสูตรข้างล่างนี้

$$VI = \frac{W.\ s\ + K.s.\mu}{100\text{-}s.\ \mu} = \frac{W.\ s/\mu + K.s}{100/\mu\text{-}s} = d.s$$

เมื่อ VI = ระยะห่างในแนวดิ่ง (เมตร) ระหว่างจุดกึ่งกลางของผนังขั้นบันไดดิน 2 ขั้น

W = ความกว้างของพื้นที่ราบ (เมตร)

s = ความลาดชัน Slope (%)

d = ความกว้างของขั้นบันไดดิน ทั้งส่วนที่เป็นพื้นที่ราบและผนังด้านข้างรวมกัน (เมตร)

μ = อัตราส่วนของความลาดเทของผนังดินด้านข้างที่สร้างขึ้น

(อัตราส่วนระยะแนวตั้ง : ระยะแนวนอน = 1:μ ส่วนใหญ่เท่ากับ 0.5)

7.4 ความกว้างของขั้นบันไดดินถูกกำหนดให้เหมาะสมสำหรับชนิดของไม้ผล และการใช้เครื่องจักรกลในการก่อสร้างและดำเนินการเพาะปลูก โดยใช้สูตรดังนี้

$$d = \frac{100VI}{S} = W + (VI. \pm k)\ \mu \quad \text{(แนวระดับ)} \qquad \text{เมตร}$$

ถ้าใช้ค่า $\mu = 0.5$ ดังนั้น $d = W + 0.5\ VI$

7.5 ที่ปลายของขั้นบันไดดินที่จดกับทางระบายน้ำควรเจาะคันดินกั้นน้ำเป็นทางระบายน้ำลึก 20 ซม.กว้าง 20 ซม. พร้อมประตูปิดเปิดน้ำเพื่อการเก็บกักและระบายน้ำในขั้นบันไดสู่ทางระบายน้ำ

7.6 ความยาวของขั้นบันไดดิน ถ้าลดระดับไปทางเดียวไม่ควรยาวเกิน 100 เมตร

8. การปฏิบัติที่จำเป็นและสิ่งที่ต้องคำนึงสำหรับดำเนินงาน (เหมือนขั้นบันไดดินเพื่อปลูกข้าว)

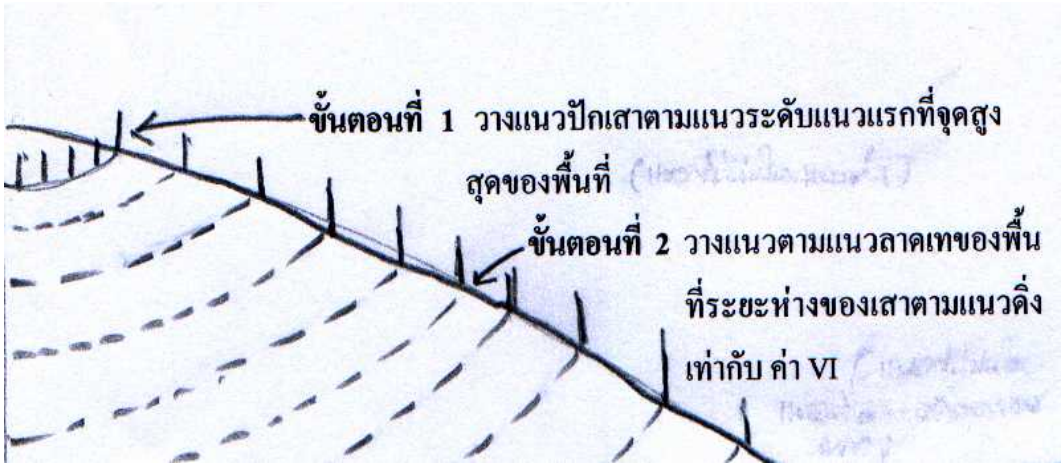
8.1 ต้องมีการสำรวจพื้นที่อย่างละเอียด โดยจัดทำเป็นแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ดิน แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่ต้องมีรายละเอียดเกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศ ความลาดชัน ความลึกของดิน เนื้อดิน เปอร์เซ็นต์ของหินที่ปนอยู่ในดิน การชะล้างพังทลายของดินและพื้นที่ระบายน้ำตามธรรมชาติ เป็นต้น แล้วจึงทำการกำหนดชนิดของขั้นบันไดดิน โดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์ในการปลูกพืช ชนิดของเครื่องจักรกลที่จะใช้งาน แล้วจึงเริ่มทำการออกแบบ

8.2 ขั้นตอนการดำเนินการเพื่อให้เป็นไปตามแบบ ดังต่อไปนี้

ก. เลือกพื้นที่ดำเนินการขั้นแรกที่ความลาดชันของพื้นที่สม่ำเสมอตั้งแต่จุดสูงสุดของพื้นที่จนถึงจุดต่ำสุดของพื้นที่

ข. ปักแนวไม้ ในแนวขึ้น – ลงตามความลาดชัน โดยระยะห่างระหว่างไม้ที่ปักเท่ากับระยะห่างของขั้นบันไดดินตามค่า VI ที่ออกแบบไว้

ค. **ปักไม้ในแนวระดับ โดยทำที่จุดสูงสุดของพื้นที่แนวแรก** โดยระยะห่างของไม้ที่ปักควรห่างกัน 5 ถึง 10 เมตร เมื่อปักไม้แนวระดับแรกเรียบร้อยแล้วก็ดำเนินต่อในแนวขึ้นลงเป็นแนวที่สอง โดยระยะห่างของไม้ที่ปักในแนวนี้แต่ละต้นห่างกันเท่ากับ ค่า VI ของขั้นบันไดที่คำนวณไว้จากแนวหลักตามแนวขึ้นลงปักไม้ตามระดับให้ครบทุกหลักตามภาพข้างล่าง



ง. การก่อสร้างขั้นบันไดดินทำที่แนวไม้ที่ปักไว้ตามแนวระดับทุกแนว โดยทำตามรายละเอียดที่ออกแบบไว้ การลดระดับต่ำสุดของขั้นบันไดดินสู่ทางระบายน้ำควรจะใกล้เคียงแนวระดับที่ทำไว้ในแต่ละแนว **ความกว้างของขั้นบันไดดินควรสม่ำเสมอ** เพื่อสะดวกในการใช้เครื่องจักรกลในการดำเนินงาน (เพื่อที่จะทำให้การดำเนินงานเร็วขึ้น ควรจะวางแนวขั้นบันไดแต่ละแนวไว้ในแผนที่ก่อนเป็นเบื้องต้น) หลังจากปักแนวระดับหมดพื้นที่แล้ว ควรมีการตัดแนวระดับที่ทำไว้ไม่ให้มีจุดหักศอกควรตัดให้เป็นรูปโค้งเพื่อสะดวกในการดำเนินการก่อสร้างและการดำเนินการเพาะปลูกภายหลัง ในช่วงต่อระหว่างขั้นบันไดดินกับทางระบายน้ำควรมีการจัดวางแนวไม้ที่ปักอย่างรอบคอบ

8.3 ก่อนการก่อสร้าง ควรเก็บเศษวัสดุ กิ่งไม้ต่างๆ หิน หญ้า และอื่นๆ ที่ผิวดินออกให้หมด

8.4 ถ้าในพื้นที่นั้นมีก้อนหินมากพอที่จะนำมาสร้างเป็นผนังด้านข้างของขั้นบันไดดินได้ ก็นำก้อนหินมาก่อเรียงกันไปตามแนวของขั้นบันไดดินที่วางไว้ เพื่อเป็นขอบของขั้นบันไดดินจนเต็มผิวหน้าของผนังขั้นบันไดดินแล้วทำการก่อสร้างขั้นบันไดดินจนเสร็จตลอดแนว การดำเนินการแบบนี้ขั้นบันไดดินแรกที่จัดทำจะจัดทำจากแนวต่ำสุดของพื้นที่ไล่ขึ้นไปสู่แนวที่สูงกว่าทีละแนวจนถึงยอดสุดของพื้นที่ ดังภาพข้างบนและข้างล่าง

8.5 การก่อสร้างขั้นบันไดแต่ละขั้นควรสร้างโดยยึดแนวระดับที่ปักไว้เป็นหลักในการดำเนินการ (แนวระดับที่วางไว้ก็คือ แนวของขั้นบันไดดินที่จะทำการก่อสร้างนั่นเอง) จากนั้นทำการขุดดินจากส่วนบนของเส้นแนวมาถมลงบนส่วนใต้ของเส้นระดับ การอัดดินให้แน่นควรทำเมื่อขยายความกว้างออกไปทุกๆ 30 ซม. ถ้าการก่อสร้าง ใช้เครื่องจักรกล อาทิเช่น ใช้รถ Bulldozer ผนังด้านข้างของขั้นบันไดดินต้องทำการตกแต่งด้วยแรงงานคนอีกครั้ง

ภาพจาก : DWSC, China 2000

8.6 **โดยปกติทั่วไปการสร้างขั้นบันไดดินควรเริ่มต้นจากแนวสูงสุดของพื้นที่ที่เป็นแนวแรก** และดำเนินการแนวล่างถัดลงไปต่อๆ กันเรื่อยๆ ซึ่งการดำเนินการแบบนี้ จะง่ายและสะดวกในการดำเนินงาน และสามารถหลีกเลี่ยงความเสียหายอันพึงจะเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากฝนตกหนักในการดำเนินการก่อสร้าง **แต่ในกรณีที่การก่อสร้างขั้นบันไดดินโดยคำนึงถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นหลักใหญ่ในการดำเนินงาน คือ มีการนำหน้าดินข้างบนแนวก่อสร้างมาเกลี่ยกลบขั้นบันไดดิน และในกรณีที่ผนังด้านข้างของขั้นบันไดดินทำด้วยก้อนหิน การก่อสร้างขั้นบันไดดินแนวแรกควรเริ่มต้นจากแนวต่ำสุดของพื้นที่ไล่ขึ้นไปสู่แนวถัดไปที่สูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดสูงสุดของเนิน**

ภาพจาก : W.C.S.D. China 1995

8.7 ระหว่างการก่อสร้างควรทำการตรวจสอบว่าได้ดำเนินการตามแบบแปลนที่วางไว้ทุกอย่างหรือไม่ ไม่ว่าความกว้างของขั้นบันไดดิน ความลาดเอียงของผนังด้านข้าง ความลาดเอียงของพื้นผิวขั้นบันไดดิน ตลอดจนการลดระดับสู่ทางระบายน้ำเป็นต้น ถ้ามีอะไรผิดจากแบบที่วางไว้ต้องทำการแก้ไขทันที

8.8 **วิธีการเคลื่อนย้ายหน้าดินไปเกลี่ยกลบในขั้นบันไดดิน มี 2 วิธี** คือ

8.8.1 **วิธีแรก** หลังจากก่อสร้างขั้นบันไดดินขั้นแรกเรียบร้อยแล้ว นำหน้าดินจากแนวขั้นบันไดถัดไปมาเกลี่ยกลบบนผิวจนทั่ว และเมื่อการก่อสร้างขั้นบันไดที่สองเสร็จเรียบร้อย ก็นำหน้าดินจากแนวก่อสร้างแนวที่ถัดไป (แนวที่สาม) มาเกลี่ยกลบจนทั่ว ทำแบบนี้เรื่อยๆ จนเสร็จหมดพื้นที่

8.8.2 **วิธีที่สอง** แบ่งการดำเนินการในแต่ละแนวที่จะทำการก่อสร้างออกเป็นช่วงๆ ก่อนการก่อสร้างปาดหน้าดินไปกองรวมไว้ในที่ยังไม่ได้ก่อสร้างนั้น เมื่อก่อสร้างส่วนนั้นเสร็จแล้วก็นำเอาหน้าดินที่กองไว้ไปเกลี่ยกลบให้เต็มผิวดินและเลื่อนการดำเนินการก่อสร้างไปเป็นช่วงๆ ถัดไปจนเสร็จตลอดแนว

8.9 ถ้าไม่มีก้อนหินเพื่อทำผนังขั้นบันไดดิน ควรรีบปลูกหญ้าที่ผนังด้านข้างทันทีที่ดำเนินการเสร็จ และบำรุงรักษาให้หญ้าขึ้นแผ่กระจายยึดผิวดินด้านข้างให้แน่นหนาโดยเร็ว หญ้าที่แนะนำสำหรับประเทศไทย ได้แก่ หญ้าแฝก หญ้าบาเฮีย หญ้ารูซี่ หญ้านวลน้อย หรือ หญ้าสวาซีแลนด์ เป็นต้น

ภาพ แสดงการปลูกหญ้าแฝกเพื่อป้องกันการพังทลายของขั้นบันไดดิน

9. การจัดการและดูแลรักษาสิ่งก่อสร้าง

9.1 หลังการก่อสร้างขั้นบันไดดินเสร็จเรียบร้อย ควรมีการขุดดินในส่วนที่ดินถูกขุดไปถมยังด้านปลายของขั้นบันไดดิน โดยการขุดให้ลึกขวางแนวลาดเทและใส่สารหรือวัสดุ ปรับปรุงบำรุงดิน อาทิเช่น ปูนขาว ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยเคมี เท่าที่จำเป็น

9.2 ขั้นบันไดดินที่ก่อสร้างขึ้นและการเพาะปลูกพืชควรดำเนินการอย่างระมัดระวัง ถ้าเกิดการพังทลายในส่วนใดต้องรีบซ่อมแซมทันทีทันใด

9.3 หญ้าที่ปลูกบนผนังด้านข้างของขั้นบันไดดินต้องดูแลรักษา ต้องมีการตัดเพื่อให้ขยายแผ่ปกคลุมดินให้แน่นหนา

10. การคำนวณปริมาณดินขุดและดินถม สามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

โดย ชาติชาย พูนพานิชย์

10.1 ปริมาณดินขุด และปริมาณดินถมสามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

สูตรที่ใช้ $V = \frac{A \times 100^2}{d}$ โดย $\mu = \frac{1}{2}$ (riser slope ratio)

โดยความลาดเอียงของผนังด้านข้างของขั้นบันได (ความสูง : พื้นราบ) = 1: 0.5

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ในสูตรข้างบน กล่าวมาแล้วให้ย้อนกลับไปทบทวนดูข้อ 6 เพื่อให้การปฏิบัติเป็นไปด้วยสะดวก ดังนั้น T.C. Sheng 1977 จึงคำนวณปริมาณดินขุดและถมจากสูตรข้างบนไว้ในรูปตารางที่ 1 หน้าหลังไว้แล้ว โดยค่าปริมาณดินขุดจากตารางดังกล่าว มีหน่วยเป็น ลบ.ม./เฮกตาร์ ถ้าจะทำเป็น ลบ.ม./ไร่ ต้องเอา 6.25 หารเสียก่อน

11. การคำนวณค่าดินขุดและดินถม โดย ชาติชาย พูนพานิชย์

ใช้ราคาวัสดุก่อสร้างมวลรวมต่อหน่วยตามมาตรฐานงานช่าง ซึ่งวัดโดยสำนักมาตรฐานงบประมาณ สำนักงบประมาณ มกราคม 2543 ดังนี้

จากหมวดงานดิน

ค่าขุดดินโดยใช้แรงคน เท่ากับ 65 บาท/ลบ.ม.

ใช้เครื่องจักร เท่ากับ 10.05 บาท/ลบ.ม.

ตัวอย่างการคำนวณค่างานสำหรับดินขุด – ดินถม เมื่อต้องการสร้างขั้นบันไดดินแบบเก็บกักน้ำได้

ตัวอย่างที่ 1 ถ้าเกษตรกรมีพื้นที่ขนาด 10 ไร่ ความลาดเทของพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 20 องศา หรือเท่ากับ 36.4 % เนื้อดินเป็นดินร่วน ความลึกของดินก่อนพบชั้นหินเท่ากับ 200 ซม. ถ้าเกษตรกรต้องการจัดทำขั้นบันไดดินสำหรับเพาะปลูกไม้ดอกไม้ประดับ พืชไร่หรือพืชผัก จะต้องลงทุนในการจัดเตรียมพื้นที่เท่าไร ใช้เวลาเตรียมพื้นที่กี่วัน เป็นต้น

วิธีการดำเนินการหาคำตอบ ใช้ตารางที่ 1

ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาความเป็นไปได้ของขนาดความกว้างขั้นบันไดดินแบบพื้นเอียงเข้าด้านใน เพื่อการเพาะปลูกไม้ดอกไม้ประดับ พืชไร่หรือพืชผัก โดยใช้ตารางที่ 1 ช่อง W(m) ซึ่งหมายถึงความกว้างของขั้นบันไดดินตามแนวตั้งที่มีค่าตั้งแต่ 1 ถึง 10 เมตร และใช้ช่อง $Ø^{(O)}$ ซึ่งหมายถึง ความลาดเทของพื้นที่จากตัวอย่างพื้นที่ลาดเท 20 องศา โดยยึดหลักเกณฑ์ดังต่อไปนี้

หลักเกณฑ์ที่ 1 ความกว้างของขั้นบันไดจะถูกจำกัดด้วยความลึกของดิน กล่าวคือ ค่า VI ต้องไม่มากกว่าความลึกของดินลบด้วย 100 ซม. เพื่อให้ดินตรงบริเวณด้านในสุดของขั้นบันไดลึกพอสำหรับรากพืชเศรษฐกิจต่างๆ แต่ถ้าใช้ 100 ซม. จะเหมาะสมที่สุด ค่า VI ของขั้นบันได คือ ค่าความแตกต่างของระดับความสูงตามแนวดิ่งของขั้นบันไดดินแต่ละขั้น หรือ มีค่าเท่ากับความสูงของผนังขั้นบันไดดินในแต่ละขั้นนั่นเอง

หลักเกณฑ์ที่ 2 ความกว้างของขั้นบันไดดินที่เป็นไปได้ (ช่องที่ 1 แถวตั้ง) ขึ้นกับความลึกของค่า VI ที่มีค่าต่ำกว่าความลึกของดิน (200 ซม.) ลบด้วย 100 ซม. เหลือ 100 ซม.

จากหลักเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้น เมื่อใช้ตารางที่ 1 ได้ความกว้างของขั้นบันไดดินที่เป็นไปได้ดังต่อไปนี้ 4 ทางเลือกคือ

ทางเลือกที่ 1 ถ้าต้องการขั้นบันไดดินกว้าง 1 เมตร จะได้ค่า VI = 0.467 เมตร

ทางเลือกที่ 2 ถ้าต้องการขั้นบันไดดินกว้าง 1.5 เมตร จะได้ค่า VI = 0.689 เมตร

ทางเลือกที่ 3 ถ้าต้องการขั้นบันไดดินกว้าง 2 เมตร จะได้ค่า VI = 0.912 เมตร หรือ 91.2 ซม.

ทางเลือกที่ 4 ถ้าต้องการทำขั้นบันไดดินกว้าง 2.5 เมตร จะได้ค่าVI = 1.134 เมตร **ไม่ควรเลือก**เนื่องจาก ถ้าใช้ขนาดนี้ตอนในสุดของขั้นบันไดดินจะเหลือดินลึกเพียง 66 ซม. ตื้นเกินไปที่จะใช้พื้นที่ในการปลูกพืชเศรษฐกิจที่มีราคาแพงเพื่อให้ผลตอบแทนสูง

ขั้นตอนที่ 2 การคำนวณดินขุด ดินถม ของแต่ละทางเลือก โดยใช้ตารางที่ 2 ผลดังต่อไปนี้

ทางเลือกที่ 1 ขั้นบันไดดินกว้าง 1 เมตร ปริมาณดินขุดและดินถมเท่ากับ 580 ลบ.ม./เฮกตาร์ หรือเท่ากับ 92.8 ลบ.ม./ไร่

ทางเลือกที่ 2 ขั้นบันไดดินกว้าง 1.5 เมตร ปริมาณดินขุดและดินถมเท่ากับ 806.5 ลบ.ม./เฮกตาร์ หรือเท่ากับ 129.2 ลบ.ม./ไร่

ทางเลือกที่ 3 ขั้นบันไดดินกว้าง 2 เมตร ปริมาณดินขุดและดินถม เท่ากับ 1,035 ลบ.ม./เฮกตาร์ หรือเท่ากับ 165.6 ลบ.ม./ไร่

ขั้นตอนที่ 3 การคิดค่างานสำหรับดินตัดดินถม ใช้ตารางที่ 2 ด้านหลัง

3.1 เมื่อใช้เครื่องจักรกล (ราคางานปี 2546 ที่กองช่างใช้)

3.1.1 ค่าขุดดิน = 10.05 บาท/ลบ.ม.

3.2 เมื่อใช้แรงคน เท่ากับ 65 บาท/ลบ.ม.

