

ผลงานลำดับที่ 2

เรื่อง การศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินในระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบ
มีส่วนร่วมของเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำมวบ ลุ่มน้ำสาขาน้ำยาว (2)
ลุ่มน้ำหลักแม่น้ำน่าน บ้านตอง ตำบลแม่จริม
อำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน

Study of Physical Soil Properties under Participatory Soil and
water conservation System in Nam Muap and Nam Yao (2)
Sub-watershed, Mae Nam Nan Basin, Ban Thong,
Ma Jarim District, Nan Province.

โดย

นางสุนิย์รัตน์ โลหะโชติ

เอกสารประกอบการประเมินผลงานเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
ผู้เชี่ยวชาญด้านวางระบบการพัฒนาที่ดิน
(นักวิชาการเกษตรเชี่ยวชาญ)
ตำแหน่งเลขที่ 915
สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7
กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

คำนำ

กรมพัฒนาที่ดินมีนโยบายดำเนินงาน ตามพระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2551 ในการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อการป้องกันดินและที่ดินไม่ให้เกิดความเสื่อมโทรม การปรับปรุงดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ รวมถึงการรักษาน้ำในดินหรือบนผิวดิน ให้เกิดความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดินในทางเกษตรกรรม การให้ผลผลิตสูงสุดและเป็นการใช้ที่ดินอย่างถูกวิธี โดยใช้แนวทางระบบอนุรักษ์ดินและน้ำมาดำเนินงานในพื้นที่มีปัญหาความเสื่อมโทรมของดิน จากรายงานเขตการใช้ที่ดิน ตำบลแม่จริม อำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน การใช้ประโยชน์ที่ดินทำการเกษตรส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ลาดชัน เมื่อเข้าสู่ฤดูการเพาะปลูก เกษตรกรจะทำการบุกเบิกพื้นที่มักใช้วิธีการเผาพื้นที่ป่าเดิม หรือพื้นที่การเกษตรเดิม เนื่องจากสะดวก ประหยัดแรงงาน ใช้เวลารวดเร็ว หลังจากนั้นจะเข้าไปทำการเพาะปลูก ทำให้เกิดการทำลายสิ่งแวดล้อมและนำมาซึ่งความเสื่อมโทรมของดินจากการชะล้างพังทลาย ดินขาดความอุดมสมบูรณ์และธาตุอาหารในดินไปกับตะกอนดินตามกระแสน้ำ จึงได้มีงานการศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินในระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบมีส่วนร่วมของเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำมวบ ลุ่มน้ำสาขาน้ำยาว (2) ลุ่มน้ำหลักแม่น้ำน่าน บ้านตอง ตำบลแม่จริม อำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินตามกลุ่มเนื้อดิน ศึกษาการสูญเสียดินและธาตุอาหารพืชเมื่อมีการใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน และศึกษาเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในพื้นที่มีระบบและ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่ง ที่จะเป็นแนวทางการขยายผลงานวิจัย มุ่งสู่การดำเนินงานเชิงนโยบายให้เกิดความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่ดินในทางเกษตรกรรม การให้ผลผลิตสูงสุดและเป็นการใช้ที่ดินอย่างถูกวิธี

สุนิย์รัตน์ โลหะโชติ

พฤษภาคม 2569

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	(1)
สารบัญ	(2)
สารบัญตาราง	(4)
สารบัญภาพ	(6)
แบบการเสนอผลงาน ระดับเชี่ยวชาญ	1
ส่วนที่ 1 ข้อมูลบุคคล/ตำแหน่ง	1
ส่วนที่ 2 ผลงานที่เป็นผลการปฏิบัติงานหรือผลสำเร็จของงาน	7
1. ชื่อเรื่อง การศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินในระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำ แบบมีส่วนร่วมของเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำมวบ ลุ่มน้ำสาขาน้ำยาว (2) ลุ่มน้ำหลักแม่น้ำน่าน บ้านตอง ตำบลแม่จริม อำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน	7
2. ระยะเวลาการดำเนินการ	7
3. ความรู้ ความชำนาญงาน หรือความเชี่ยวชาญ และประสบการณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน	7
4. สรุปสาระสำคัญ ขั้นตอนการดำเนินการ และเป้าหมายของงาน	50
4.1 บทคัดย่อ	50
4.2 Abstract	52
4.3 หลักการและเหตุผล	54
4.4 วัตถุประสงค์	61
4.5 ขอบเขตการศึกษา	62
4.6 ขั้นตอนการดำเนินการ	62
4.7 ผลการศึกษาและวิจารณ์	69
4.8 สรุปผลการศึกษา	155
4.9 เป้าหมายของงาน	161
5. ผลสำเร็จของงาน (เชิงปริมาณ/คุณภาพ)	162
6. การนำไปใช้ประโยชน์/ผลกระทบ	162
7. ความยุ่งยากและซับซ้อนในการดำเนินการ	163
8. ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ	165
9. ข้อเสนอแนะ	165
10. การเผยแพร่ผลงาน	166
11. ผู้มีส่วนร่วมในผลงาน	166