ขั้นตอนที่ 4 การคิดค่างานสำหรับดินตัดดินถม

โดยใช้ ตารางที่ 3 ได้ดังต่อไปนี้

1. ถ้าขั้นบันไดกว้าง 1 เมตร

ถ้าใช้แรงคน เท่ากับ 6,032 บาท/ไร่

ถ้าใช้เครื่องจักร เท่ากับ 932.6 บาท/ไร่

2. ถ้าขั้นบันไดกว้าง 1.5 เมตร

ใช้แรงคน เท่ากับ 8,391 บาท/ไร่

ใช้เครื่องจักร เท่ากับ 1,297 บาท/ไร่

3. ถ้าขั้นบันไดกว้าง 2 เมตร

ใช้แรงคน เท่ากับ 10,764 บาท/ไร่

ใช้เครื่องจักร เท่ากับ 1,664.4 บาท/ไร่

ขั้นตอนที่ 5 การคิดเวลางาน

1. ถ้าขั้นบันไดกว้าง 1 เมตร

เครื่องจักรใช้เวลา 0.928 ชั่วโมง/ไร่ หรือเท่ากับ 55.68 นาที/ไร่

ใช้แรงคน ใช้เวลา 55.24 วัน/คน (55.24 แรง)

2. ถ้าขั้นบันไดกว้าง 1.5 เมตร

เครื่องจักรใช้เวลา 1.29 ชั่วโมง หรือเท่ากับ 77.4 นาที/ไร่

ใช้แรงคน ใช้เวลา 76.84 วัน/คน

3. ถ้าขั้นบันไดกว้าง 2 เมตร

เครื่องจักรใช้เวลา 1.66 ชั่วโมง/ไร่ หรือเท่ากับ 99.6 นาที/ไร่

แรงคนใช้เวลา 98.6 วัน

สรุป พื้นที่ 10 ไร่

- ถ้าต้องกันการทำขั้นบันไดดินกว้าง 1 เมตร
  - ปริมาณดินขุดดินถม เท่ากับ 92.8 ลบ.ม./ไร่, 10 ไร่ เท่ากับ 928 ลบ.ม.
  - ค่าจ้างเหมา แรงคน เท่ากับ 60,320 บาท
    เครื่องจักร เท่ากับ 9,326 บาท
  - เวลางาน ใช้แรงคน ใช้เวลา 552.4 วัน/แรง (552.4 แรง/วัน)
    เครื่องจักร ใช้เวลา 9.28 ชั่วโมง
- ถ้าต้องการทำขั้นบันไดดินกว้าง 1.5 เมตร
  - ปริมาณดินขุดดินถม เท่ากับ 1,291 ลบ.ม.
  - ค่าจ้างเหมา แรงคน เท่ากับ 83,910 บาท
    เครื่องจักร เท่ากับ 12,970 บาท
  - เวลางาน ใช้แรงคน เท่ากับ 768.4 วัน/คน
    เครื่องจักร เท่ากับ 12.9 ชั่วโมง
- ถ้าต้องการทำขั้นบันไดดินกว้าง 2 เมตร
  - ปริมาณดินขุดดินถม เท่ากับ 1,656 ลบ.ม.
  - ค่าจ้างเหมา แรงคน เท่ากับ 107,640 บาท
    เครื่องจักร เท่ากับ 16,644 บาท
  - เวลางาน ใช้แรงคน เท่ากับ 986 วัน/คน
    เครื่องจักร เท่ากับ 16.6 ชั่วโมง

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณดินขุดและดินถมที่มีความสัมพันธ์กับความกว้าง ระยะห่างและองค์ประกอบของขั้นบันไดแบบเอียงเข้าด้านในผนัง(Inward type) (ลบ.ม./เฮกตาร์)

W(m)	Ø (o)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	S(%)	3.49	5.24	6.99	8.75	10.51	12.28	11.05	15.84	17.63	19.44	21.26	23.09	24.93	26.8	26.7	30.57	32.49	34.4	36.4	38.39	40.4	42.45	44.52	46.63	48.77	50.95	53.17	55.43	57.74
1.00	VI (m)	0.037	0.057	0.076	0.096	0.117	0.137	0.159	0.181	0.203	0.226	0.250	0.274	0.299	0.325	0.351	0.378	0.407	0.437	0.467	0.498	0.532	0.566	0.601	0.639	0.677	0.718	0.761	0.805	0.852
	d (m)	1.07	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.14	1.15	1.16	1.18	1.19	1.20	1.21	1.23	1.24	1.25	1.27	1.28	1.30	1.32	1.33	1.35	1.37	1.39	1.40	1.43	1.45	1.48
	A (m^2)	0.018	0.021	0.023	0.026	0.028	0.031	0.034	0.037	0.040	0.043	0.046	0.049	0.052	0.056	0.06	0.003	0.067	0.070	0.074	0.079	0.083	0.087	0.092	0.097	0.102	0.107	0.113	0.119	0.125
	V (m^3)	168.6	190.5	212.4	234.4	256.4	278.5	300.7	323.0	245.4	368.0	390.6	413.8	436.6	460.0	483.4	507.1	531.1	555.4	580.0	604.4	630.0	655.6	681.5	707.6	734.6	761.8	789.7	818.9	846.7
1.50	VI	0.056	0.083	0.112	0.142	0.172	0.203	0.234	0.267	0.300	0.334	0.369	0.405	0.441	0.48	0.52	0.559	0.601	0.645	0.689	0.736	0.785	0.835	0.888	0.943	1,000	1,060	1,123	1,189	1,258
	d	1.58	1.59	1.60	1.62	1.64	1.65	1.67	1.68	1.70	1.72	1.74	1.75	1.77	1.79	1.81	1.83	1.85	1.87	1.89	1.92	1.94	1.97	1.99	2.02	2.05	20.8	2.11	2.14	2.18
	A	0.03	0.036	0.041	0.047	0.053	0.059	0.065	0.071	0.077	0.084	0.091	0.098	0.105	0.112	0.120	0.128	0.136	0.144	0.153	0.162	0.171	0.181	0.191	0.202	0.213	0.225	0.237	0.25	0.29
	V	191.5	223.2	255.9	289.1	322.1	355.2	388.5	422.0	455.6	489.5	523.4	558.2	592.4	627.5	662.5	697.8	733.9	770.9	806.8	844.6	882.6	921.0	959.8	999.0	1,039	1,080	1,122	1,166	1,333
2.00	VI	0.074	0.110	0.148	0.188	0.227	0.268	0.309	0.353	0.396	0.442	0.488	0.535	0.584	0.634	0.686	0.740	0.795	0.853	0.912	0.973	1,038	1,105	1,174	1,247	1,322	1,401	1,485	1,572	1,664
	d	2.09	2.11	2.12	2.14	2.16	2.18	2.20	2.23	2.25	2.27	2.29	2.32	2.34	2.37	2.39	2.42	2.45	2.48	2.51	2.54	2.57	2.60	2.64	2.67	2..71	2.75	2.79	2.83	2.88
	A	0.045	0.054	0.064	0.074	0.084	0.094	0.105	0.116	0.127	0.139	0.151	0.163	0.175	0.188	0.201	0.215	0.229	0.244	0.259	0.275	0.292	0.308	0.326	0.345	0.364	0.385	0.406	0.428	0.452
	V	214.4	256.0	299.5	343.8	387.7	431.9	475.6	520.9	565.8	611.1	654.3	702.5	748.2	795.0	841.8	889.5	937.0	986.2	1,035	1,084	1,135	1,171	1,239	1,290	1,344	1,399	1,454	1,513	1,569
2.50	VI	0.092	0.137	0.185	0.233	0.283	0.334	0.385	0.439	0.493	0.549	0.607	0.666	0.726	0.789	0.85	0.920	0.989	1,001	1,134	1,210	1,291	1,374	1,460	1,551	1,645	1,743	1,847	1,955	2,070
	d	2.60	2.62	2.64	2.67	2.69	2.72	2.74	2.77	2.80	2.82	2.85	2.88	2.91	2.94	2.98	3.01	3.04	3.08	3.12	3.15	3.20	3.24	3.28	3.33	3.37	3.42	3.47	3.52	3.58
	A	0.061	0.076	0.091	0.106	0.122	0.138	0.155	0.172	0.189	0.207	0.225	0.244	0.263	0.283	0.304	0.325	0.347	0.370	0.393	0.418	0.443	0.47	0.497	0.526	0.556	0.587	0.621	0.655	0.692
	V	235.8	288.7	343.2	398.5	453.5	508.6	564.1	620.0	676.0	732.8	789.1	846.8	904.0	962.5	1,021	1,080	1,114	1,201	1,262	1,324	1,388	1,452	1,516	1,582	1,649	1,717	1,787	1,860	1,929
3.00	VI	0.110	0.164	0.221	0.279	0.338	0.399	0.460	0.525	0.590	0.657	0.726	0.796	0.869	0.944	1,021	1,101	1,182	1,269	1,357	1,448	1,544	1,644	1,747	1,855	1,967	2,085	2,209	2,339	2,476
	d	3.10	3.13	3.16	3.19	3.22	3.25	3.28	3.31	3.34	3.38	3.41	3.45	3.48	3.52	3.56	3.60	3.64	3.68	3.73	3.77	3.82	3.87	3.92	3.98	4.03	4.09	4.15	4.22	4.29
	A	0.080	0.101	0.122	0.145	0.167	0.190	0.213	0.238	0.263	0.289	0.318	0.342	0.369	0.398	0.427	0.459	0.489	0.522	0.555	0.590	0.628	0.665	0.704	0.745	0.788	0.833	0.880	0.93	0.982
	V	257.9	321.5	386.8	453.1	519.1	585.3	650.7	719.0	786.1	854.0	922.1	991.1	1,060	1,130	1,200	1,272	1,342	1,417	1,490	1,564	1,642	1,717	1,795	1,873	1,954	2,036	2,119	2,206	2,290
4.00	VI	0.146	0.218	0.293	0.371	0.449	0.530	0.612	0.697	0.783	0.872	0.963	1,057	1,153	1,253	1,355	1,462	1,570	1,685	1,802	1,922	2,051	2,183	2,319	2,493	2,612	2,269	2,933	3,106	3,288
	d	4.12	4.16	4.20	4.24	4.27	4.31	4.36	4.40	4.44	4.49	4.53	4.58	4.63	4.68	4.73	4.78	4.84	4.89	4.95	5.01	5.08	5.14	5.21	5.28	5.36	5.43	5.52	5.59	6.69
	A	0.125	0.161	0.199	0.238	0.278	0.319	0.360	0.403	0.447	0.492	0.538	0.586	0.635	0.685	0.74	0.791	0.845	0.904	0.963	1,024	1,089	1,156	1,225	1,297	1,373	1,452	1,536	1,623	1,715
	V	302.1	386.7	474.1	562.5	650.4	738.8	827.5	917.0	1,006	1,097	1,188	1,280	1,372	1,465	1,559	1,654	1,749	1,847	1,945	2,043	2,145	2,250	2,351	2,456	2,563	2,672	2,784	2,902	3,012

ตารางที่ 1 (ต่อ)

W(m)	Ø (o)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	S(%)	3.49	5.24	6.99	8.75	10.51	12.28	11.05	15.84	17.63	19.44	21.26	23.09	24.93	26.8	26.7	30.57	32.49	34.4	36.4	38.39	40.4	42.45	44.52	46.63	48.77	50.95	53.17	55.43	57.74
5.00	VI	0.182	0.272	0.365	0.462	0.560	0.661	0.763	0.869	0.976	1,088	1,201	1,318	1,438	1,563	1,690	1,823	1,958	2,101	2,247	2,397	2,557	2,721	2,892	3,071	3,257	3,452	3,657	3,873	4,099
	d	5.14	5.19	5.23	5.28	5.33	5.38	5.43	5.48	5.53	5.59	5.65	5.71	5.77	5.83	5.90	5.96	6.03	6.1	6.17	6.25	6.33	6.41	6.50	6.59	6.68	6.78	6.88	6.98	7.10
	A	0.178	0.235	0.294	0.355	1,417	0.480	0.545	0.611	0.679	0.750	0.821	0.895	0.971	1,050	1,130	1,214	1,299	1,389	1,482	1,576	1,677	1,781	1,899	2,002	2,119	2,242	2,372	2,508	2,651
	V	346.3	452.4	561.3	671.9	781.7	892.3	1003.2	1,115	1,227	1,340	1,453	1,568	1,683	1,800	1,917	2,036	2,155	2,278	2,400	2,523	2,650	2,778	2,908	3,038	3,173	3,309	3,448	3,595	3,734
6.00	VI	0.218	0.326	0.438	0.554	0.671	0.791	0.914	1,041	1,170	1,303	1,439	1,579	1,723	1,873	2,025	2,183	2,346	2,516	2,692	2,871	3,063	3,260	3,465	3,679	3,902	4,136	4,382	4,639	4,911
	d	6.16	6.21	6.27	6.33	6.39	6.45	6.51	6.57	6.63	6.70	6.77	6.84	6.91	6.99	7.06	7.14	7.22	7.31	7.40	7.49	7.58	7.68	7.78	7.89	8.00	8.12	8.24	8.36	8.51
	A	0.240	0.322	0.407	0.494	0.583	0.674	0.767	0.863	0.960	1,061	1,164	1,270	1,379	1,492	1,607	1,727	1,850	1,978	2,112	2,247	2,392	2,541	2,696	2,858	3,026	3,203	3,389	3,584	3,790
	V	390.5	518.1	648.5	781.3	913.9	1,046	1,779	1,313	1,447	1,583	1,719	1,857	1,995	2,136	2,275	2,418	2,561	2,707	2,855	3,002	3,155	3,309	3,464	3,621	3,782	3,946	4,113	4,289	4,456
7.00	VI	0.254	0.380	0.507	0.645	0.782	0.922	1,065	1,213	1,363	1,518	1,677	1,840	2,008	2,182	2,359	2,544	2,734	2,932	3,137	3,346	3,569	3,799	4,038	4,287	4,547	4,819	5,106	5,406	5,723
	d	7.18	7.24	7.31	7.37	7.44	7.51	7.58	7.66	7.73	7.81	7.89	7.97	8.05	8.14	8.23	8.32	8.42	8.52	8.62	8.72	8.83	8.95	9.07	9.20	9.32	9.46	9.60	9.74	9.91
	A	0.312	0.423	0.535	0.657	0.777	0.901	1,027	1,157	1,289	1,426	1,566	1,710	1,857	2,011	2, 167	2,330	2,497	2,672	2,853	3,037	3,234	3,436	3,646	3,866	4,095	4,335	4,588	4,852	5,131
	V	434.7	583.9	726.1	890.6	1,044	1,199	1,354	1,511	1,668	1,826	1,985	2,146	2,306	2,470	2,634	2,800	2,967	3,138	3,310	3,482	3,660	3,840	4,021	4,203	4,392	4,583	4,771	4,982	5,177
8.00	VI	0.290	0.433	0.582	0.737	0.893	1,053	1,217	1,385	1,556	1,733	1,915	2,102	2,293	2,491	2,694	2,903	3,121	3,348	3,582	3,819	4,076	4,338	4,610	4,489	5,192	5,503	5,830	6,173	6,535
	d	8.20	8.26	8.34	8.42	8.50	8.58	8.66	8.74	8.83	8.92	9.01	9.10	9.20	9.30	9.40	9.50	9.61	9.72	9.84	9.96	10.09	10.22	10.36	10.50	10.65	10.81	10.96	11.12	11.32
	A	0.392	0.536	0.687	0.842	0.999	1,160	1,325	1,494	1,667	1,845	2,028	2,216	2,408	2,607	2,812	3,024	3,241	3,470	3,705	3,943	4,202	4,466	4,740	5,026	5,325	5,638	5,967	6,312	6,676
	V	478.9	649.0	823.1	1,000	1,176	1,353	1,530	1,704	1,880	2,069	2,251	2,435	2,618	2,805	2,992	3,182	3,372	3,568	3,765	3,959	4,165	4,370	4,577	4,786	5,002	5,220	5,442	5,676	5,899
10.00	VI	0.362	0.541	0.727	0.92	1,115	1,315	1,519	1,729	1,943	2,164	2,391	2,624	2,862	3,110	3,364	3,627	3,897	4,170	4,472	4,769	5,088	5,416	5,756	6,111	6,481	6,870	7,279	7,707	8,158
	d	10.23	10.32	10.41	10.51	10.61	10.71	10.81	10.91	11.02	11.13	11.25	11.36	11.48	11.60	11.7	11.86	12.00	12.14	12.29	12.43	12.59	12.58	12.93	13.11	13.29	13.49	13.69	13.88	14.13
	A	0.606	0.805	1,049	1,281	1,526	1,777	2,034	2,310	2,567	2,844	3,129	3,421	3,721	4,033	4,351	4,682	5,021	5,364	5,744	6,117	6,517	6,927	7,356	7,803	8,268	8,756	9,269	9,807	10,374
	V	592.7	779.8	977.6	1,219	1,438	1,660	1,881	2,116	2,329	2,555	2,782	3,012	3,241	3,475	3,709	3,947	4,185	4,419	4,675	4,919	5,175	5,507	5,690	5,951	6,221	6,493	6,771	7,064	7,342

* ค่า VI คือ ความแตกต่างด้านความสูงของขั้นบันไดดินแต่ละขั้น ในแนวดิ่ง (เมตร)
* ค่า W คือ ความกว้างของตัวขั้นบันไดดินแต่ละขั้น (เมตร)
* ค่า d คือ ความกว้างของขั้นบันไดดินและผนังด้านข้าง รวมกัน (เมตร)
* ค่า V คือ ปริมาณดินขุด ดินถม (ลบ.ม./เฮกตาร์)
* ค่า S คือ ความลาดเทของพื้นที่ (เปอร์เซ็นต์)
* ค่า Ø คือ ความลาดเทของพื้นที่ (องศา)

ตารางที่ 2 ปริมาณดินขุดและดินถมขั้นบันไดดินสำหรับปลูกพืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับ และพืชไร่ (ลบ.ม./ไร่)

W(m)	Ø (o)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	S(%)	3.49	5.24	6.99	8.75	10.51	12.28	11.05	15.84	17.63	19.44	21.26	23.09	24.93	26.80	26.67	30.57	32.49	34.40	36.40	38.39	40.40	42.45	44.52	46.63	48.77	50.95	53.17	55.43	57.74
1.00	V (m^3)	27.0	30.5	34.0	37.5	41.0	44.6	48.1	51.7	39.3	58.9	62.5	66.2	69.9	73.6	77.3	81.1	85.0	88.9	92.8	96.7	100.8	104.9	109.0	113.2	117.5	121.9	126.4	131.0	135.5
1.50	V	30.6	35.7	40.9	46.3	51.5	56.8	62.2	67.5	72.9	78.3	83.7	89.3	94.8	100.4	106.0	111.6	117.4	123.3	129.1	135.1	141.2	147.4	153.6	159.8	166.2	172.8	179.5	186.6	213.3
2.00	V	34.3	41.0	47.9	55.0	62.0	69.1	76.1	83.3	90.5	97.8	104.7	112.4	119.7	127.2	134.7	142.3	149.9	157.8	165.6	173.4	181.6	187.4	198.2	206.4	215.0	223.8	232.6	242.1	251.0
2.50	V	37.7	46.2	54.9	63.8	72.6	81.4	90.3	99.2	108.2	117.2	126.3	135.5	144.6	154.0	163.4	172.8	178.2	192.2	201.9	211.8	222.1	232.3	242.6	253.1	263.8	274.7	285.9	297.6	308.6
3.00	V	41.3	51.4	61.9	72.5	83.1	93.6	104.1	115.0	125.8	136.6	147.5	158.6	169.6	180.8	192.0	203.5	214.7	226.7	238.4	250.2	262.7	274.7	287.2	299.7	312.6	325.8	339.0	353.0	366.4
4.00	V	48.3	61.9	75.9	90.0	104.1	118.2	132.4	146.7	161.0	175.5	190.1	204.8	219.5	234.4	249.4	264.6	279.8	295.5	311.2	326.9	343.2	360.0	376.2	393.0	410.1	427.5	445.4	464.3	481.9
5.00	V	55.4	72.4	89.8	107.5	125.1	142.8	160.5	178.4	196.3	214.4	232.5	250.9	269.3	288.0	306.7	325.8	344.8	364.5	384.0	403.7	424.0	444.5	465.3	486.1	507.7	529.4	551.7	575.2	597.4
6.00	V	62.5	82.9	103.8	125.0	146.2	167.4	284.6	210.1	231.5	253.3	275.0	297.1	319.2	341.8	364.0	386.9	409.8	433.1	456.8	480.3	504.8	529.4	554.2	579.4	605.1	631.4	658.1	686.2	713.0
7.00	V	69.6	93.4	116.2	142.5	167.0	191.8	216.6	241.8	266.9	292.2	317.6	343.4	369.0	395.2	421.4	448.0	474.7	502.1	529.6	557.1	585.6	614.4	643.4	672.5	702.7	733.3	763.4	797.1	828.3
8.00	V	76.6	103.8	131.7	160.0	188.2	216.5	244.8	272.6	300.8	331.0	360.2	389.6	418.9	448.8	478.7	509.1	539.5	570.9	602.4	633.4	666.4	699.2	732.3	765.8	800.3	835.2	870.7	908.2	943.8
10.00	V	94.8	124.8	156.4	195.0	230.1	265.6	301.0	338.6	372.6	408.8	445.1	481.9	518.6	556.0	593.4	631.5	669.6	707.0	748.0	787.0	828.0	881.1	910.4	952.2	995.4	1,038.9	1,083.4	1,130.2	1,174.7

ที่มา : ดัดแปลงมาจากตารางที่ 1 ของ T.C.Sheng 1977, (Ø)

หมายเหตุ : 1. ช่วง Ø ตามแนวนอนของตาราง คือ ความลาดเทของพื้นที่ (องศา)

2. S(%) ตามแนวนอนของตาราง คือ ความลาดเทของพื้นที่ (เปอร์เซ็นต์)

3. V ตามแนวนอนของตาราง คือ ปริมาณดินขุด ดินถม (ลบ.ม./ไร่)

4. ช่อง W (m) ตามแนวตั้งของตาราง คือ ความกว้างของขั้นบันไดดิน (เมตร)

ตารางที่ 3 แสดงราคางาน ของการก่อสร้างขั้นบันไดดิน (บาท/ไร่)

W(m)	Ø (o)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	S(%)	3.49	5.24	6.99	8.75	10.51	12.28	11.05	15.84	17.63	19.44	21.26	23.09	24.93	26.8	26.67	30.57	32.49	34.4	36.4	38.39	40.4	42.45	44.52	46.63	48.77	50.95	53.17	55.43	57.74
1.00	แรงคน	1,753	1,981	2,209	2,438	2,667	2,896	3,127	3,359	2,552	3,827	4,062	4,304	4,541	4,784	5,027	5,274	5,523	5,776	6,032	6,286	6,552	6,818	7,088	7,359	7,640	7,923	8,213	8,517	8,806
	เครื่องจักร	271	307	342	377	412	448	484	520	395	592	628	666	702	740	777	815	854	893	933	972	1,013	1,054	1,096	1,138	1,181	1,225	1,270	1,316	1,362
1.50	แรงคน	1,992	2,321	2,661	3,007	3,350	3,694	4,040	4,389	4,738	5,091	5,443	5,805	6,161	6,526	6,890	7,257	7,633	8,017	8,391	8,784	9,179	9,578	9,982	10,390	10,806	11,232	11,669	12,126	13,863
	เครื่องจักร	308	359	412	465	518	571	624	678	732	787	841	898	953	1,009	1,065	1,122	1,180	1,239	1,297	1,358	1,419	1,481	1,544	1,606	1,671	1,737	1,804	1,875	2,143
2.00	แรงคน	2,230	2,662	3,115	3,576	4,032	4,492	4,946	5,417	5,884	6,355	6,805	7,306	7,781	8,268	8,755	9,251	9,745	10,256	10,764	11,274	11,804	12,178	12,886	13,416	13,978	14,550	15,122	15,735	16,318
	เครื่องจักร	345	412	481	553	624	694	765	837	910	983	1,052	1,130	1,203	1,278	1,354	1,430	1,506	1,586	1,664	1,743	1,825	1,883	1,993	2,074	2,161	2,250	2,338	2,433	2,523
2.50	แรงคน	2,452	3,002	3,569	4,144	4,716	5,289	5,867	6,448	7,030	7,621	8,207	8,807	9,402	10,010	10,618	11,232	11,586	12,490	13,125	13,770	14,435	15,101	15,766	16,453	17,150	17,857	18,585	19,344	20,062
	เครื่องจักร	379	464	552	641	729	818	907	997	1,087	1,178	1,269	1,362	1,454	1,548	1,642	1,737	1,792	1,931	2,029	2,129	2,232	2,335	2,437	2,544	2,652	2,761	2,874	2,991	3,102
3.00	แรงคน	2,682	3,344	4,023	4,712	5,399	6,087	6,767	7,478	8,175	8,882	9,590	10,307	11,024	11,752	12,480	13,229	13,957	14,737	15,496	16,266	17,077	17,857	18,668	19,479	20,322	21,174	22,038	22,942	23,816
	เครื่องจักร	415	517	622	729	835	941	1,046	1,156	1,264	1,373	1,482	1,594	1,704	1,817	1,930	2,046	2,158	2,279	2,396	2,515	2,640	2,761	2,886	3,012	3,142	3,274	3,407	3,547	3,682
4.00	แรงคน	3,142	4,022	4,931	5,850	6,764	7,684	8,606	9,537	10,462	11,409	12,355	13,312	14,269	15,236	16,214	17,202	18,190	19,209	20,228	21,247	22,308	23,400	24,450	25,542	26,655	27,789	28,954	30,181	31,325
	เครื่องจักร	485	622	763	905	1,046	1,188	1,331	1,475	1,618	1,764	1,911	2,058	2,206	2,356	2,507	2,660	2,812	2,970	3,128	3,285	3,449	3,618	3,780	3,949	4,122	4,296	4,477	4,667	4,843
5.00	แรงคน	3,602	4,705	5,838	6,988	8,130	9,280	10,433	11,596	12,761	13,936	15,111	16,307	17,503	18,720	19,937	21,174	22,412	23,691	24,960	26,239	27,560	28,891	30,243	31,595	32,999	34,414	35,859	37,388	38,834
	เครื่องจักร	557	728	903	1,080	1,257	1,435	1,613	1,793	1,973	2,155	2,337	2,522	2,706	2,894	3,083	3,274	3,465	3,663	3,860	4,057	4,262	4,467	4,676	4,885	5,102	5,321	5,545	5,781	6,005
6.00	แรงคน	4,061	5,388	6,744	8,126	9,505	10,878	18,502	13,655	15,049	16,463	17,878	19,313	20,748	22,214	23,660	25,147	26,634	28,153	29,692	31,221	32,812	34,414	36,026	37,658	39,333	41,038	42,775	44,606	46,342
	เครื่องจักร	628	833	1,043	1,256	1,470	1,682	2,861	2,112	2,327	2,545	2,764	2,986	3,208	3,434	3,659	3,888	4,118	4,353	4,591	4,827	5,073	5,321	5,570	5,823	6,082	6,345	6,614	6,897	7,165
7.00	แรงคน	4,521	6,073	7,551	9,262	10,858	12,470	14,082	15,714	17,347	18,990	20,644	22,318	23,982	25,688	27,394	29,120	30,857	32,635	34,424	36,213	38,064	39,936	41,818	43,711	45,677	47,663	49,618	51,813	53,841
	เครื่องจักร	699	939	1,168	1,432	1,679	1,928	2,177	2,429	2,682	2,936	3,192	3,451	3,708	3,972	4,235	4,502	4,771	5,046	5,322	5,599	5,885	6,175	6,466	6,759	7,062	7,369	7,672	8,011	8,324
8.00	แรงคน	4,981	6,750	8,560	10,400	12,230	14,071	15,912	17,722	19,552	21,518	23,410	25,324	27,227	29,172	31,117	33,093	35,069	37,107	39,156	41,174	43,316	45,448	47,601	49,774	52,021	54,288	56,597	59,030	61,350
	เครื่องจักร	770	1,044	1,324	1,608	1,891	2,175	2,460	2,740	3,023	3,327	3,620	3,915	4,210	4,510	4,811	5,116	5,422	5,738	6,054	6,366	6,697	7,027	7,360	7,696	8,043	8,394	8,751	9,127	9,486
10.00	แรงคน	6,164	8,110	10,167	12,678	14,955	17,264	19,562	22,006	24,222	26,572	28,933	31,325	33,706	36,140	38,574	41,049	43,524	45,958	48,620	51,158	53,820	57,273	59,176	61,890	64,698	67,527	70,418	73,466	76,357
	เครื่องจักร	953	1,254	1,572	1,960	2,313	2,669	3,025	3,403	3,745	4,108	4,474	4,843	5,212	5,587	5,964	6,347	6,729	7,106	7,517	7,910	8,321	8,855	9,150	9,569	10,003	10,441	10,888	11,359	11,806

หมายเหตุ : 1. ตารางที่ 3 ได้จาก การคำนวณต่อเนื่องจากตารางที่ 2

2. ค่าแรงงานคนขุด เท่ากับ 65 บาท ต่อปริมาณดิน 1 ลบ.ม. (ใช้งบราคากลางของสำนักงบประมาณ)

3. ค่าแรงงานรถขุด เท่ากับ 10.05 บาท ต่อปริมาณดิน 1 ลบ.ม. (ใช้งบราคากลางของสำนักงบประมาณ)

ตารางที่ 4 แสดงเวลาทำงานในการจัดเตรียมพื้นที่ปลูกพืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับ และพืชไร่ (แรงคน หน่วยเป็น วัน/ไร่, เครื่องจักร หน่วยเป็น ชั่วโมง/ไร่)

W(m)	Ø (o)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	S(%)	3.49	5.24	6.99	8.75	10.51	12.28	11.05	15.84	17.63	19.44	21.26	23.09	24.93	26.80	26.67	30.57	32.49	34.40	36.40	38.39	40.40	42.45	44.52	46.63	48.77	50.95	53.17	55.43	57.74
1.00	แรงคน	16.06	18.14	20.23	22.32	24.42	26.52	28.64	30.76	23.37	35.05	37.20	39.41	41.58	43.81	46.04	48.30	50.58	52.90	55.24	57.56	60.00	62.44	64.90	67.39	69.96	72.55	75.21	77.99	80.64
	เครื่องจักร	0.27	0.30	0.34	0.38	0.41	0.45	0.48	0.52	0.39	0.59	0.62	0.66	0.70	0.74	0.77	0.81	0.85	0.89	0.93	0.97	1.01	1.05	1.09	1.13	1.18	1.22	1.26	1.31	1.35
1.50	แรงคน	18.24	21.26	24.37	27.53	30.68	33.83	37.00	40.19	43.39	46.62	49.85	53.16	56.42	59.76	63.10	66.46	69.90	73.42	76.84	80.44	84.06	87.71	91.41	95.14	98.95	102.9	106.9	111.0	127.0
	เครื่องจักร	0.31	0.36	0.41	0.46	0.52	0.57	0.62	0.68	0.73	0.78	0.84	0.89	0.95	1.00	1.06	1.12	1.17	1.23	1.29	1.35	1.41	1.47	1.54	1.60	1.66	1.73	1.80	1.87	2.13
2.00	แรงคน	20.4	24.4	28.5	32.7	36.9	41.1	45.3	49.6	53.9	58.2	62.3	66.9	71.3	75.7	80.2	84.7	89.2	93.9	98.6	103.2	108.1	111.5	118.0	122.9	128.0	133.2	138.5	144.1	149.4
	เครื่องจักร	0.34	0.41	0.48	0.55	0.62	0.69	0.76	0.83	0.91	0.98	1.05	1.12	1.20	1.27	1.35	1.42	1.50	1.58	1.66	1.73	1.82	1.87	1.98	2.06	2.15	2.24	2.33	2.42	2.51
2.50	แรงคน	22.5	27.5	32.7	38.0	43.2	48.4	53.7	59.0	64.4	69.8	75.2	80.6	86.1	91.7	97.2	102.9	106.1	114.4	120.2	126.1	132.2	138.3	144.4	150.7	157.0	163.5	170.2	177.1	183.7
	เครื่องจักร	0.38	0.46	0.55	0.64	0.73	0.81	0.90	0.99	1.08	1.17	1.26	1.35	1.45	1.54	1.63	1.73	1.78	1.92	2.02	2.12	2.22	2.32	2.43	2.53	2.64	2.75	2.86	2.98	3.09
3.00	แรงคน	24.6	30.6	36.8	43.2	49.4	55.7	62.0	68.5	74.9	81.3	87.8	94.4	101.0	107.6	114.3	121.1	127.8	135.0	141.9	149.0	156.4	163.5	171.0	178.4	186.1	193.9	201.8	210.1	218.1
	เครื่องจักร	0.41	0.51	0.62	0.72	0.83	0.94	1.04	1.15	1.26	1.37	1.48	1.59	1.70	1.81	1.92	2.04	2.15	2.27	2.38	2.50	2.63	2.75	2.87	3.00	3.13	3.26	3.39	3.53	3.66
4.00	แรงคน	28.8	36.8	45.2	53.6	61.9	70.4	78.8	87.3	95.8	104.5	113.1	121.9	130.7	139.5	148.5	157.5	166.6	175.9	185.2	194.6	204.3	214.3	223.9	233.9	244.1	254.5	265.1	276.4	286.9
	เครื่องจักร	0.48	0.62	0.76	0.90	1.04	1.18	1.32	1.47	1.61	1.76	1.90	2.05	2.20	2.34	2.49	2.65	2.80	2.96	3.11	3.27	3.43	3.60	3.76	3.93	4.10	4.28	4.45	4.64	4.82
5.00	แรงคน	33.0	43.1	53.5	64.0	74.4	85.0	95.5	106.2	116.9	127.6	138.4	149.3	160.3	171.4	182.6	193.9	205.2	217.0	228.6	240.3	252.4	264.6	277.0	289.3	302.2	315.1	328.4	342.4	355.6
	เครื่องจักร	0.55	0.72	0.90	1.08	1.25	1.43	1.61	1.78	1.96	2.14	2.32	2.51	2.69	2.88	3.07	3.26	3.45	3.64	3.84	4.04	4.24	4.44	4.65	4.86	5.08	5.29	5.52	5.75	5.97
6.00	แรงคน	37.2	49.3	61.8	74.4	87.0	99.6	169.4	125.0	137.8	150.8	163.7	176.9	190.0	203.4	216.7	230.3	243.9	257.8	271.9	285.9	300.5	315.1	329.9	344.9	360.2	375.8	391.7	408.5	424.4
	เครื่องจักร	0.62	0.83	1.04	1.25	1.46	1.67	2.85	2.10	2.32	2.53	2.75	2.97	3.19	3.42	3.64	3.87	4.10	4.33	4.57	4.80	5.05	5.29	5.54	5.79	6.05	6.31	6.58	6.86	7.13
7.00	แรงคน	41.4	55.6	69.2	84.8	99.4	114.2	129.0	143.9	158.9	173.9	189.0	204.4	219.6	235.2	250.9	266.7	282.6	298.9	315.2	331.6	348.6	365.7	383.0	400.3	418.3	436.5	454.4	474.5	493.0
	เครื่องจักร	0.70	0.93	1.16	1.42	1.67	1.92	2.17	2.42	2.67	2.92	3.18	3.43	3.69	3.95	4.21	4.48	4.75	5.02	5.30	5.57	5.86	6.14	6.43	6.72	7.03	7.33	7.63	7.97	8.28
8.00	แรงคน	45.6	61.8	78.4	95.2	112.0	128.9	145.7	162.3	179.0	197.0	214.4	231.9	249.3	267.1	285.0	303.0	321.1	339.8	358.6	377.0	396.7	416.2	435.9	455.8	476.4	497.1	518.3	540.6	561.8
	เครื่องจักร	0.77	1.04	1.32	1.60	1.88	2.16	2.45	2.73	3.01	3.31	3.60	3.90	4.19	4.49	4.79	5.09	5.40	5.71	6.02	6.33	6.66	6.99	7.32	7.66	8.00	8.35	8.71	9.08	9.44
10.00	แรงคน	56.4	74.3	93.1	116.1	137.0	158.1	179.1	201.5	221.8	243.3	265.0	286.9	308.7	331.0	353.2	375.9	398.6	420.9	445.2	468.5	492.9	524.5	541.9	566.8	592.5	618.4	644.9	672.8	699.2
	เครื่องจักร	0.95	1.25	1.56	1.95	2.30	2.66	3.01	3.39	3.73	4.09	4.45	4.82	5.19	5.56	5.93	6.32	6.70	7.07	7.48	7.87	8.28	8.81	9.10	9.52	9.95	10.39	10.83	11.30	11.75

หมายเหตุ : 1. เครื่องจักรกล ประสิทธิภาพในการขุดและถมดินทำขั้นบันไดดิน เท่ากับ 100 ลบ.ม./ชั่วโมง

2. แรงคน ประสิทธิภาพในการขุดและถมดินทำขั้นบันไดดิน เท่ากับ 0.28 ลบ.ม./ชั่วโมง
คน 1 คน ทำงานวันละ 6 ชั่วโมง ดังนั้น คน 1 คนใน 1 ทำงานได้ 1.68 ลบ.ม. /วัน

3. การจ้างแรงงาน โดยทั่วไปของประเทศไทย

3.1 ค่าแรงคน จ้างเป็น จำนวนคนต่อวัน

3.2 ค่าจ้างเครื่องจักรกล จ้างเป็น ชั่วโมง

ชื่อต้นแบบ ขั้นบันไดดิน เพื่อการปลูกไม้ผลในพื้นที่ที่มีความลาดชัน

(Bench terrace ; Inward type)

โดย

วินัย อักษรพันธ์ [1] **พิพัฒน์ ไทยกล้า [2]** **ชาติชาย พูนพาณิชย์ [3]**

1. วัตถุประสงค์ เพื่อการปลูกไม้ผลในพื้นที่ที่มีความลาดเทเล็กน้อยจนกระทั่งมีความลาดชันสูงหรืออาจใช้เพาะปลูกไม้ดอกไม้ประดับ พืชผัก พืชไร่ ที่ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงก็ได้

2. อรรถประโยชน์และประโยชน์ใช้สอย โดย พิพัฒน์ ไทยกล้า

2.1 สามารถเพาะปลูกไม้ผล หรือ พืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับ และพืชไร่ได้ ในพื้นที่ที่มีความลาดเทตั้งแต่เล็กน้อยจนกระทั่งพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงได้ และต้องจัดเตรียมทางระบายน้ำไว้เป็นอย่างดี เพื่อป้องกันการแช่ขังของน้ำในช่วงฝนตกชุก ดังภาพข้างบน ซึ่งระบายน้ำที่ด้านในสุดของขั้นบันได

2.2 สามารถเก็บกักน้ำหรือระบายน้ำออกจากพื้นที่ได้ง่ายและสะดวก เนื่องจากแต่ละชั้นของขั้นบันไดมีทั้งคันดินกั้นน้ำขนาดเล็กที่ขอบนอกของขั้นบันได และทางระบายออกสู่ทางระบายน้ำธรรมชาติ หรือทางระบายน้ำหลักที่สร้างขึ้นมาอย่างเหมาะสมในพื้นที่

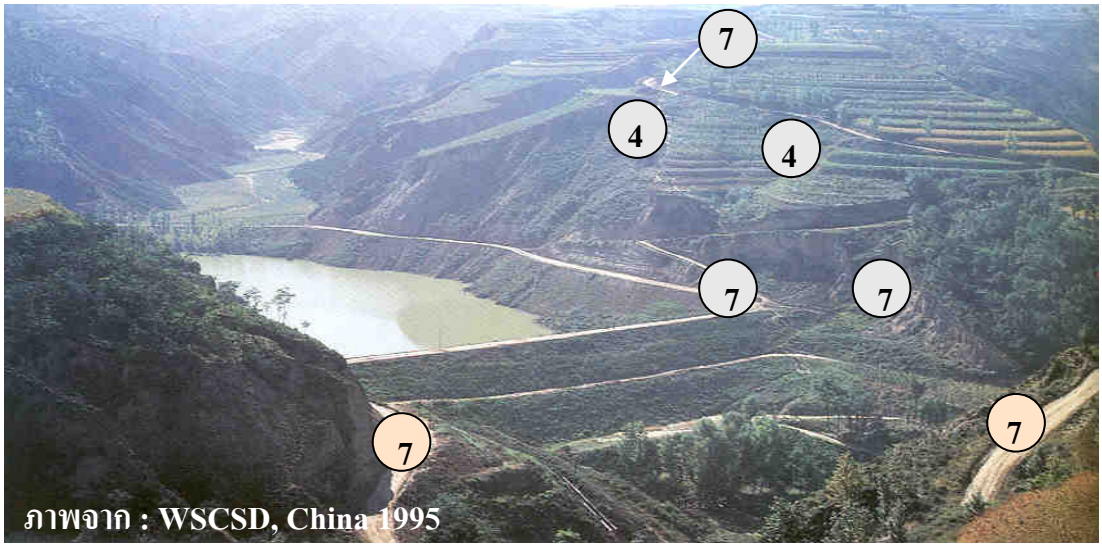
[1] วิศวกรการเกษตร 7 ฝ่ายวิศวกรรมและเทคโนโลยี กองช่าง

[2] นักวิชาการเกษตร 8ว. กลุ่มวิจัยและพัฒนาการอนุรักษ์ดินและน้ำพื้นที่สูง สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน

[3] วิศวกรเครื่องกล 7 ฝ่ายวิศวกรรมและเทคโนโลยี กองช่าง

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

2.3 ในกรณีที่มีการเก็บรวบรวมน้ำส่วนเกินในฤดูฝนจากพื้นที่แต่ละขั้นบันไดไปเก็บรวบรวมไว้ และมีระบบที่สามารถนำน้ำกลับมาใช้ได้ยามฝนทิ้งช่วง ทำให้สามารถใช้พื้นที่นั้นปลูกไม้ผล หรือพืชไร่ หรือพืชผัก หรือไม้ดอกไม้ประดับแทรกในแถวไม้ผล ทำให้ได้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูง



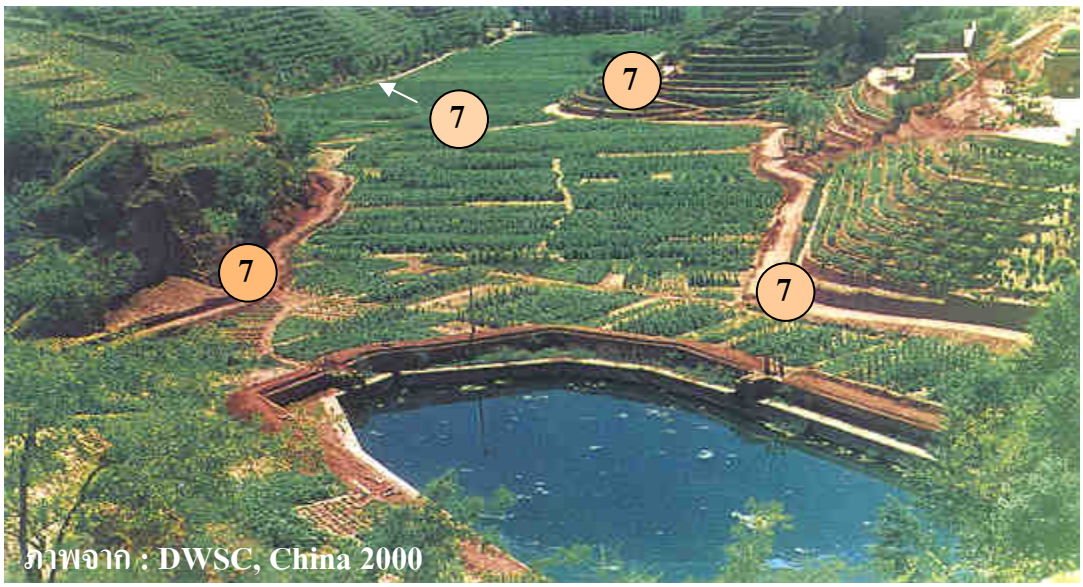
ภาพจาก : WSCSD, China 1995

2.4 สามารถควบคุมการไหลบ่าของน้ำบนพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงวิธีการหนึ่ง แม้จะต้องลงทุนสูงในระยะแรก แต่ในระยะยาวสามารถใช้ประโยชน์ที่ดินได้อย่างยั่งยืนและกว้างขวาง

ภาพจาก : DWSC, China 2000

2.5 สามารถป้องกัน แก้ไข ปัญหาการเสื่อมโทรมของดินอันเนื่องมาจากการเกิดการชะล้างพังทลายของดิน การสูญเสียหน้าดิน และธาตุอาหารพืช ที่มีสาเหตุมาจากน้ำไหลบ่าในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด

2.6 ทำให้การบริหารและจัดการเพาะปลูกไม้ผล หรือพืชเศรษฐกิจที่มีราคาแพงอื่นๆ ในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงๆ สะดวกขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการขนส่งวัสดุ อุปกรณ์ หรือเครื่องจักรเครื่องมือ ที่จำเป็นต้องใช้ในการเพาะปลูกเข้าสู่แปลง หรือการขนผลผลิตออกสู่ตลาดรับซื้อ โดยผ่านทางลำเลียงในพื้นที่ ดังภาพข้างล่าง



ภาพจาก : DWSC, China 2000

2.7 ประโยชน์ทางอ้อม ถ้าการทำสวนผลไม้ขั้นบันไดแบบนี้ เป็นการทำแบบต่อเนื่องทั้งหุบเขา จะก่อให้เกิดทัศนียภาพที่มีความงดงามมาก จนสามารถจัดทำเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่นักท่องเที่ยวเกือบทั้งโลกชื่นชอบและนิยมไปเที่ยวดู ตามภาพที่ปรากฏข้างล่าง

ภาพจาก : DWSC China,2000

3. ข้อกำหนดและเงื่อนไขที่ใช้ในการดำเนินงาน โดย พิพัฒน์ ไทยกล้า

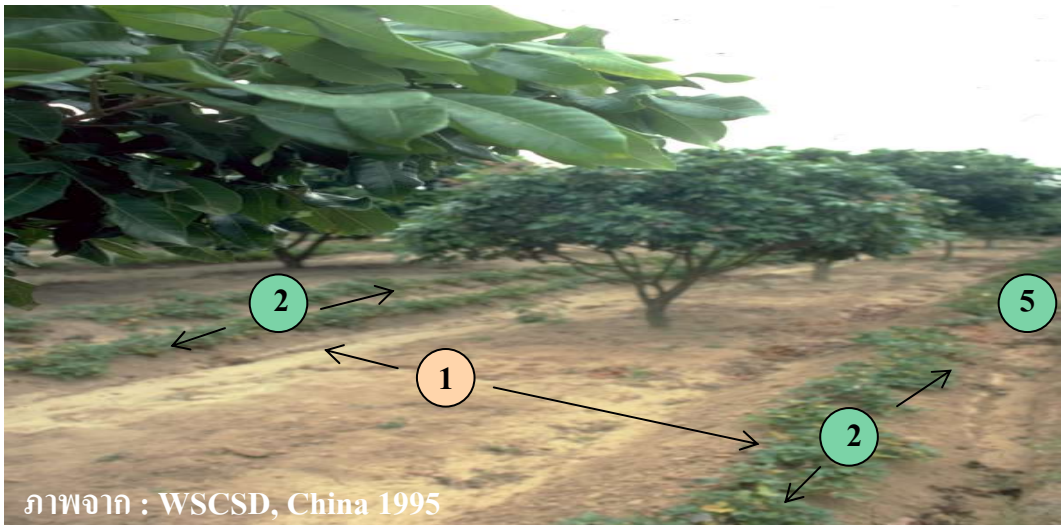
3.1 ในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง แต่ต้องการทำขั้นบันไดดินแบบนี้ ดินจำเป็นต้องมีความลึกพอควร น่าจะลึกตั้งแต่ 2 เมตร ขึ้นไป เพื่อให้เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของรากไม้ผลที่ปลูก

3.2 ในพื้นที่ที่มีความลาดชันแม้เพียงเล็กน้อย ถ้าต้องการปลูกไม้ผลที่ต้องการความสะดวกในด้านการบริหารและจัดการเพาะปลูกอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ก็จำเป็นต้องจัดเตรียมพื้นที่ตามต้นแบบดังกล่าวมานี้เช่นกัน ในทำนองเดียวกันก็สามารถใช้พื้นที่ดังกล่าวในการเพาะปลูกพืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับ การปรับพื้นที่ให้เป็นขั้นบันไดดินจะทำให้การดำเนินการทุกกิจกรรมไม่ว่าการไถเตรียมพื้นที่ การใส่ปุ๋ย การตกแต่งกิ่งทรงพุ่มหรือการค้ำยันกิ่ง การเก็บเกี่ยวผลผลิต การขนส่งปุ๋ย วัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือทางการเกษตร เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและสามารถใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืน ดังภาพข้างล่าง

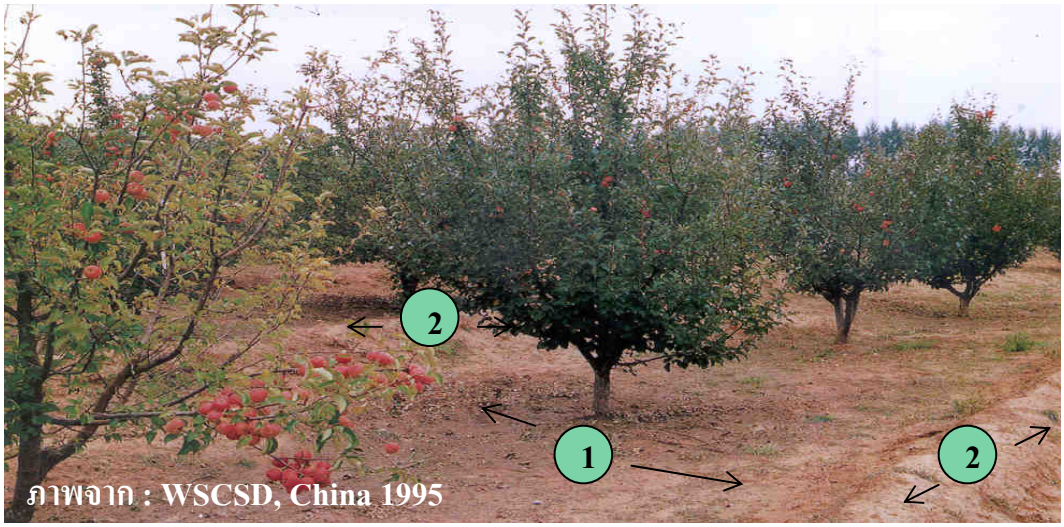
3.3 ขั้นบันไดดินควรสร้างอย่างต่อเนื่องติดกันเป็นชั้นๆ จะเป็นการป้องกันการชะล้างพังทลายของดินที่มีประสิทธิภาพ และให้ความมั่นใจสูง

4. รูปร่างลักษณะของขั้นบันไดดินปลูกไม้ผล โดย พิพัฒน์ ไทยกล้า

4.1 ภาพตัวอย่างขั้นบันไดดินปลูกไม้ผล แบบมีขอบแปลงเป็นคันดินขนาดเล็กคล้ายคันนา



4.2 ภาพตัวอย่างขั้นบันไดดินที่ใช้ปลูกไม้ผล แบบเดียวกันกับข้างบน



4.3 ภาพตัวอย่างขั้นบันไดดินปลูกไม้ผล แบบผนังขั้นบันไดเป็นก้อนหินเรียงกัน

4.4 ภาพตัวอย่างขั้นบันไดดินปลูกไม้ผลแบบหนึ่งที่เหมาะสำหรับพื้นที่แห้งแล้ง

5. องค์ประกอบของต้นแบบ จากภาพของขั้นบันไดดินจะเห็นว่าประกอบด้วย**โดย พิพัฒน์ ไทยกล้า**

ภาพหมายเลขที่ (1) ตัวขั้นบันไดดินที่ใช้สำหรับปลูกไม้ผลหรือพืชเศรษฐกิจชนิดต่างๆ แทรกระหว่างต้น ขณะไม้ผลยังเล็กอยู่ มีลักษณะเป็นพื้นที่ราบเรียบแต่เอียงเข้าด้านในเพื่อระบายน้ำด้านที่ติดผนังด้านในแต่ควรลดระดับตามความยาวของขั้นบันไดสู่ทางระบายน้ำทางปลายสุดของขั้นบันได 0.01% หรือเท่ากับลดระดับ 10 ซม. ต่อความยาวของขั้นบันได 100 เมตร เพื่อสามารถระบายน้ำออกได้ ดังภาพที่ 4.2

ภาพหมายเลขที่ (2) ผนังด้านข้างของขั้นบันไดดินแต่ละขั้น เป็นดินปลูกหญ้าปกคลุมไว้อย่างหนาแน่น ดังภาพที่ 4.1

ภาพหมายเลขที่ (3) คันดินกั้นน้ำตรงปลายสุดของขั้นบันไดดินตามแนวขวาง สามารถใช้เป็นทางเดินเท้าได้ด้วย

ภาพหมายเลขที่ (4) ท่อเปิด เพื่อระบายน้ำออกจากพื้นที่ขั้นบันไดดินลงสู่ทางระบายน้ำในพื้นที่ ซึ่งอาจเป็นทางระบายน้ำตามธรรมชาติ หรือ สร้างขึ้น

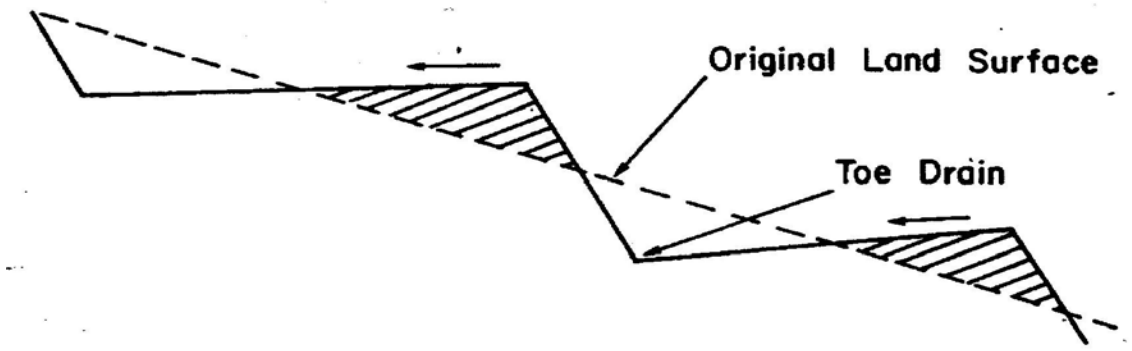
ภาพหมายเลขที่ (5) หญ้าแฝกตัดสั้น หรือ หญ้าแพรก หรือ หญ้ารูซี หรือ สวาซีแลนด์ หรืออื่นๆ ที่ปลูกปกคลุมด้านข้างของผนังขั้นบันไดดิน

ภาพหมายเลขที่ (6) ผนังขั้นบันไดทำด้วยหินก่อ ดังภาพที่ 4.3 เหมาะสำหรับใช้ในพื้นที่แห้งแล้ง

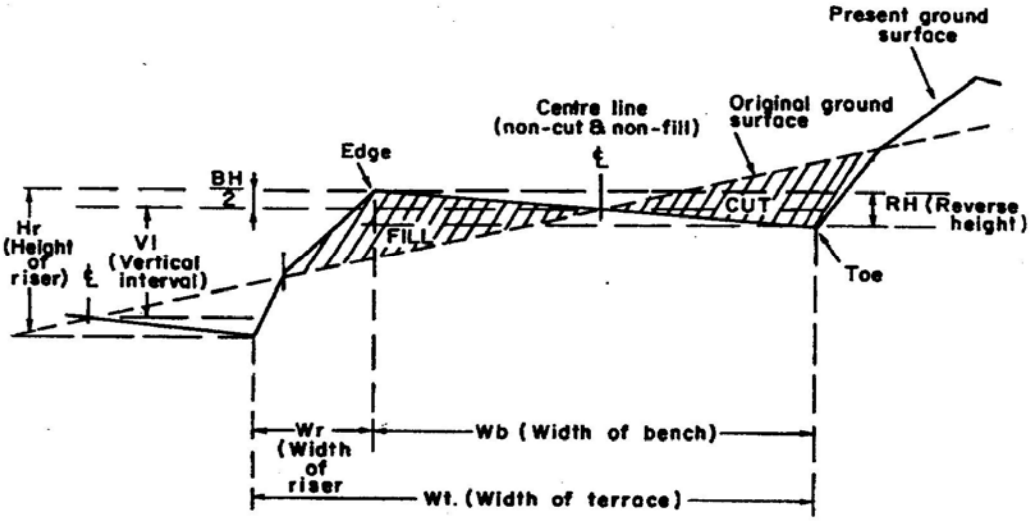
ภาพหมายเลขที่ (7) ถนนเชื่อมโยงในพื้นที่ทำการเกษตรบนพื้นที่สูงชัน (Access Road) ดังภาพข้อที่ 2.3 และ2.6 ด้านหน้า

6. แบบแปลนภาพตัดขวางของขั้นบันไดดินแบบเอียงเข้า โดย วินัย อักษรพันธ์

REVERSE SLOPING TERRACES



CROSS – SECTIONAL VIEW OF BENCH TERRACES



Length Units in metres except where stated

1. Verrical Interval (VI) : $VI = \frac{S \times Wb}{100 - S \times \mu}$

   (S : Slope in %

   μ : I or 0.75)

2. Reverse Height (RH) : $RH = Wb \times 0.05$
3. Height of Riser (Hr) : $Hr = VI + RH$
4. Width of Riser (Wr) : $Wr = Hr \times \mu$
5. Width of Terrace (Wt) : $Wt = Wr + Wb$

6. Linear Length (L) : $L = \frac{10\,000}{6.25\ Wt}$ (per ha)

7. Net Area of Benches (A) : $A = L \times Wb$

8. Percent of Benches (Pb) : $Pb(\%) = \frac{A}{10\,000} \times 100$ (per ha)

9. Cross – section of Terrace (C) : $C = \frac{Wb \times Hr}{8}$

10. Volume to be cut and filled (V) : $V = L \times C$

เครื่องหมายของสัญลักษณ์

A หมายถึง พื้นที่หน้าตัดที่เป็นพื้นที่ดินขุดและดินถมของขั้นบันไดดินแต่ละขั้น มีหน่วยเป็น ตร.ม.

V หมายถึง ปริมาตรดินขุด ซึ่งอนุมานให้เท่ากับดินถมของขั้นบันไดดิน มีหน่วยเป็น ลบ.ม./ไร่

VI คือ Vertical Interval หมายถึง ความแตกต่างของความสูงระหว่างจุดกึ่งกลางของขั้นบันไดดิน 2 ขั้นที่ติดต่อกัน มีหน่วยเป็น เมตร

d คือ Width of terrace หมายถึง ความกว้างของขั้นบันไดดินที่ใช้เป็นพื้นที่เพาะปลูก มีหน่วยเป็น เมตร

W คือ Width of bench หมายถึง ความกว้างของขั้นบันไดดินที่รวมความกว้างของพื้นที่เพาะปลูก และผนังด้านข้างเข้าด้วยกัน มีหน่วยเป็น เมตร

7. การออกแบบ โดย วินัย อักษรพันธ์

7.1 ความกว้างของขั้นบันไดดินมีความกว้างตั้งแต่ 4 ถึง 8 เมตร ขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายตัว อาทิเช่น ความลาดชันของพื้นที่ ความลึกของดิน ระยะห่างของแถวไม้ผลที่ปลูก ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ผล ถ้าเป็นไม้ผลทรงพุ่มเล็ก หรือต้องการปลูกเพื่อขยายพันธุ์ ใช้ระยะห่างระหว่างแถวไม้ผล 4 เมตร แต่ถ้าเป็นไม้ผลที่ทรงพุ่มขนาดใหญ่ อาทิเช่น ลิ้นจี่ ลำไย ระยะห่างระหว่างแถวไม้ผลควรเท่ากับ 8 เมตร

7.2 อัตราส่วนโดยเฉลี่ยของพื้นผิวผนังดินด้านข้างเท่ากับ 1:0.5 (ความสูง : ความยาวด้านฐาน) แต่อัตราส่วนนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามชนิดของเนื้อดิน และขึ้นอยู่กับชนิดของผนังด้านข้างที่สร้างขึ้นว่าทำด้วยอะไร ปกติทั่วไปอัตราส่วนนี้จะใช้กับผนังที่เป็นดินปลูกคลุมด้วยหญ้า

7.3 ระยะห่างตามแนวตั้งระหว่างขั้นบันไดดินแบบเอียงเข้า ควรจะคำนวณโดยสูตรข้างล่างนี้

$$VI = \frac{W.\ s\ + K.s.\mu}{100\text{-}s.\ \mu} = \frac{W.\ s/\mu + K.s}{100/\mu\text{-}s} = \frac{d.s}{100}$$

เมื่อ VI = ระยะห่างในแนวดิ่ง (เมตร) ระหว่างจุดกึ่งกลางของผนังขั้นบันไดดิน 2 ขั้น

W = ความกว้างของพื้นที่ราบ (เมตร)

s = ความลาดชันของพื้นที่ Slope (%)

d = ความกว้างของขั้นบันไดดิน ทั้งส่วนที่เป็นพื้นราบและผนังด้านข้างรวมกัน (เมตร)

μ = อัตราส่วนของความลาดเทของผนังดินด้านข้างที่สร้างขึ้น

(อัตราส่วนระยะแนวตั้ง : ระยะแนวนอน = 1:μ ส่วนใหญ่เท่ากับ 0.5)

7.4 ความกว้างของขั้นบันไดดินถูกกำหนดให้เหมาะสมสำหรับชนิดของไม้ผล และการใช้เครื่องจักรกลในการก่อสร้างและดำเนินการเพาะปลูก โดยใช้สูตรดังนี้

$$d = \frac{100VI}{S} = W + (VI. \pm k)\ \mu \quad \text{(แนวระดับ)} \qquad \text{เมตร}$$

ถ้าใช้ค่า $\mu = 0.5$ ดังนั้น $d = W + 0.5\ VI$

7.2 ที่ปลายของขั้นบันไดดินที่จดกับทางระบายน้ำควรเจาะคันดินกั้นน้ำเป็นทางระบายน้ำลึก 20 ซม. กว้าง 20 ซม. พร้อมประตูปิดเปิดน้ำเพื่อการเก็บกักและระบายน้ำในขั้นบันไดสู่ทางระบายน้ำ หรือคำนวณจากปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน

7.6 ความยาวของขั้นบันไดดิน ถ้าลดระดับไปทางเดียวไม่ควรยาวเกิน 100 เมตร ถ้ายาวมากกว่านี้ ควรลดระดับทั้งด้านหัวด้านท้าย

8. การปฏิบัติที่จำเป็นและสิ่งที่ต้องคำนึงสำหรับการดำเนินงาน (เหมือนขั้นบันไดดินตามแนวระดับแบบเก็บกักน้ำ

8.1 ต้องมีการสำรวจพื้นที่อย่างละเอียด โดยจัดทำเป็นแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ดิน แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่ต้องมีรายละเอียดเกี่ยวกับสภาพภูมิประเทศ ความลาดชัน ความลึกของดิน เนื้อดิน เปอร์เซ็นต์ของหินที่ปนอยู่ในดิน การชะล้างพังทลายของดิน และพื้นที่ระบายน้ำตามธรรมชาติ เป็นต้น แล้วจึงทำการกำหนดชนิดของขั้นบันไดดิน โดยคำนึงถึงวัตถุประสงค์ในการปลูกพืช ชนิดของเครื่องจักรกลที่จะใช้งาน แล้วจึงเริ่มทำการออกแบบ

8.2 ขั้นตอนการดำเนินการเพื่อให้เป็นไปตามรูปแบบ มีดังต่อไปนี้

ก. เลือกพื้นที่ดำเนินการขั้นแรกที่ความลาดชันของพื้นที่สม่ำเสมอตั้งแต่จุดสูงสุดของพื้นที่จนถึงจุดต่ำสุดของพื้นที่

ข. ปักแนวไม้ ในแนวขึ้น – ลงตามความลาดชัน โดยระยะห่างระหว่างไม้ที่ปักเท่ากับระยะห่างของขั้นบันไดดินตามค่า VI ที่ออกแบบไว้

ค. **ปักไม้ในแนวระดับ โดยทำที่จุดสูงสุดของพื้นที่แนวแรก** โดยระยะห่างของไม้ที่ปักควรห่างกัน 5 ถึง 10 เมตร เมื่อปักไม้แนวระดับแรกเรียบร้อยแล้วก็ดำเนินต่อในแนวขึ้นลงเป็นแนวที่สอง โดยระยะห่างของไม้ที่ปักในแนวนี้แต่ละต้นห่างกันเท่ากับ ค่า VI ของขั้นบันไดที่คำนวณไว้จากแนวหลักตามแนวขึ้นลง ปักไม้ตามระดับให้ครบทุกหลักตามภาพข้างล่าง

ง. การก่อสร้างขั้นบันไดดินทำที่แนวไม้ที่ปักไว้ตามแนวระดับทุกแนว โดยทำตามรายละเอียดที่ออกแบบไว้ การลดระดับต่ำสุดของขั้นบันไดดินสู่ทางระบายน้ำควรจะใกล้เคียงแนวระดับที่ทำไว้ในแต่ละแนว **ความกว้างของขั้นบันไดดินควรสม่ำเสมอ** เพื่อสะดวกในการใช้เครื่องจักรกลในการดำเนินงาน (เพื่อที่จะทำให้การดำเนินงานเร็วขึ้น ควรจะวางแนวขั้นบันไดแต่ละแนวไว้ในแผนที่ก่อนเป็นเบื้องต้น) หลังจากปักแนวระดับหมดพื้นที่แล้ว ควรมีการตัดแนวระดับที่ทำไว้ไม่ให้มีจุดหักศอกควรตัดให้เป็นรูปโค้งเพื่อสะดวกในการดำเนินการก่อสร้าง และการดำเนินการเพาะปลูกภายหลัง ในช่วงต่อระหว่างขั้นบันไดดินกับทางระบายน้ำควรมีการจัดวางแนวไม้ที่ปักอย่างรอบคอบ

8.3 ก่อนการก่อสร้าง ควรเก็บเศษวัสดุ กิ่งไม้ต่างๆ หิน หญ้า และอื่นๆ ที่ผิวดินออกให้หมด

ภาพจาก : WSCSD, China 1995

8.4 ถ้าในพื้นที่นั้นมีก้อนหินมากพอที่จะนำมาสร้างเป็นผนังด้านข้างของขั้นบันไดดินได้ ก็นำก้อนหินมาก่อเรียงกันไปตามแนวของขั้นบันไดดินที่วางไว้ เพื่อเป็นขอบของขั้นบันไดดินจนเต็มผิวหน้าของผนังขั้นบันไดดินแล้วทำการก่อสร้างขั้นบันไดดินจนเสร็จตลอดแนว การดำเนินการแบบนี้ขั้นบันไดดินแรกที่จัดทำจะจัดทำจากแนวต่ำสุดของพื้นที่ไล่ขึ้นไปสู่แนวที่สูงกว่าทีละแนวจนถึงยอดสุดของพื้นที่ ดังภาพข้างบนและข้างล่าง

ภาพจาก : DWSC, China 2000

8.5 การก่อสร้างขั้นบันไดแต่ละขั้นควรสร้างโดยยึดแนวระดับที่ปักไว้เป็นหลักในการดำเนินการ (แนวระดับที่วางไว้ก็คือ แนวของขั้นบันไดดินที่จะทำการก่อสร้างนั่นเอง) จากนั้นทำการขุดดินจากส่วนบนของเส้นแนวมาถมลงบนส่วนใต้ของเส้นระดับ การอัดดินให้แน่นควรทำเมื่อขยายความกว้างออกไปทุกๆ 30 ซม. ถ้าการก่อสร้าง ใช้เครื่องจักรกล อาทิเช่น ใช้รถ Bulldozer, Back Hoe ผนังด้านข้างของขั้นบันไดดินต้องทำการตกแต่งด้วยแรงงานคนอีกครั้ง

ภาพจาก : DWSC, China 2000

8.6 **โดยปกติทั่วไปการสร้างขั้นบันไดดินควรเริ่มต้นจากแนวสูงสุดของพื้นที่ที่เป็นแนวแรก** และดำเนินการแนวล่างถัดลงไปต่อๆ กันเรื่อยๆ ซึ่งการดำเนินการแบบนี้ จะง่ายและสะดวกในการดำเนินงาน และสามารถหลีกเลี่ยงความเสียหายอันพึงจะเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากฝนตกหนักในการดำเนินการก่อสร้าง **แต่ในกรณีที่การก่อสร้างขั้นบันไดดินโดยคำนึงถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นหลักใหญ่ในการดำเนินงาน คือ มีการนำหน้าดินข้างบนแนวก่อสร้างมาเกลี่ยกลบขั้นบันไดดิน และในกรณีที่ผนังด้านข้างของขั้นบันไดดินทำด้วยก้อนหิน การก่อสร้างขั้นบันไดดินแนวแรกควรเริ่มต้นจากแนวต่ำสุดของพื้นที่ไล่ขึ้นไปสู่แนวถัดไปที่สูงขึ้นเรื่อยๆ จนถึงจุดสูงสุดของเนิน**

ภาพจาก : WSCSD, China 1995

8.7 ระหว่างการก่อสร้างควรทำการตรวจสอบว่าได้ดำเนินการตามแบบแปลนที่วางไว้ทุกอย่างหรือไม่ ไม่ว่าความกว้างของขั้นบันไดดิน ความลาดเอียงของผนังด้านข้าง ความลาดเอียงของพื้นผิวขั้นบันไดดิน ตลอดจนการลดระดับสู่ทางระบายน้ำเป็นต้น ถ้ามีอะไรผิดแบบที่วางไว้ต้องทำการแก้ไขทันที

8.8 **วิธีการเคลื่อนย้ายหน้าดินไปเกลี่ยกลบในขั้นบันไดดิน มี 2 วิธี คือ**

8.8.1 **วิธีแรก** หลังจากก่อสร้างขั้นบันไดดินขั้นแรกเรียบร้อยแล้ว นำหน้าดินจากแนวขั้นบันไดถัดไปมาเกลี่ยกลบบนผิวจนทั่ว และเมื่อการก่อสร้างขั้นบันไดที่สองเสร็จเรียบร้อย ก็นำหน้าดินจากแนวก่อสร้างแนวที่ถัดไป (แนวที่สาม) มาเกลี่ยกลบจนทั่ว ทำแบบนี้เรื่อยๆ จนเสร็จหมดพื้นที่

8.8.2 **วิธีที่สอง** แบ่งการดำเนินการในแต่ละแนวที่จะทำการก่อสร้างออกเป็นช่วงๆ ก่อนการก่อสร้างปาดหน้าดินไปกองรวมไว้ในที่ยังไม่ได้ก่อสร้างนั้น เมื่อก่อสร้างส่วนนั้นเสร็จแล้วก็นำเอาหน้าดินที่กองไว้ไปเกลี่ยกลบให้เต็มผิวดินและเลื่อนการดำเนินการก่อสร้างไปเป็นช่วงๆ ถัดไปจนเสร็จตลอดแนว

8.9 ถ้าไม่มีก้อนหินเพื่อทำผนังขั้นบันไดดิน ควรรีบปลูกหญ้าที่ผนังด้านข้างทันทีที่ดำเนินการเสร็จ และบำรุงรักษาให้หญ้าขึ้นแผ่กระจายยึดผิวดินด้านข้างให้แน่นหนาโดยเร็ว หญ้าที่แนะนำสำหรับประเทศไทย ได้แก่ หญ้าแฝก หญ้าบาเฮีย หญ้ารูซี่ หญ้านวลน้อย หรือ หญ้าสวาซีแลนด์ เป็นต้น

ภาพ แสดงการปลูกหญ้าแฝกเพื่อป้องกันการพังทลายของขั้นบันไดดิน

9. การจัดการและดูแลรักษาสิ่งก่อสร้าง

9.1 หลังการก่อสร้างขั้นบันไดดินเสร็จเรียบร้อย ควรมีการขุดดินในส่วนที่ดินถูกขุดไปถมยังด้านปลายของขั้นบันไดดิน โดยการขุดให้ลึกขวางแนวลาดเทและใส่สารหรือวัสดุ ปรับปรุงบำรุงดิน อาทิเช่น ปูนขาว ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยเคมี เท่าที่จำเป็น

9.2 ขั้นบันไดดินที่ก่อสร้างขึ้นและการเพาะปลูกพืชควรดำเนินการอย่างระมัดระวัง ถ้าเกิดการพังทลายในส่วนใดต้องรีบซ่อมแซมทันทีทันใด

9.3 หญ้าที่ปลูกบนผนังด้านข้างของขั้นบันไดดินต้องดูแลรักษา ต้องมีการตัดเพื่อให้ขยายแผ่ปกคลุมดินให้แน่นหนา

10. การคำนวณปริมาณดินขุดและถมดิน สามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

โดย ชาติชาย พูนพานิชย์

10.1 ปริมาณดินขุด และปริมาณดินถมสามารถคำนวณได้จากสูตรต่อไปนี้

สูตรที่ใช้ $V = \frac{A \times 100^2}{d}$ โดย $\frac{1}{\mu} = \frac{1}{0.5}$ ($\mu = \frac{1}{2}$)

โดยความลาดเอียงของผนังด้านข้างของขั้นบันได (ความสูง : พื้นราบ) = 1: 0.5

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ในสูตรข้างบน กล่าวมาแล้วให้ย้อนกลับไปทบทวนดูข้อ 6 เพื่อให้การปฏิบัติเป็นไปด้วยสะดวก ดังนั้น T.C. Cheng 1977 จึงคำนวณปริมาณดินขุดและถมจากสูตรข้างบนไว้ในรูปตารางที่ 1 หน้าหลังไว้แล้ว โดยค่าปริมาณดินขุดจากตารางดังกล่าว มีหน่วยเป็น ลบ.ม./เฮกตาร์ ถ้าจะทำเป็นลบ.ม./ไร่ ต้องเอา 6.25 หารเสียก่อน

11. การคำนวณค่าดินขุดและดินถม โดย ชาติชาย พูนพานิชย์

ใช้ราคาวัสดุก่อสร้างมวลรวมต่อหน่วยตามมาตรฐานงานช่าง ซึ่งกำหนดโดยสำนักมาตรฐานงบประมาณ สำนักงบประมาณ มกราคม 2543 ดังนี้

จากหมวดงานดิน

ค่าขุดดินแรงคน 65 บาท/ลบ.ม.

เครื่องจักร 10.05 บาท/ลบ.ม.

ตัวอย่างการคำนวณค่างานสำหรับดินขุด – ดินถม เมื่อต้องการสร้างขั้นบันไดดินแบบพื้นเอียงเข้าด้านใน

ตัวอย่างที่ 1 ถ้าเกษตรกรมีพื้นที่ขนาด 10 ไร่ ความลาดเทของพื้นที่เฉลี่ยเท่ากับ 10 องศา หรือเท่ากับ 17.63 % เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ความลึกของดินก่อนพบชั้นหินเท่ากับ 300 ซม. ถ้าเกษตรกรต้องการปลูกส้มเขียวหวาน จะต้องลงทุนในการจัดเตรียมพื้นที่เท่าไร ใช้เวลาเตรียมพื้นที่กี่วัน เป็นต้น

วิธีการดำเนินการหาคำตอบ ใช้ตารางที่ 1

ขั้นตอนที่ 1 พิจารณาความเป็นไปได้ของขนาดความกว้างขั้นบันไดดินแบบเอียงเข้าด้านใน เพื่อการเพาะปลูกไม้ผล (ส้มเขียวหวาน) โดยใช้ตารางที่ 1 ช่อง W(m) ซึ่งหมายถึงความกว้างของขั้นบันไดดินเท่ากับ 4 และ 8 เมตร ในที่นี้ใช้ 8 เมตร และใช้ช่อง $\emptyset^{(O)}$ ซึ่งหมายถึง ความลาดเทของพื้นที่จากตัวอย่างพื้นที่ลาดเท 10 องศา ในที่นี้ใช้ความกว้างของขั้นบันได เท่ากับ 8 เมตร ค่า VI = 1.556 เมตร

ขั้นตอนที่ 2 การหาค่าดินขุด ดินถม ของแต่ละทางเลือก โดยใช้ตารางที่ 2 ผลดังต่อไปนี้

ปริมาณดินขุดดินถม เท่ากับ 300.8 ลบ./ไร่ เท่ากับ 3,008 ลบ./10ไร่

ขั้นตอนที่ 3 การคิดค่าก่อสร้างงานดินสำหรับดินตัดดินถม ใช้ตารางที่ 3 ด้านหลัง

ค่าแรงคน เท่ากับ 19,552 บาท/ไร่ หรือเท่ากับ 195,520 บาท/10ไร่

เครื่องจักร เท่ากับ 3,805 บาท/ไร่ หรือเท่ากับ 38,050 บาท/10ไร่

ขั้นตอนที่ 4 เวลางาน

แรงคน เท่ากับ 1,790 วัน/คน

เครื่องจักร เท่ากับ 30 ชั่วโมง

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณดินขุดและดินถม ของขั้นบันไดดิน สำหรับปลูกไม้ผล (แบบผนังเอียงเข้า, Inward type) (ลบ.ม./เฮกตาร์) (จากT.C. Cheng 1977)

W(m)	Ø (o)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	S(%)	3.49	5.24	6.99	8.75	10.51	12.28	11.05	15.84	17.63	19.44	21.26	23.09	24.93	26.8	26.67	30.57	32.49	34.4	36.4	38.39	40.4	42.45	44.52	46.63	48.77	50.95	53.17	55.43	57.74
4.00	VI	0.146	0.218	0.293	0.371	0.449	0.530	0.612	0.697	0.783	0.872	0.963	1.057	1.153	1.253	1.355	1.462	1.570	1.685	1.802	1.922	2.051	2.183	2.319	2.493	2.612	2.269	2.933	3.106	3.288
	D	4.12	4.16	4.20	4.24	4.27	4.31	4.36	4.40	4.44	4.49	4.53	4.58	4.63	4.68	4.73	4.78	4.84	4.89	4.95	5.01	5.08	5.14	5.21	5.28	5.36	5.43	5.52	5.59	6.69
	A	0.125	0.161	0.199	0.238	0.278	0.319	0.360	0.403	0.447	0.492	0.538	0.586	0.635	0.685	0.737	0.791	0.845	0.904	0.963	1.024	1.089	1.156	1.225	1.297	1.373	1.452	1.536	1.623	1.715
	V	302.1	386.7	474.1	562.5	650.4	738.8	827.5	917.0	1,006	1,097	1,188	1,280	1,372	1,465	1,559	1,654	1,749	1,847	1,945	2,043	2,145	2,250	2,351	2,456	2,563	2,672	2,784	2,902	3,012
8.00	VI	0.290	0.433	0.582	0.737	0.893	1.053	1.217	1.385	1.556	1.733	1.915	2.102	2.293	2.491	2.694	2.903	3.121	3.348	3.582	3.819	4.076	4.338	4.610	4.489	5.192	5.503	5.830	6.173	6.535
	D	8.20	8.26	8.34	8.42	8.50	8.58	8.66	8.74	8.83	8.92	9.01	9.10	9.20	9.30	9.40	9.50	9.61	9.72	9.84	9.96	10.09	10.22	10.36	10.50	10.65	10.81	10.96	11.12	11.32
	A	0.392	0.536	0.687	0.842	0.999	1.160	1.325	1.494	1.667	1.845	2.028	2.216	2.408	2.607	2.812	3.024	3.241	3.470	3.705	3.943	4.202	4.466	4.740	5.026	5.325	5.638	5.967	6.312	6.676
	V	478.9	649.0	823.1	1,000	1,176	1,353	1,530	1,704	1,880	2,069	2,251	2,435	2,618	2,805	2,992	3,182	3,372	3,568	3,765	3,959	4,165	4,370	4,577	4,786	5,002	5,220	5,442	5,676	5,899

ตารางที่ 2 ปริมาณดินขุด ดินถม ขั้นบันไดดิน สำหรับปลูกไม้ผล (ลบ.ม. / ไร่)

W(m)	Ø (o)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	S(%)	3.5	5.2	7.0	8.8	10.5	12.3	11.1	15.8	17.6	19.4	21.3	23.1	24.9	26.8	26.7	30.6	32.5	34.4	36.4	38.4	40.4	42.5	44.5	46.6	48.8	51.0	53.2	55.4	57.7
4.00	V	48.3	61.9	75.9	90.0	104.1	118.2	132.4	146.7	161.0	175.5	190.1	204.8	219.5	234.4	249.4	264.6	279.8	295.5	311.2	326.9	343.2	360.0	376.2	393.0	410.1	427.5	445.4	464.3	481.9
8.00	V	76.6	103.8	131.7	160.0	188.2	216.5	244.8	272.6	300.8	331.0	360.2	389.6	418.9	448.8	478.7	509.1	539.5	570.9	602.4	633.4	666.4	699.2	732.3	765.8	800.3	835.2	870.7	908.2	943.8

ที่มา : ดัดแปลงมาจากตารางที่ 1 ของ T.C.Sheng 1977, (Ø)

หมายเหตุ : 1. ช่วง Ø ตามแนวนอนของตาราง คือ ความลาดเทของพื้นที่ (องศา)

2. S(%) ตามแนวนอนของตาราง คือ ความลาดเทของพื้นที่ (เปอร์เซ็นต์)

3. V ตามแนวนอนของตาราง คือ ปริมาณดินขุด ดินถม ตารางที่ 1 (ลบ.ม./เฮกตาร์) ตารางที่ 2 (ลบ.ม./ไร่)

4. ช่อง W (m) ตามแนวตั้งของตาราง คือ ความกว้างของขั้นบันไดดิน

ต้นแบบ การปลูกพืชไร่ หรือพืชผักบางชนิดในพื้นที่สูงชัน โดยใช้คูรับน้ำชายเขา เป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

โดย

วินัย อักษรพันธ์, ชาติชาย พูนพาณิชย์, พิพัฒน์ ไทยกล้า

1.ความหมาย

คูรับน้ำชายเขา คือ คูน้ำตามแนวระดับที่สร้างขึ้นตัดขวางความลาดชันที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปตัว V หรือแบบก้นคูแบนราบคล้ายถนนหรือทางลำเลียงในไร่นา โดยมีระยะห่างระหว่างคูรับน้ำขึ้นกับสภาพพื้นที่

2.วัตถุประสงค์ในการก่อสร้างคูรับน้ำชายเขา

2.1 เพื่อตัดความยาวความลาดชันออกเป็นช่วงๆ แบ่งปริมาณน้ำไหลบ่าในแต่ละช่วงเบนลงสู่ทางระบายน้ำในพื้นที่ธรรมชาติ หรือที่สร้างขึ้น

2.2 เพื่อใช้เป็นแนวในการสร้างถนนในพื้นที่เพาะปลูก

3. อรรถประโยชน์และประโยชน์ใช้สอย

3.1 ทำให้สามารถใช้พื้นที่ที่มีความสูงชันในการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจได้อย่างยั่งยืน

3.2 เป็นการป้องกัน แก้ไข การสูญเสียหน้าดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน อันเนื่องมาจากการชะล้างพังทลายของดิน

3.3 สามารถป้องกันการพังทลายของดิน และร่องลึกต่าง ๆ อันมีสาเหตุมาจากน้ำฝน และน้ำไหลบ่าในพื้นที่

3.4 สามารถป้องกันตะกอนดินและน้ำไหลบ่าที่จะลงไปสู่พื้นที่ที่ต่ำกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งน้ำต่าง ๆ เป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูง

3.5 ในกรณีที่ก่อสร้างคูรับน้ำชายเขาแบบก้นคูแบน ซึ่งมีลักษณะคล้ายฐานของขั้นบันไดดินแบบระบายน้ำที่ผนังด้านข้างของขั้นบันได (ขั้นบันไดแบบเอียงเข้า) สามารถใช้คูรับน้ำนี้เป็นทางลำเลียง หรือถนนในพื้นที่ได้เป็นอย่างดี

4. ข้อกำหนดและเงื่อนไขสำหรับดำเนินการ

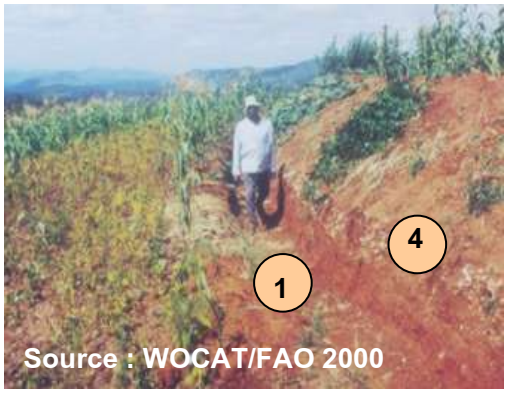
4.1 เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยกว่า 40% (Slope น้อยกว่า 40%)

4.2 ในกรณีที่การก่อสร้างแบบคูน้ำก้นคูกว้าง โดยพื้นที่คูน้ำลาดเอียงออกด้านนอก หรือการปลูกหญ้าเป็นแถบขวางความลาดชันในระหว่างคูรับน้ำทำให้สามารถดำเนินการได้ในพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 40%

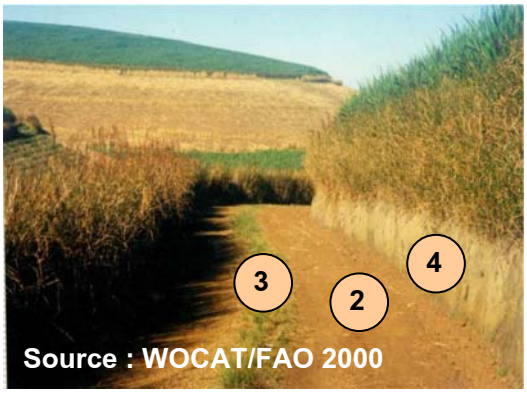
4.3 ในกรณีที่ใช้พื้นที่ระหว่างคูรับน้ำปลูกหญ้าบาเฮีย หรือหญ้าพันธุ์อื่น ๆ เป็นแถวขวางความลาดเทเพื่อไว้ใช้เลี้ยงสัตว์ การดำเนินการวิธีนี้สามารถดำเนินการในพื้นที่ลาดชันถึง 55%

4.4 คูรับน้ำแบบก้นคูกว้าง (ก้นคูกว้าง 2 เมตร) ก่อสร้างได้ในพื้นที่ที่มีความลาดชันไม่มากนัก แต่ถ้าพื้นที่ลาดชันมากต้องดำเนินการจัดทำคูรับน้ำแบบก้นคูแคบ (ก้นคูกว้าง 1.5 เมตร)

5. รูปร่างลักษณะของคูรับน้ำชายเขาในพื้นที่เพาะปลูกพืชเศรษฐกิจในพื้นที่สูงชัน



คูรับน้ำชายเขาแบบรูปร่างเป็นร่องลึก



คูรับน้ำรูปร่างแบบพื้นคูคล้ายถนนหรือทางลำเลียง

คูรับน้ำชายเขาแบบคอนกรีต

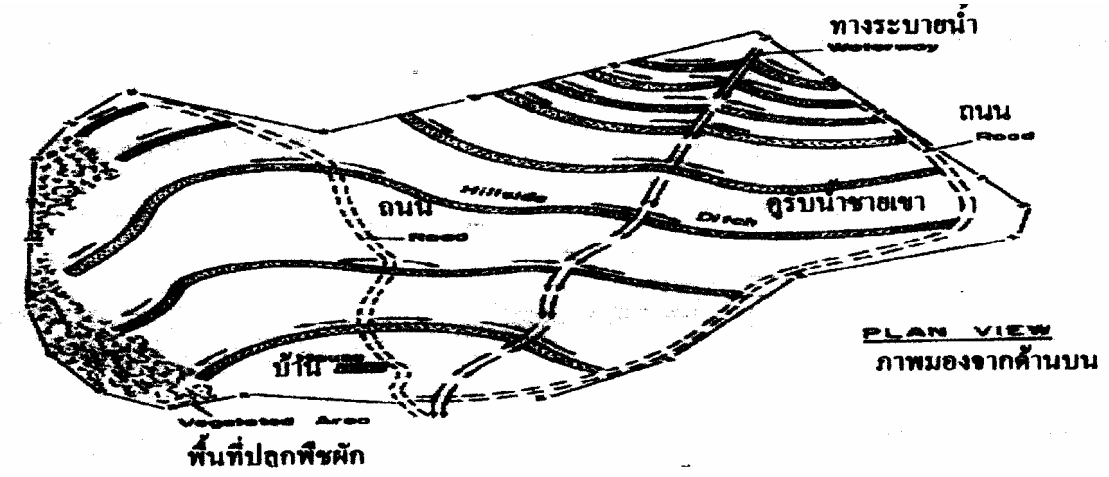
คูรับน้ำชายเขาที่ไหล่ด้านล่างของถนน ในภาพเป็นคูรับน้ำชายเขาสลับกับแถวหญ้าแฝก

6. องค์ประกอบของคูรับน้ำชายเขา

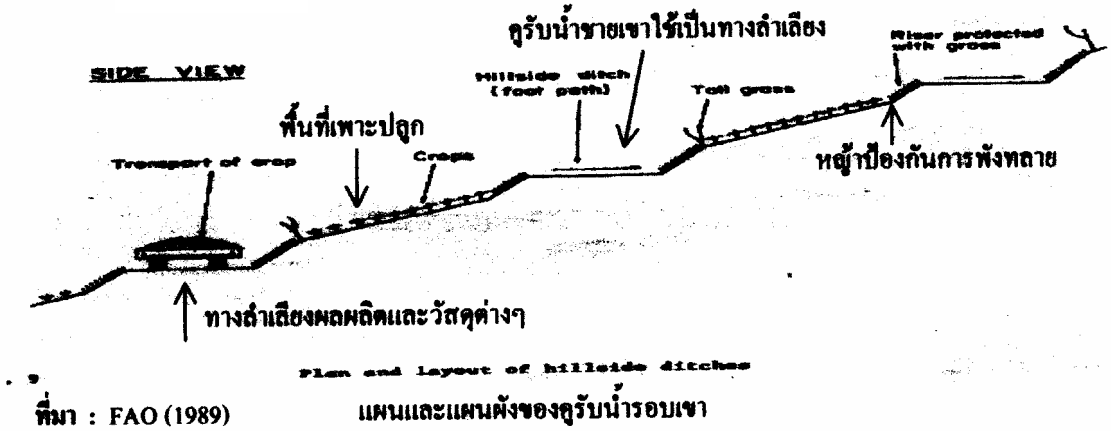
ภาพเลขที่ 1 คูรับน้ำชายเขาที่ทำเพื่อการระบายน้ำเพียงอย่างเดียวมีลักษณะเป็นร่องลึก
ภาพเลขที่ 2 ลักษณะคูรับน้ำชายเขาที่พื้นคูซึ่งมีลักษณะแบนราบคล้ายถนน
ภาพเลขที่ 3 แถวหญ้าเพื่อป้องกันการพังทลายของดินด้านล่างของคูรับน้ำ
ภาพเลขที่ 4 ผนังด้านบนที่ดินถูกตัดลงมาทำคูรับน้ำต้องปลูกหญ้าแฝก
ภาพเลขที่ 5 คูรับน้ำชายเขาคอนกรีต รูปคล้ายตัว V

7. แบบแปลน/ภาพ

7.1 ภาพแผนผังและที่ตั้งของคูรับน้ำชายเขา



7.2 ภาพหน้าตัดด้านข้าง แสดงองค์ประกอบที่ตั้ง



ที่มา : FAO (1989)

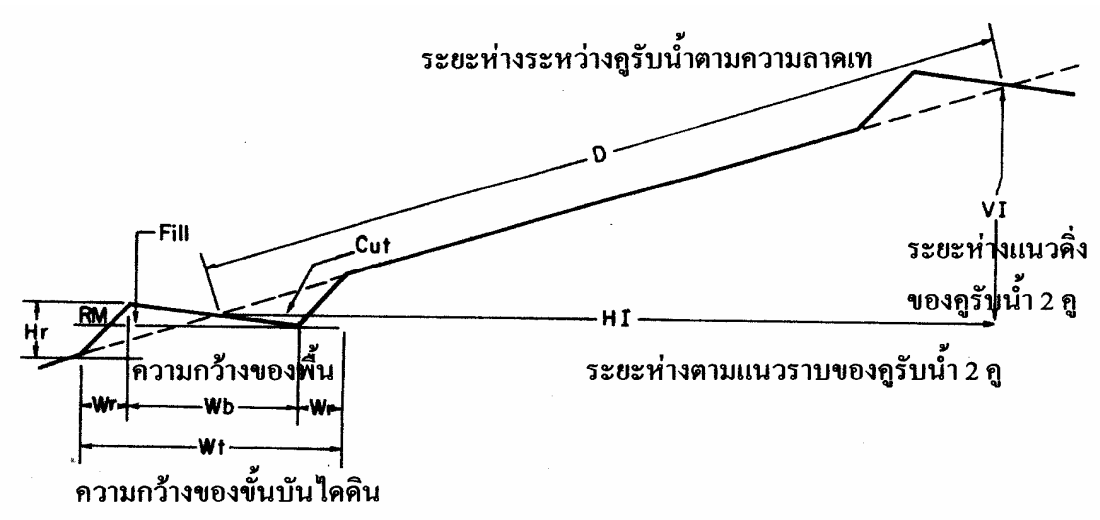
7.3 ชนิดของคูรับน้ำชายเขาแบบพื้นคูแบนราบคล้ายถนนหรือทางลำเลียง

7.3.1 แบบฐานคูแคบ (1.5 เมตร)

7.3.2 แบบฐานคูกว้าง (2 เมตร)

7.4 แบบแปลนภาพตัดขวางและองค์ประกอบของคูรับน้ำรอบเขา

Cross-section and computations for hillside ditches



สัญลักษณ์และการคำนวณ

1. ความกว้างของพื้นผิวขั้นบันไดดินพื้นราบ (Width of Platform) : Wb = 2 เมตร

2. ระยะห่างตามแนวดิ่งทางทฤษฎี Theoretical Vertical Interval (TVI) : $TVI = \frac{S \times Wb}{100-(S \times \mu)}$ เมตร

(S คือความลาดเทของพื้นที่ดินเดิม %, μ : มีค่า 0.75 ถึง 1)

3. ความต่างระดับระหว่างหัวท้ายของขั้นบันได Reverse Height : RH = Wb x 0.10 เมตร

4. ความสูงของผนังด้านข้างของขั้นบันได (Higth of Riser) (Hr) :Hr = (TVI + RH)/2 เมตร

5. ความกว้างที่ฐานของผนังด้านข้างของขั้นบันได Wr = Hr x μ เมตร

6. ความกว้างรวมของขั้นบันไดดิน Width of Terrace or Ditch : Wt = Wb + 2Wr เมตร

7. ระยะห่างตามแนวดิ่งระหว่างคูรับน้ำ Vertical Interval between two Ditch

$VI = \frac{S+4}{10}$ หรือ $\frac{S+6}{10}$ เมตร

8. ระยะห่างระหว่างคูรับน้ำ ตามแนวราบ (HI) : $HI = \frac{VI}{S} \times 100$ (VI/tan of slope angle) เมตร

9. ระยะห่างตามแนวลาดเทของพื้นที่ Inclined Distance (D) : D = VI/sin of slope angle เมตร

10. ความยาว Linear Length (L) : $L = \frac{10,000}{HI}$ หรือ $\frac{1,000}{HI+Wt}$ เมตร/เฮกตาร์หรือ, $L = \frac{1,600}{HI}$ เมตร/ไร่

11. พื้นที่ผิวดินราบของขั้นบันได Area of platform (A) : A = L x Wb ตร.ม.

12. เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผิวพื้น Percent of platform $Pb = \frac{A}{10,000}$ ตร.ม./เฮกตาร์ หรือเท่ากับ $\frac{A}{1,600}$ ตร.ม./ไร่

13. พื้นที่หน้าตัดของคูรับน้ำ Cross Section of Ditch (C) : C = Wb x 2 Hr/ 8 ตร.ม.

14. ปริมาตรดินตัดและดินถม Volume of Cut and Fill (V) : V = L x C ลบ.ม./เฮกตาร์ หรือเท่ากับ

$\frac{L \times C}{6.25}$ ลบ.ม./ไร่ = $\frac{1,600}{HI} \times \frac{1}{6.25} \times Wb \times \frac{2Hr}{8}$ ลบ.ม.

8. การออกแบบ

8.1 การหาช่วงระยะห่างระหว่างคูรับน้ำตามแนวดิ่ง (VI) หน่วยเป็นเมตร คำนวณได้จากสูตร

$VI = (S + 6)/10$ เมตร (S คือ %Slope)

$HI = \frac{VI}{S} \times 100$ เมตร

จากสูตรดังกล่าวข้างบนจัดทำเป็นตารางได้ดังตารางที่ 1 หน้าถัดไป

ตารางที่ 1 แสดงระยะห่างตามแนวราบ และแนวดิ่งของคูรับน้ำชายเขาที่ขึ้นกับความลาดชันของพื้นที่

ความลาดชัน (Slope)		ระยะห่างระหว่างคูรับน้ำ (เมตร)	
%	องศา	ตามแนวราบ	ตามผิวดิน
3	1.7	30	30
4	2.3	25	25
5	2.9	22	22
6	3.4	20	20
7	4.0	19	19
8	4.6	18	18
9-10	5.1-5.7	16.5	16.6
11-15	6.3-8.5	15	15.1
16-20	9.1-11.3	13.3	13.5
21-25	11.9-14.0	12.6	12.9
26-30	14.5-16.7	12.1	12.5
31-40	17.1-21.8	11.7	12.4
41-55	22.3-28.8	11.0	12.0

ระยะห่างของคูรับน้ำ จากตารางที่ 1 ข้างบนสามารถเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ 25% ขึ้นอยู่กับการซาบซึมน้ำของดิน ความรุนแรงของการที่ดินถูกชะล้าง ชนิดของพืชที่ปลูกตลอดจนการดำเนินการด้านอนุรักษ์ดินที่ร่วมอยู่ อาทิเช่น ถ้าทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์โดยปลูกหญ้าแพงโกล่าหรือหญ้าพันธุ์อื่น ๆ และตัดเอาไปเลี้ยงสัตว์โดยไม่ปล่อยสัตว์เข้าแปลงระยะห่างของคูรับน้ำเพิ่มขึ้นได้ถึง 100% แต่ถ้าปล่อยให้สัตว์เข้ามาแทะเล็มระยะห่างของคูรับน้ำเพิ่มได้ 50%

การออกแบบคูรับน้ำชายเขาที่ดี ควรเอาระยะแถวพืชที่จะปลูกและขนาดของเครื่องจักรกลที่จะใช้ในการทำการเกษตรนั้น ๆ เข้ามาพิจารณาประกอบในการออกแบบด้วยถ้าการก่อสร้างคูรับน้ำชายเขาตอนใดเกิดช่วงสั้นแล้วเชื่อมติดกับคูรับน้ำที่ยาวกว่าเป็นมุมแหลม เนื่องมาจากสภาพพื้นที่ควรหลีกเลี่ยงการดำเนินงานแบบนี้เท่าที่จะเป็นไปได้

8.2 การลดระดับของพื้นที่คูรับน้ำแบบก้นกว้าง (2 เมตร) เพื่อเบนน้ำออกสู่ทางระบายน้ำที่สร้างขึ้นควรลดระดับ 1% แบบก้นคูแคบ (1.5 เมตร) ควรลดระดับพื้นคู 1.5%

8.3 ถ้าการลดระดับของพื้นคูไปในทิศทางเดียวกันคูรับน้ำแบบนี้ไม่ควรยาวเกิน 100 เมตร แต่ถ้าความยาวของคูรับน้ำยาวกว่า 100 เมตร จะทำการแบ่งการระบายน้ำจากคูรับน้ำสู่ทางระบายน้ำออกเป็น 2 กรณี คือ **<u>กรณีที่ 1</u>** ตรงกลางคูรับน้ำสูงให้ระบายออกที่ปลายทั้ง 2 ข้าง **<u>กรณีที่ 2</u>** ถ้าตรง

กลางต่ำให้ระบายน้ำออกตรงจุดกึ่งกลาง ข้อสำคัญที่ควรระวังคือ ไม่ควรทำคูรับน้ำเชิงเขาให้มีความยาวเกิน 200 เมตร เด็ดขาด

8.4 ความกว้างของคูรับน้ำชายเขาควรกว้างมากขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงทางระบายน้ำที่จัดทำขึ้น และควรลดระดับพื้นคูให้มากยิ่งขึ้น และพื้นคูควรราบเรียบ ยกเว้นช่วงรอยต่อระหว่างคูรับน้ำกับทางระบายน้ำ

8.5 ต้องปลูกหญ้าที่ขึ้นปกคลุมดินและยึดดินดี อาทิเช่น หญ้าแฝก ในพื้นที่คูรับน้ำที่ทำขึ้นนี้ โดยปลูกบนไหล่ดินที่ถมขึ้นใหม่ และปลูกในพื้นที่คูรับน้ำที่จัดทำขึ้นนี้

9. การปฏิบัติและสิ่งที่ต้องคำนึงถึงก่อนการดำเนินการ

9.1 ทำการสำรวจพื้นที่ที่ต้องการพัฒนาทั้งหมดก่อนให้ทั่ว การออกแบบทางระบายน้ำควรใช้ทางระบายน้ำธรรมชาติที่มีอยู่เดิม ชนิดดิน ความรุนแรงของการพังทลายของดิน ควรกำหนดช่วงทางระบายน้ำว่าควรอยู่ในช่วงใดบ้าง โดยยึดหลักใช้แนวทางการไหลของน้ำในพื้นที่เป็นหลัก และไม่ควรห่างกันเกิน 100 เมตร

9.2 หาความลาดชันเฉลี่ยของพื้นที่ผิวดิน

9.3 ปักแนวสร้างเส้นระดับในพื้นที่ และกำหนดจุดออกสู่ทางระบายน้ำ ปักหลังทุกระยะ 10 เมตร ในแนวเส้นระดับในกรณีที่คูรับน้ำเป็นรูปตัว V ควรปักหลักให้ถี่ขึ้น ดัดแนวที่หักศอกให้เป็นแนวโค้งพอสมควร

9.4 คูรับน้ำคูแรกสร้างที่จุดสูงสุดของพื้นที่ โดยก่อสร้างคูแรกให้เสร็จสิ้นตลอดแนวก่อน

9.5 การขุดและถมดิน ดินที่ถมด้านนอกของคูรับน้ำ ควรเผื่อไว้ 10% (เผื่อการยุบตัวของดิน)

9.6 จากนั้นทำการก่อสร้างคูรับน้ำในแนวล่างลงมาใช้ระยะห่างจากตารางและที่กล่าวมาแล้ว

9.7 ถ้าคูรับน้ำตอนใดผ่านพื้นที่หลุม บ่อ หรือร่องลึกให้ทำการถมดินและอัดดินให้แน่น

9.8 ตรวจเช็คการลดระดับของพื้นที่ร่องน้ำไปสู่ทางระบายน้ำว่าเป็นไปตามที่วางไว้หรือไม่

10. การปฏิบัติต่อเนื่องที่ช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของคูรับน้ำชายเขาให้ดีขึ้น

10.1 ควรมีการปลูกหญ้าปกคลุมคูที่ผนังคูน้ำทั้งด้านล่างและด้านบน ส่วนบนตัวถนนปลูกหญ้าที่ขึ้นแผ่คลุมดินอย่างหนาแน่น และทนต่อการเหยียบย่ำ อาทิเช่น หญ้าแฝก เป็นต้น

10.2 **การเพาะปลูกพืชในพื้นที่ระหว่างคูรับน้ำชายเขา** ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความชัน ตามลักษณะดั้งเดิม จำเป็นต้องทำการเพาะปลูกพืชสลับเป็นแถบตามแนวระดับ หรือปลูกพืชไร่สลับแถบหญ้า หรือการเพาะปลูกพืชสลับแถวกระถินผสมถั่วมะแฮะ เป็นต้น ดังภาพหน้าถัดไป

ต้นแบบ การปลูกพืชไร่หรือพืชผักบนพื้นที่ลาดเท ระหว่างคูรับน้ำชายเขา

แบบที่ 1

การปลูกพืชไร่สลับเป็นแถบในพื้นที่ระหว่างคูรับน้ำชายเขา

แบบที่ 2

การปลูกพืชไร่ หรือพืชผักสลับกับแถวหญ้าแฝก ในพื้นที่ระหว่างคูรับน้ำชายเขา 2 คูที่ติดกัน

แบบที่ 3

การปลูกพืชไร่ หรือพืชผักสลับกับแถวกระถินผสมกับถั่วมะแฮะ ในพื้นที่ระหว่างคูรับน้ำชายเขา 2 คูที่ติดกัน

11. การดูแลรักษา

11.1 ควรตรวจตราคูรับน้ำชายเขา และทางระบายน้ำว่าอยู่ในสภาพที่ดีหรือไม่ทั้งก่อนและหลังฤดูฝน

11.2 เก็บกวาดเศษวัสดุต่าง ๆ ที่พื้นคูรับน้ำ และลอกตะกอนดินที่ทับถมที่พื้นคูออกให้หมด

12. ปริมาณดินขุดและดินถม สำหรับคูรับน้ำชายเขาขนาดต่างๆ

คำนวณปริมาณดินขุดและดินถม คำนวณจากสูตร

$$V = \frac{1{,}600}{HI} \times \frac{1}{6.25} \times Wb \times \frac{2Hr}{8} \quad \text{ลบ.ม.}$$

จากสูตรดังกล่าวมาทำเป็นตารางที่ 2 หน้าต่อไป ดังนั้นสามารถใช้ตารางดังกล่าวนี้ ในการคำนวณปริมาณดินขุด ดินถมที่มีความสัมพันธ์กับความลาดเทของพื้นที่ได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณดินขุด-ถม และราคางานของคูรับน้ำรอบเขา (Hillside Ditch)

slope %	ระยะระหว่างคูรับน้ำ		ครอบคลุม พท./ความยาวคูรับน้ำรอบเขา ไร่/1,000 เมตร	ความยาวคูรับน้ำรอบเขา /ไร่ (เมตร/ไร่)	ปริมาณดินตัดถมต่อไร่ (ลบ.ม./ไร่)		ราคางาน (บาท/ไร่)			
	แนวราบ	แนวลาดเท (HI)			แบบฐานกว้าง คูณด้วย Wb = 2 เมตร	แบบฐานแคบ คูณด้วย Wb = 1.5 เมตร	แบบฐานกว้าง		แบบฐานแคบ	
							คน (65 บ/m^3)	รถขุด (10.05 บ/m^3)	คน (65 บ/m^3)	รถขุด (10.05 บ/m^3)
3	30	30	18.75	53.33	499.20	288	32,448	5,016.96	18,720	2,894.40
4	25	25	15.63	63.98	448	264	29,120	4,502.40	17,160	2,653.20
5	22	22	13.75	72.73	422.40	232.32	27,456	4,245.12	15,100.80	2,334.82
6	20	20	12.50	80	409.60	230.40	26,624	4,116.48	14,976	2,315.52
7	19	19	11.88	84.18	437.76	237.12	28,454.40	4,399.49	15,412.80	2,383.06
8	18	18	11.25	83.89	437.76	241.92	28,454.40	4,399.49	15,724.80	2,431.30
9-10	16.5	16.6	10.38	95.34	424.96	239.04	27,622.40	4,270.85	15,537.60	2,402.35
11-15	15	15.1	9.44	105.93	483.20	275.42	31,408	4,856.16	17,902.30	2,767.97
16-20	13.3	13.5	8.44	118.48	552.96	311.04	35,942.40	5,557.25	20,217.60	3,125.95
21-25	12.6	12.9	8.06	124.07	660.48	371.52	42,931.20	6,637.82	24,148.80	3,733.78
26-30	12.1	12.5	7.81	128.04	784	444	50,960	7,879.20	28,860	4,462.20
31-40	11.7	12.4	7.75	129.03	1,031.68	583.30	67,059.20	10,368.38	37,914.50	5,862.17
41-55	11	12	7.50	133.33	1,566.72	887.04	101,836.80	15,745.54	57,657.60	8,914.75

หมายเหตุ ค่าปริมาณดินขุดและถมคิดจาก V = L x C/6.25 ลบ.ม.ต่อไร่ C = Wb x 2Hr/8 ตร.ม., Wb = 2 และ 1.5 เมตร, Hr = (TVI + RH)/2 เมตร, TVI=(S x Wb)/(100-Sμ) เมตร, μ = 1, ราคางานสำหรับการขุดถมดินด้วย เครื่องจักรกล 65 บาท/ลบ.ม. แรงคนเท่ากับ 10.05 บาท/ลบ.ม.

12.1 คูรับน้ำชายเขาแบบฐานแคบ ขนาด 1.5 เมตร

จากตารางที่ 2 ดังกล่าวข้างต้น พบว่า

- **ปริมาณดินขุดดินถมต่ำสุด** คือพื้นที่ลาดเท 6% เท่ากับ 230.40 ลบ.ม./ไร่
- **ปริมาณดินขุดดินถมสูงสุด** คือพื้นที่ลาดเทเท่ากับ 41-55% เท่ากับ 887.04 ลบ.ม./ไร่

12.2 คูรับน้ำแบบฐานกว้าง ขนาดกว้าง 2 เมตร

จากตารางที่ 2 ดังกล่าวข้างตัน พบว่า

- **ปริมาณดินขุดดินถมต่ำสุด** คือพื้นที่ลาดเท 6% เท่ากับ 409.60 ลบ.ม./ไร่
- **ปริมาณดินขุดดินถมสูงสุด** คือพื้นที่มีความลาดเท 41-55% เท่ากับ 1,566.72 ลบ.ม./ไร่

13. การคำนวณค่าจ้างแรงงานในการก่อสร้างคูรับน้ำชายเขา

13.1 กรณีใช้คนขุด (65 บาท/ลบ.ม.)

13.1.1 คูรับน้ำแบบฐานแคบ ขนาด 1.5 เมตร

- ต่ำสุด เมื่อความลาดเท 6% เท่ากับ 14,976 บาท/ไร่
- สูงสุด เมื่อความลาดเท 41-55% เท่ากับ 57,657.60 บาท/ไร่

13.1.2 คูรับน้ำแบบฐานกว้าง ขนาด 2 เมตร

- ต่ำสุด เมื่อความลาดเท 6% เท่ากับ 26,624 บาท/ไร่
- สูงสุด เมื่อความลาดเท 41-55% เท่ากับ 101,836.80 บาท/ไร่

13.2 กรณีใช้เครื่องจักร (10.05 บาท/ลบ.ม.)

13.2.1 คูรับน้ำแบบฐานแคบ ขนาด 1.5 เมตร

- ต่ำสุด เมื่อความลาดเท 6% เท่ากับ 2,315.52 บาท/ไร่
- สูงสุด เมื่อความลาดเท 41-55% เท่ากับ 8,914.75 บาท/ไร่

13.2.2 คูรับน้ำแบบฐานกว้าง ขนาด 2 เมตร

- ต่ำสุด เมื่อความลาดเท 6% เท่ากับ 4,116.48 บาท/ไร่
- สูงสุด เมื่อความลาดเท 41-55% เท่ากับ 15,745.54 บาท/ไร่

ต้นแบบ การทำสวนผลไม้ในพื้นที่สูงชัน โดยใช้คูรับน้ำชายเขาร่วมกับแอ่งหรือหลุมรูปเสี้ยววงกลม สำหรับปลูกไม้ผล เป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

โดย

พิพัฒน์ ไทยกล้า **ชาติชาย พูนพาณิชย์**

องค์ประกอบ ประกอบด้วยโครงสร้าง 2 ส่วน ได้แก่ **ส่วนที่ 1** คูรับน้ำชายเขา (ดังภาพข้างล่าง)
ส่วนที่ 2 แอ่งหรือหลุมรูปเสี้ยววงกลมสำหรับปลูกไม้ผลแต่ละต้น (ดังภาพข้างล่าง)

ภาพ แสดงคูรับน้ำชายเขาที่ทำขึ้นเพื่อการลดปริมาณความรุนแรงของน้ำไหลบ่า และนำน้ำที่ไหลบ่าลงสู่ทางระบายน้ำที่เหมาะสม โดยพื้นที่ระหว่างคูรับน้ำชายเขา ปล่อยให้เป็นพื้นที่ลาดเทเหมือนเดิม

ภาพ แสดงแอ่งดินสำหรับปลูกไม้ผลรูปร่างแบบขั้นบันไดเสี้ยววงกลม ใช้บนพื้นที่ลาดเทน้อยจนถึงลาดชันสูง ระหว่างคูรับน้ำชายเขา 2 คู ที่สร้างขึ้นตามภาพข้างบน

1. ความหมาย

1.1 คูรับน้ำชายเขาในสวนผลไม้ คือ คูระบายน้ำที่สร้างไว้ในสวนผลไม้โดย ระยะห่างระหว่างคูรับน้ำ 2 คู ขึ้นกับความเหมาะสมทางด้านการเพาะปลูก ซึ่ง ได้แก่ ขนาดทรงพุ่ม และระยะแถวของไม้ผล รวมทั้งความต้องการในการใช้คูรับน้ำชายเขาเป็นพื้นที่ลำเลียง ขนส่ง หรือแม้กระทั่งถนนเพื่อขนส่งเครื่องมือ เครื่องจักร วัสดุอุปกรณ์การเกษตรรวมทั้งผลผลิตการเกษตรออกสู่ตลาด เป็นต้น

1.2 แอ่งดินสำหรับปลูกไม้ผล คือ หลุมสำหรับปลูกไม้ผลที่ปรับขึ้นเพื่อให้เป็นที่รับน้ำฝน น้ำไหลบ่า ตะกอนดิน และธาตุอาหารพืช มาเก็บรวมไว้เพื่อให้ต้นไม้ที่ปลูกใช้ มีลักษณะเป็นขั้นบันไดดินแบบเสี้ยววงกลม

2. วัตถุประสงค์ในการดำเนินงานการสร้าง

2.1 คูรับน้ำชายเขาในสวนผลไม้

2.1.1 เพื่อตัดความยาวของความลาดชันออกเป็นช่วง ๆ เพื่อแบ่งปริมาณน้ำไหลบ่าในแต่ละช่วงเบนลงสู่ทางระบายน้ำตามธรรมชาติ หรือที่สร้างขึ้นในพื้นที่ เป็นการลดความรุนแรงของน้ำไหลบ่าบนผิวดิน อันเป็นสาเหตุของการชะล้างพังทลายของดิน การสูญเสียดินและธาตุอาหารรวมทั้งการเกิดร่องลึกในพื้นที่

2.1.2 ใช้เป็นแนวในการสร้างทางลำเลียง หรือถนนเข้าสู่สวนผลไม้ เพื่อการขนส่งปุ๋ย ยาฆ่าแมลง วัสดุอุปกรณ์ต่างๆ คนงานตลอดจนการขนผลผลิตออกจากสวนสู่ตลาดได้สะดวกรวดเร็ว

2.2 แอ่งดินสำหรับปลูกไม้ผล

2.2.1 เพื่อให้พื้นที่ที่จะปลูกไม้ผลแต่ละต้นมีลักษณะแบบขั้นบันไดเสี้ยววงกลม เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน และเป็นแหล่งรับน้ำฝน น้ำไหลบ่า ตะกอนดิน และธาตุอาหารพืชจากพื้นที่รอบๆ ตอนบนมาเก็บรวบรวมไว้ เพื่อให้ต้นไม้ที่ปลูกใช้

2.2.2 เพื่อให้การดูแลรักษาและบริหารจัดการเพาะปลูก รวมทั้งการเก็บเกี่ยวผลผลิต อาทิเช่น การค้ำยันกิ่ง การใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี การฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช เป็นต้น เป็นไปด้วยความสะดวกขึ้น การเก็บเกี่ยวผลผลิต ตัวอย่างที่เห็นได้ชัด คือสามารถวางภาชนะที่จะใส่ผลผลิต หรือวัสดุการเกษตรไว้ใต้ต้นไม้ได้ ซึ่งถ้าเป็นพื้นที่ลาดชันตามสภาพเดิม การวางภาชนะที่จะใส่ผลผลิตหรือวัสดุการเกษตรเป็นไปด้วยความลำบากมากกว่า

3. อรรถประโยชน์ หรือประโยชน์ใช้สอยของตัวแบบ

3.1 สามารถใช้พื้นที่ที่มีความชันสูง ในการเพาะปลูกไม้ผลได้อย่างยั่งยืน

3.2 เป็นการป้องกัน แก้ไข ความสูญเสียหน้าดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน อันเนื่องจากการชะล้างพังทลายของดิน

3.3 สามารถป้องกันการพังทลายของดิน และร่องลึกต่างๆ อันมีสาเหตุมาจากน้ำฝน และน้ำไหลบ่าในพื้นที่

3.4 สามารถป้องกันตะกอนดินและน้ำไหลบ่าที่จะลงไปสู่พื้นที่ที่ต่ำกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งแหล่งน้ำต่างๆ เป็นการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูง

3.5 ในกรณีที่ก่อสร้างคูรับน้ำชายเขา แบบก้นคูแบน ซึ่งมีลักษณะคล้ายฐานของขั้นบันไดดินสามารถใช้คูรับน้ำนี้เป็นทางลำเลียง หรือถนนในพื้นที่ได้เป็นอย่างดี

3.6 แอ่งปลูกไม้ผลแบบครึ่งวงกลม ทำให้สามารถปลูกไม้ผลบนพื้นที่ลาดเทได้อย่างสะดวกและปลอดภัยจากการที่ดินสูญเสียหน้าดินและความอุดมสมบูรณ์ รวมทั้งธาตุอาหารพืช นอกจากนั้น แอ่งปลูกไม้ผลดังกล่าวยังเป็นที่เก็บกักน้ำฝนและน้ำไหล่บ่าไว้ใช้ยามฝนทิ้งช่วง และเป็นการสะดวกต่อการดูแลรักษา และเก็บต้นไม้ผลอีกด้วย

4. ข้อกำหนด เงื่อนไขในการดำเนินงาน

4.1 คูรับน้ำชายเขา

เหมือนกับคูรับน้ำชายเขาในพื้นที่เพาะปลูกพืชไร่ และพืชผักบางชนิด ควรดำเนินการในสวนผลไม้ทุกชนิดในพื้นที่ลาดชัน

4.1.1 เหมาะสมกับพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยกว่า 40% (Slop น้อยกว่า 40%)

4.1.2 แต่ในกรณีที่การก่อสร้างแบบคูน้ำก้นคูกว้าง โดยพื้นที่คูน้ำลาดเอียงออกด้านนอก หรือการปลูกหญ้าเป็นแถบขวางความลาดชันในระหว่างคูรับน้ำ ทำให้สามารถดำเนินการได้ในพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 40%

4.1.3 ในกรณีที่ใช้พื้นที่ระหว่างคูรับน้ำปลูกหญ้าบาเฮีย หรือหญ้าพันธุ์อื่น ๆ เป็นแถวขวางความลาดเทเพื่อไว้ใช้เลี้ยงสัตว์ การดำเนินการวิธีนี้สามารถดำเนินการในพื้นที่ลาดชันถึง 55%

4.1.4 คูรับน้ำแบบก้นคูกว้าง (ก้นคูกว้าง 2 เมตร) ก่อสร้างได้ในพื้นที่ที่มีความลาดชันไม่มากนัก แต่ถ้าพื้นที่ลาดชันมากต้องดำเนินการจัดทำคูรับน้ำแบบก้นคูแคบ (ก้นคูกว้าง 1.5 เมตร)

4.2 แอ่งสำหรับปลูกไม้ผล

4.2.1 ใช้ได้ในพื้นที่ตั้งแต่ลาดเทน้อยจนถึงพื้นที่สูงชันที่มีความลาดเทสูง คือตั้งแต่ Slope 2 – 58%

4.2.2 ขนาดรัศมีของวงกลมที่เป็นขอบล่างของแอ่งดินนี้ ขึ้นกับขนาดทรงพุ่มของไม้ผลที่โตเต็มที่แล้ว หรือ ขุดเป็นแอ่งขนาดเล็กๆ รัศมี 50 – 100 ซม. ก่อนในตอนเริ่มต้น เมื่อไม้ผลโตขึ้นก็ขยายขนาดของแอ่งให้กว้างขึ้นก็ได้

5. รูปร่างลักษณะ และองค์ประกอบ

5.1 คูรับน้ำรอบเขา

ภาพ คูรับน้ำชายเขาที่มีลักษณะเป็นร่องลึกและมีคันดินกั้นคล้ายๆ คันดินกั้นน้ำแบบระบายน้ำ เหมาะสำหรับเกษตรกรที่มีแรงงานมาก แต่เงินลงทุนน้อย แต่มีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถใช้เป็นทางลำเลียงในสวนได้

ภาพ คูรับน้ำชายเขาแบบฐานกว้างคล้ายขั้นบันไดดิน แต่ไม่ได้สร้างติดต่อกันตลอด สร้างเป็นระยะๆ โดยพื้นที่ระหว่างคูรับน้ำชายเขายังมีสภาพเป็นพื้นที่ลาดชันเหมือนเดิม ใช้ปลูกไม้ผล โดยไม้ผลที่ปลูกต้องทำเป็นแอ่งดินคล้ายขั้นบันไดรูปครึ่งวงกลม **ข้อดีคือ** ใช้เป็นทางลำเลียงในสวนได้ด้วย

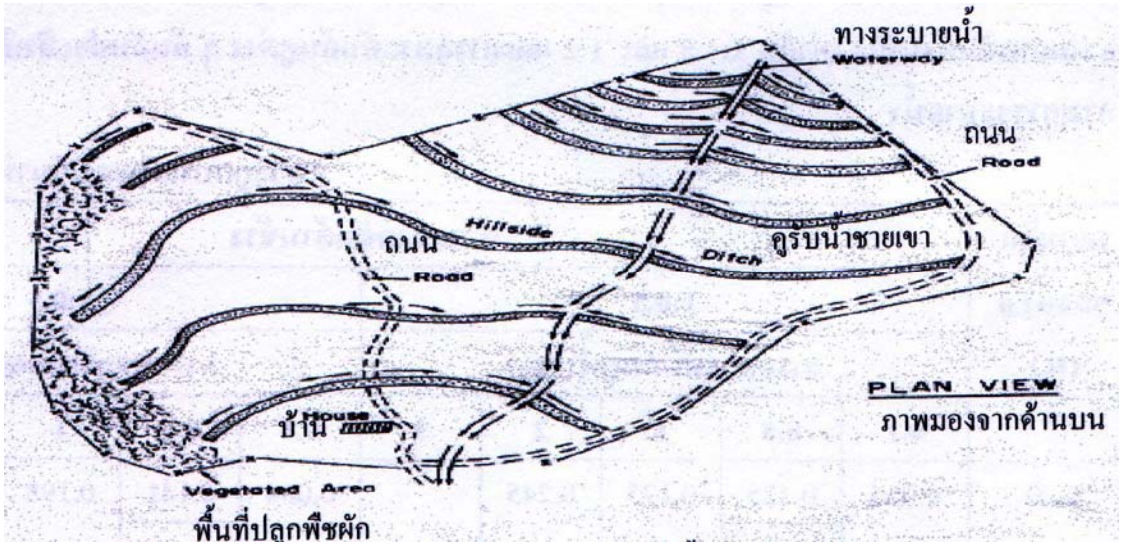
องค์ประกอบ จากภาพข้างบน

1. หมายถึง คูรับน้ำชายเขาที่มีรูปลักษณะเป็นร่องน้ำลึกที่ขุดขึ้นโดยใช้แรงคน ข้อดี คือ ประหยัดและเกษตรกรไม่ต้องลงทุนมาก เกษตรกรสามารถทำได้ด้วยตนเอง

2. หมายถึง คูรับน้ำชายเขาที่มีรูปร่างลักษณะคล้ายขั้นบันไดดินฐานแคบ แต่แตกต่างกันที่ไม่ได้ก่อสร้างติดกันเหมือนขั้นบันไดดิน คูรับน้ำชายเขาก่อสร้างเป็นระยะๆ โดยพื้นที่ระหว่างคูรับน้ำ 2 คู ยังเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันเหมือนเดิม ใช้เป็นพื้นที่ปลูกไม้ผล โดยจุดที่ปลูกไม้ผลต้องทำเป็นแอ่งสำหรับปลูกไม้ผลเฉพาะต้น รูปร่างลักษณะอธิบายไว้แล้วตอนหลังต่อจากนี้

6. แบบแปลน / ภาพตัวขวางของคูรับน้ำรอบเขาหรือคูรับน้ำข้างเขา (Hillside Ditches)

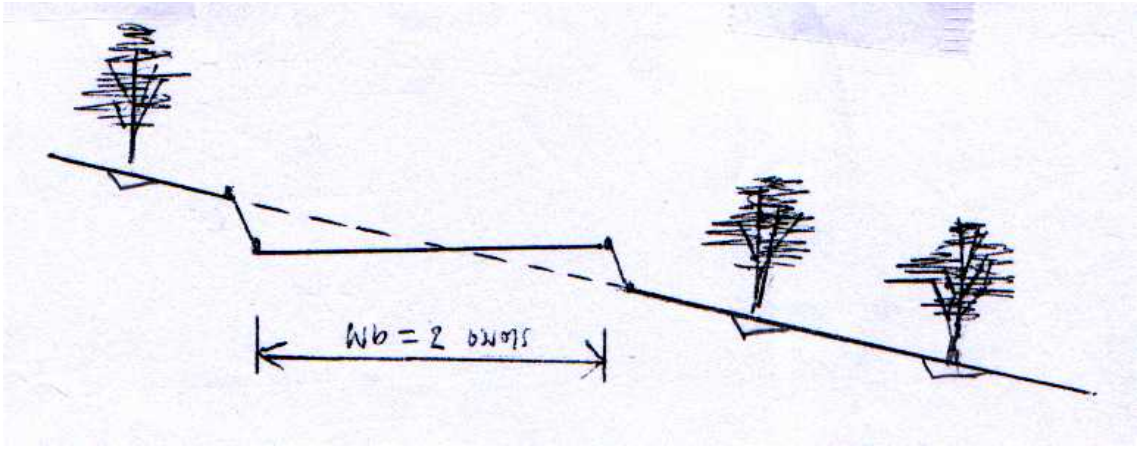
6.1 ภาพแผนผังและที่ตั้งของคูรับน้ำชายเขา



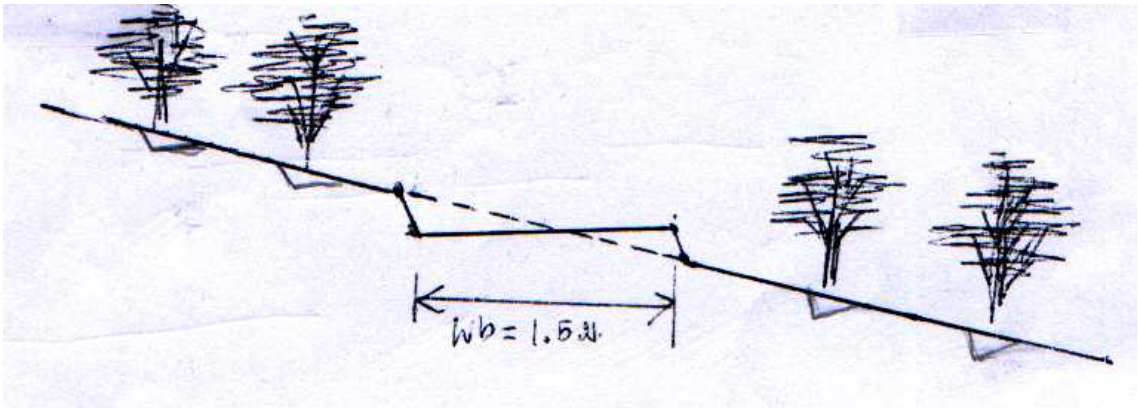
6.2 แบบของคูรับน้ำชายเขา หรือรอบเขา หรือคูรับน้ำข้างเขา มี 2 แบบ ได้แก่

แบบที่ 1 คูรับน้ำข้างเขาแบบฐานกว้าง Broad type

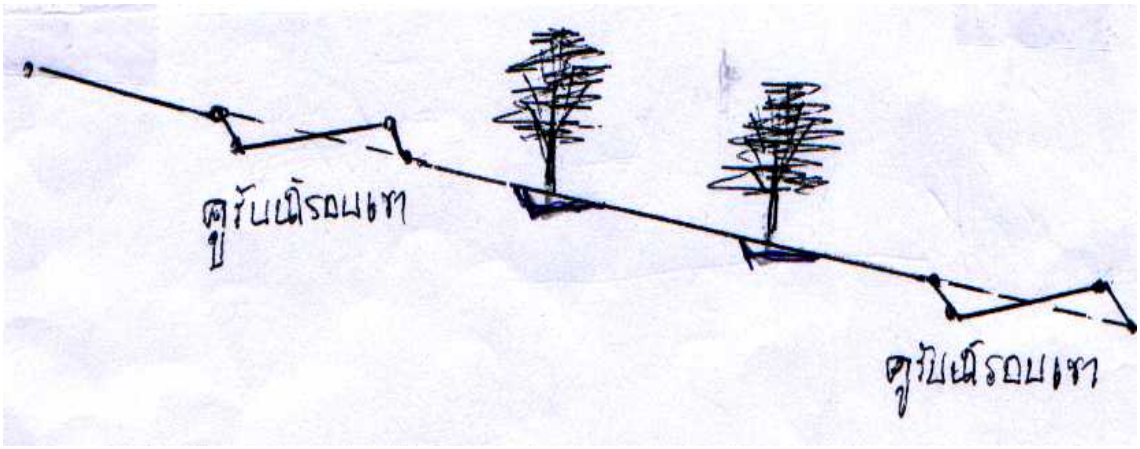
เหมาะสำหรับ slope น้อยกว่า 40% แต่ถ้าเป็นแบบลาดออกด้านนอกใช้ได้ในพื้นที่ที่ Slope มากกว่า 40% ถ้ามี การปลูกหญ้าป้องกันการพังทลายใช้ได้ในพื้นที่ Slope มากกว่า 55%



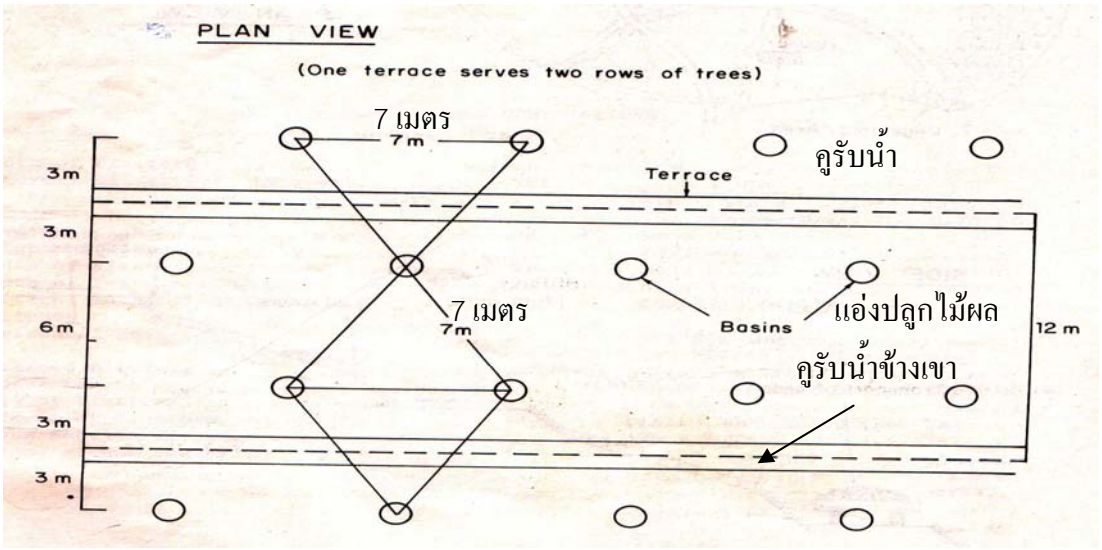
แบบที่ 2 คูรับน้ำแบบฐานแคบ Narrow type



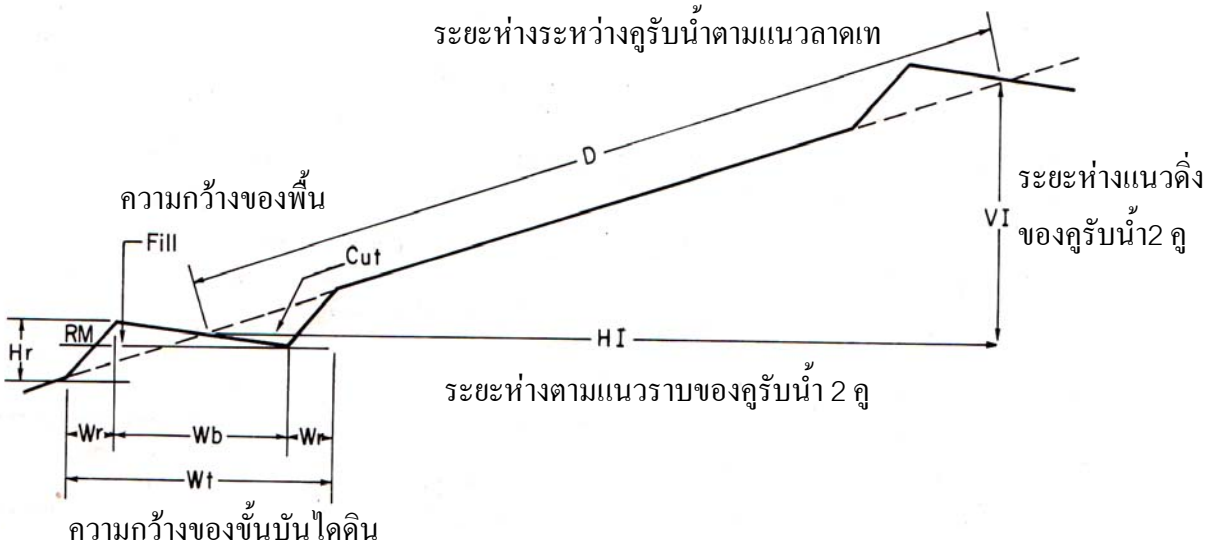
6.3.1 ภาพตัดขวาง (Cross section) ตำแหน่งของคูรับน้ำข้างเขากับแถวไม้ผล



6.3.2 ภาพมองจากด้านบน (Plan view)



6.4 แบบแปลนภาพตัวขวางและองค์ประกอบของคูรับน้ำชายเขา



สัญลักษณ์และการคำนวณ

1. ความกว้างของพื้นผิวขั้นบันไดดินพื้นราบ (Width of Platform) : Wb = 2 เมตร

2. ระยะห่างตามแนวดิ่งทางทฤษฎี Theoretical Vertical Interval (TVI) : $TVI = S \times \frac{Wb}{100-Sx\mu}$ เมตร

(s คือความลาดเทของพื้นที่ดินเดิม %, μ : มีค่า 0.75ถึง 1)

3. ความต่างระดับระหว่างหัวท้ายของขั้นบันได Reverse Height : RH = Wb x 0.10 เมตร

4. ความสูงของผนังด้านข้างของขั้นบันได (Higth of Riser) (Hr) :Hr = (TVI + RH) /2 เมตร

5. ความกว้างที่ฐานของผนังด้านข้างของขั้นบันได Wr = Hr x μ เมตร

6. ความกว้างรวมของขั้นบันไดดิน Width of Terrace or Ditch : Wt = Wb + 2 Wr เมตร

7. ระยะห่างตามแนวดิ่งระหว่างคูรับน้ำ Vertical Interval between two Ditch

$VI = \frac{S+4}{10}$ หรือ $\frac{S+6}{10}$ เมตร

8. ระยะห่างระหว่างคูรับน้ำ ตามแนวราบ (HI) : $HI = \frac{VI}{S} \times 100$ (VI/tan of slope angle) เมตร

9. ระยะห่างตามแนวลาดเทของพื้นที่ Inclined Distance (D) : D = VI/sin of slope angle เมตร

10. ความยาว Linear Length (L) : $L = \frac{10,000}{HI}$ หรือ $\frac{1,000}{HI+Wt}$ เมตรต่อเฮกตาร์หรือ, $L = \frac{1600}{HI}$ เมตรต่อไร่

11. พื้นที่ผิวดินราบของขั้นบันได Area of platform (A) : A = L x Wb ตร.ม.

12. เปอร์เซ็นต์พื้นที่ผิวพื้น Percent of platform $Pb = \frac{A}{10,000}$ ตร.ม.ต่อเฮกตาร์ หรือเท่ากับ $\frac{A}{1600}$ ตร.ม.ต่อไร่

13. พื้นที่หน้าตัดของคูรับน้ำ Cross Section of Ditch (C) : C = Wb x 2 Hr/ 8 ตร.ม.

14. ปริมาตรดินตัดและดินถม Volume of Cut and Fill (V) : V = L x C ต่อเฮกตาร์ หรือเท่ากับ

$\frac{L \times C}{6.25}$ ต่อไร่ = $\frac{1600}{HI} \times \frac{1}{6.25} \times Wb \times \frac{2Hr}{8}$

7. การออกแบบ

7.1 ระยะห่างระหว่างคูรับน้ำเหมือนการก่อสร้างคูรับน้ำชายเขา (Hillside Ditches)

ค่า VI = (S+6)/10 เมตร หรือ ตามขนาดทรงพุ่มและระยะปลูกของไม้ผลถ้าความลาดเอียงของพื้นที่มีความสม่ำเสมอกันตลอด **อาทิเช่น** ระยะห่างระหว่างคูรับน้ำ 2 คู เท่ากับ 2 เท่าของระยะแถวของไม้ผล **เช่น** ไม้ผลขนาดใหญ่ ใช้ระยะแถว เท่ากับ 8 เมตร ดังนั้น ระยะห่างของคูรับน้ำ 2 คู เท่ากับ 16 เมตร เป็นต้น

7.2 การลดระดับก้นคูรับน้ำเป็นไปตามเส้นระดับ สำหรับจุดประสงค์เพื่อระบายน้ำเหมือนการสร้างคูรับน้ำชายเขาทั่วไปบริเวณที่คูรับน้ำจดกับถนนในสวนการลดระดับของคูรับน้ำควรถูกเบนขึ้นไปจดกับถนน

7.3 ถ้าการทำคูรับน้ำถี่ขึ้นกว่า สูตร VI = (S + 6)/10 เมตร คูรับน้ำสามารถเพิ่มความยาวได้มากกว่า 100 เมตร

7.4 การระบายในแต่ละคูรับน้ำสู่ทางระบายน้ำ โดยปกติจะระบายออกตรงส่วนกลาง ถ้าในพื้นที่ลาดชันมากมักเกิดปัญหาระดับระหว่างคูรับน้ำชายเขานี้ต่างจากระดับทางระบายน้ำมาก การระบายน้ำจากปากทางออกคูรับน้ำไปสู่ทางระบายน้ำ โดยใช้ท่อคอนกรีตฝังดิน (ดูเรื่องท่อระบายน้ำลอดถนน Culvert) แต่ถ้าในพื้นที่ลาดชันน้อยและใช้คูรับน้ำแบบพื้นกว้าง จุดทางออกของน้ำที่ติดต่อกับทางระบายน้ำใช้ช่องระบายน้ำผนังอิฐแคบ หรือในกรณีที่ดินไม่พังทลายง่าย และสามารถให้หญ้าขึ้นได้อย่างหนาแน่น ก็ใช้ปากทางออกเป็นช่องระบายน้ำปูด้วยหญ้าก็ได้

แต่ถ้าเป็นคูรับน้ำชายเขาแบบตรงกลางสูง และระบายน้ำออกด้านข้างถ้าด้านข้างตอนใดต้องไปจดกับถนนเชื่อมโยง หรือถนนสายหลักในสวนให้ดัดปลายคูรับน้ำให้มีระดับสูงขึ้นเพื่อป้องกันไม่ให้กระแสน้ำพุ่งปะทะกับถนนแล้วทำการระบายน้ำออกจากคูรับน้ำชายเขาสู่ทางระบายน้ำข้างถนน โดยใช้การฝังท่อหรือช่องระบายน้ำผนังอิฐแคบอีกทีหนึ่ง

ตารางที่ 1 แสดงระยะห่างตามแนวราบ ละแนวดิ่งของคูรับน้ำชายเขาที่ขึ้นกับความลาดชันของพื้นที่

ความลาดชัน (Slope)		ระยะห่างระหว่างคูรับน้ำ (เมตร)	
%	องศา	ระยะห่างตามแนวราบ	ระยะห่างตามผิวดิน
3	1.7	30	30
4	2.3	25	25
5	2.9	22	22
6	3.4	20	20
7	4.0	19	19
8	4.6	18	18
9-10	5.1-5.7	16.5	16.6
11-15	6.3-8.5	15	15.1
16-20	9.1-11.3	13.3	13.5
21-25	11.9-14.0	12.6	12.9
26-30	14.5-16.7	12.1	12.5
31-40	17.1-21.8	11.7	12.4
41-55	22.3-28.8	11.0	12.0

8. การปรับปรุงระบบให้สมบูรณ์แบบขึ้น

ควรให้วิธีการปลูกพืชคลุมดิน วัสดุคลุมดิน และการปลูกหญ้า ดำเนินการร่วมกับวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบอื่นๆ อาทิเช่น การปลูกตามแนวระดับทุกชนิดที่ปลูกแซมในสวนผลไม้ให้เป็นแนวระดับหมด

9. การปฏิบัติดูแลรักษา

การดูแลรักษาปฏิบัติเช่นเดียวกับคูรับน้ำชายเขา ให้ดูเรื่องคูรับน้ำชายเขา

10. การดูแลรักษา

10.1 ควรตรวจตราคูรับน้ำชายเขา และทางระบายน้ำว่าอยู่ในสภาพที่ดีหรือไม่ทั้งก่อนและหลังฤดูฝน

10.2 เก็บกวาดเศษวัสดุต่าง ๆ ที่พื้นคูรับน้ำ และลอกตะกอนดินที่ทับถมที่พื้นคูออกให้หมด

11. ปริมาณดินขุดและดินถม สำหรับคูรับน้ำชายเขาขนาดต่างๆ

คำนวณปริมาณดินขุดและดินถม คำนวณจากสูตร

$$V = \frac{1,600}{HI} \times \frac{1}{6.25} \times Wb \times \frac{2Hr}{8} \text{ ลบ.ม.}$$

จากสูตรดังกล่าวมาทำเป็นตารางที่ 2 หน้าต่อไป ดังนั้นสามารถใช้ตารางดังกล่าวนี้ ในการคำนวณปริมาณดินขุด ดินถมที่มีความสัมพันธ์กับความลาดเทของพื้นที่ได้สะดวกและรวดเร็วขึ้น

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณดินขุด-ถม และราคางานของคูรับน้ำรอบเขา (Hillside Ditch)

slope %	ระยะระหว่างคูรับน้ำ		ครอบคลุมพื้นที่/ความยาว คูรับน้ำรอบเขา ไร่/1,000เมตร	ความยาวคูรับน้ำรอบเขา /ไร่ (เมตร/ไร่)	ปริมาณดินตัดถมต่อไร่ ($ม^3$/ไร่)		ราคางาน (บาท/ไร่)			
	แนวราบ	แนวลาดเท (HI)			แบบฐานกว้าง	แบบฐานแคบ	แบบฐานกว้าง		แบบฐานแคบ	
					Wb = 2	Wb = 1.5	คน	รถขุด	คน	รถขุด
3	30	30	18.75	53.33	499.20	288	32,448	5,016.96	18,720	2,894.40
4	25	25	15.63	63.98	448	264	29,120	4,502.40	17,160	2,653.20
5	22	22	13.75	72.73	422.40	232.32	27,456	4,245.12	15,100.80	2,334.82
6	20	20	12.50	80	409.60	230.40	26,624	4,116.48	14,976	2,315.52
7	19	19	11.88	84.18	437.76	237.12	28,454.40	4,399.49	15,412.80	2,383.06
8	18	18	11.25	83.89	437.76	241.92	28,454.40	4,399.49	15,724.80	2,431.30
9-10	16.5	16.6	10.38	95.34	424.96	239.04	27,622.40	4,270.85	15,537.60	2,402.35
11-15	15	15.1	9.44	105.93	483.20	275.42	31,408	4,856.16	17,902.30	2,767.97
16-20	13.3	13.5	8.44	118.48	552.96	311.04	35,942.40	5,557.25	20,217.60	3,125.95
21-25	12.6	12.9	8.06	124.07	660.48	371.52	42,931.20	6,637.82	24,148.80	3,733.78
26-30	12.1	12.5	7.81	128.04	784	444	50,960	7,879.20	28,860	4,462.20
31-40	11.7	12.4	7.75	129.03	1,031.68	583.30	67,059.20	10,368.38	37,914.50	5,862.17
41-55	11	12	7.50	133.33	1,566.72	887.04	101,836.80	15,745.54	57,657.60	8,914.75

หมายเหตุ ค่าปริมาณดินขุดและถมคิดจาก V = L x C/6.25 ลบ.ม.ต่อไร่ C = Wb x 2Hr/8 ตร.ม., Wb = 2 และ 1.5 เมตร, Hr = (TVI + RH)/2 เมตร, TVI=(S x Wb)/ (100 - S.μ) เมตร, μ = 1, ราคางานสำหรับการขุดถมดินด้วยเครื่องจักรกล 10.05 บาท/ลบ.ม. แรงคนเท่ากับ 65 บาท/ลบ.ม.

11.1 คูรับน้ำชายเขาแบบฐานแคบ ขนาด 1.5 เมตร

จากตารางที่ 2 ดังกล่าวข้างต้น พบว่า

- **ปริมาณดินขุดดินถมต่ำสุด** คือพื้นที่ลาดเท 3% เท่ากับ 288 ลบ.ม./ไร่
- **ปริมาณดินขุดดินถมสูงสุด** คือพื้นที่ลาดเทเท่ากับ 55% เท่ากับ 887.04 ลบ.ม./ไร่

11.2 คูรับน้ำแบบฐานกว้าง ขนาดกว้าง 2 เมตร

จากตารางที่ 2 ดังกล่าวข้างตัน พบว่า

- **ปริมาณดินขุดดินถมต่ำสุด** คือพื้นที่ลาดเท 3% เท่ากับ 499.20 ลบ.ม./ไร่
- **ปริมาณดินขุดดินถมสูงสุด** คือพื้นที่มีความลาดเท 55% เท่ากับ 1,566.72 ลบ. ม./ไร่

12. การคำนวณค่าจ้างแรงงานในการก่อสร้างคูรับน้ำชายเขา

12.1 กรณีใช้แรงคนขุด

12.1.1 คูรับน้ำชายเขาแบบฐานแคบ ขนาด 1.5 เมตร

- ต่ำสุด เมื่อพื้นที่มีความลาดเท 3% เท่ากับ 18,720 บาท/ไร่
- สูงสุด เมื่อพื้นที่มีความลาดเท 55% เท่ากับ 57,657 บาท/ไร่

12.1.2 คูรับน้ำแบบฐานกว้าง ขนาด 2 เมตร

- ต่ำสุด เมื่อพื้นที่มีความลาดเท 3% เท่ากับ 32,448 บาท/ไร่
- สูงสุด เมื่อพื้นที่มีความลาดเท 55% เท่ากับ 101,836 บาท/ไร่

12.2 กรณีใช้เครื่องจักรกล

12.2.1 คูรับน้ำชายเขาแบบฐานแคบ ขนาด 1.5 เมตร

- ต่ำสุด เมื่อพื้นที่มีความลาดเท 3% เท่ากับ 2,895 บาท/ไร่
- สูงสุด เมื่อพื้นที่มีความลาดเท 55% เท่ากับ 8,915 บาท/ไร่

12.2.2 คูรับน้ำแบบฐานกว้าง ขนาด 2 เมตร

- ต่ำสุด เมื่อพื้นที่มีความลาดเท 3% เท่ากับ 5,017 บาท/ไร่
- สูงสุด เมื่อพื้นที่มีความลาดเท 55% เท่ากับ 15,746 บาท/ไร่

13. การปลูกไม้ผลบนพื้นที่ลาดชันระหว่างคูรับน้ำชายเขา

ใช้ตัวแบบ แอ่งดินรูปเสี้ยววงกลมสำหรับปลูกไม้ผลบนพื้นที่ลาดชัน

เอกสารอ้างอิง

1. El-Swaify , S.A , E.W. Dangler and C.L. Armstrong 1982 Soil Erosion by water in the Tropics, HITAHR , College of tropical agriculture and human resources , University of Hawaii , 173 pp.

2. Hudson , Norman 1979 Soil Conservation , B T Batsford Limited, 4 Fitzhardinge Street London W 1, 320 pp.

3. Sheng , T.C 1989 Soil Conservation for small farmers in the humid tropics , Food and Agriculture Organization of the United Nations , Rome , 104 pp.

4. Chines Soil and Water Conservation Society , Roc. 1955 Soil conservation Handbook , Council of Agriculture , ROC , Taiwan Provincial Soil and Water Conservation Bureau , China, 207 pp.

ตารางที่ 3 แสดงราคางาน หรือค่าแรง ในการจัดทำขั้นบันไดดิน สำหรับปลูกไม้ผล (บาท/ไร่)

W(m)	Ø (o)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	S(%)	3.49	5.24	6.99	8.75	10.51	12.28	11.05	15.84	17.63	19.44	21.26	23.09	24.93	26.8	26.67	30.57	32.49	34.4	36.4	38.39	40.4	42.45	44.52	46.63	48.77	50.95	53.17	55.43	57.74
4.00	แรงคน	3,142	4,022	4,931	5,850	6,764	7,684	8,606	9,537	10,462	11,409	12,355	13,312	14,269	15,236	16,214	17,202	18,190	19,209	20,228	21,247	22,308	23,400	24,450	25,542	26,655	27,789	28,954	30,181	31,325
	เครื่องจักร	486	622	762	905	1,046	1,188	1,331	1,475	1,618	1,764	1,910	2,058	2,206	2,356	2,507	2,660	2,812	2,970	3,128	3,285	3,449	3,618	3,780	3,949	4,121	4,297	4,477	4,666	4,843
8.00	แรงคน	4,981	6,750	8,560	10,400	12,230	14,071	15,912	17,722	19,552	21,518	23,410	25,324	27,227	29,172	31,117	33,093	35,069	37,107	39,156	41,174	43,316	45,448	47,601	49,774	52,021	54,288	56,597	59,030	61,350
	เครื่องจักร	770	1,044	1,324	1,608	1,891	2,176	2,460	2,740	3,023	3,327	3,620	3,915	4,210	4,510	4,811	5,117	5,422	5,737	6,054	6,366	6,697	7,027	7,360	7,696	8,043	8,394	8,751	9,127	9,486

หมายเหตุ : 1. ตารางที่ 3 ได้จาก การคำนวณต่อเนื่องจากตารางที่ 2 2. ค่าแรงงานคนขุด เท่ากับ 65 บาท ต่อปริมาณดิน 1 ลบ.ม. (ใช้งบราคากลางของสำนักงบประมาณ) 3. ค่าแรงงาน รถขุด เท่ากับ 10.05 บาท ต่อปริมาณดิน 1 ลบ.ม. (ใช้งบราคากลางของสำนักงบประมาณ)

ตารางที่ 4 แสดงเวลางาน ในการจัดทำขั้นบันไดดิน สำหรับปลูกไม้ผล (แรงคน หน่วยเป็น วัน, เครื่องจักร หน่วยเป็น ชั่วโมง)

W(m)	**Ø (o)**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**	**21**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**27**	**28**	**29**	**30**
	S(%)	3.5	5.2	7.0	8.8	10.5	12.3	11.1	15.8	17.6	19.4	21.3	23.1	24.9	26.8	26.7	30.6	32.5	34.4	36.4	38.4	40.4	42.5	44.5	46.6	48.8	51.0	53.2	55.4	57.7
4.00	แรงคน	28.8	36.8	45.2	53.6	61.9	70.4	78.8	87.3	95.8	104.5	113.1	121.9	130.7	139.5	148.5	157.5	166.6	175.9	185.2	194.6	204.3	214.3	223.9	233.9	244.1	254.5	265.1	276.4	286.9
	เครื่องจักร	0.48	0.62	0.76	0.90	1.04	1.18	1.32	1.47	1.61	1.76	1.90	2.05	2.20	2.34	2.49	2.65	2.80	2.96	3.11	3.27	3.43	3.60	3.76	3.93	4.10	4.28	4.45	4.64	4.82
8.00	แรงคน	45.6	61.8	78.4	95.2	112.0	128.9	145.7	162.3	179.0	197.0	214.4	231.9	249.3	267.1	285.0	303.0	321.1	339.8	358.6	377.0	396.7	416.2	435.9	455.8	476.4	497.1	518.3	540.6	561.8
	เครื่องจักร	0.77	1.04	1.32	1.60	1.88	2.16	2.45	2.73	3.01	3.31	3.60	3.90	4.19	4.49	4.79	5.09	5.40	5.71	6.02	6.33	6.66	6.99	7.32	7.66	8.00	8.35	8.71	9.08	9.44

หมายเหตุ :

1. แรงคน มีหน่วยเป็น แรง โดย 1 แรง หมายถึง คนหนึ่งคนทำงานใน 1 วันๆ ละ 6 ชั่วโมง
2. เครื่องจักร มีหน่วยเป็น ชั่วโมง โดยการคิดเวลาทำงานเป็นชั่วโมง สอดคล้องกับวิธีจ้างเครื่องจักรของประเทศไทย