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
เอกสารอ้างอิง	168
ภาคผนวก	182

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 การปฏิบัติงานที่ประสบผลสำเร็จ	1
2 ผลงานวิชาการด้านการวางระบบการพัฒนาที่ดิน	4
3 การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน	9
4 วิธีคิดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน	9
5 ระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืชของอินทรีย์วัตถุในดิน	12
6 การจัดระดับความรุนแรงของค่าพีเอชของดิน (pH)	13
7 ปริมาณความต้องการปูนเพื่อปรับค่าพีเอชของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช	14
8 ปริมาณปูนที่แนะนำ ได้แก่ ปูนแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) บริสุทธิ์ 100 กิโลกรัม เทียบเท่ากับปริมาณปูนทางการเกษตรอื่น ๆ	14
9 ระดับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available Phosphorus; avail. P)	15
10 ระดับปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Potassium; avail. K)	17
11 การแบ่งอนุภาคดินขนาดต่าง ๆ ตามมาตรฐาน USDA	18
12 การจำแนกกลุ่มขนาดของอนุภาคดิน (soil separate)	26
13 การจัดชั้นของการนำน้ำของดิน	29
14 การจัดชั้นความรุนแรงของการสูญเสียดินในประเทศไทย	45
15 ผลการวิเคราะห์ดินทางกายภาพก่อนปลูกพืช	73
16 ผลการวิเคราะห์ดินทางกายภาพประเภทของเนื้อดิน (Soil Texture)	74
17 ผลวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดินหลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2559	77
18 ผลวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดินหลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2560	78
19 ผลวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดินหลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2561	78
20 ผลวิเคราะห์ความพรุนรวมของดิน (Total Porosity) ก่อนการทดลองปี 2559 และหลังการทดลองปี พ.ศ. 2561	82
21 ผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีก่อนปลูกพืช	83
22 ผลวิเคราะห์ค่าพีเอชของดินหลังการทดลองในปี พ.ศ. 2559	84
23 ผลวิเคราะห์ค่าพีเอชของดินหลังการทดลองในปี พ.ศ. 2560	86
24 ผลวิเคราะห์ค่าพีเอชดินหลังการทดลองในปี พ.ศ. 2561	89
25 ผลวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) หลังการทดลองในปี พ.ศ.2559	91
26 ผลวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) หลังการทดลองในปี พ.ศ.2560	93
27 ผลวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) หลังการทดลองในปี พ.ศ.2561	95
28 ผลวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) หลังการทดลองปีที่ 1	98

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
29 ผลวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) หลังการทดลองปีที่ 2	101
30 ผลวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) หลังการทดลองปีที่ 3	103
31 ผลวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) หลังการทดลองปีที่ 1	105
32 ผลวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) หลังการทดลองปีที่ 2	108
33 ผลวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) หลังการทดลองปีที่ 3	110
34 ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปีที่ 1	111
35 ผลผลิตข้าวไรในปีที่ 1-3	111
36 ความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปีที่ 1-3	113
37 ความสูงของข้าวไรในปีที่ 1-3	113
38 ความสูงของงาในปีที่ 1-3	114
39 ปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2559-2561	115
40 ปริมาณการสูญเสียดินในพื้นที่แปลงวิจัยปี พ.ศ. 2559-2561	117
41 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของตะกอนดินหลังการทดลองปี พ.ศ. 2561	119
42 ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร หลังการทดลองปี พ.ศ. 2559	124
43 ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร หลังการทดลองปี พ.ศ. 2560	128
44 ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร หลังการทดลองปี พ.ศ. 2561	131
45 ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหารและมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ปี พ.ศ. 2561	133
46 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกพืชในพื้นที่แปลงมีคูรับน้ำขอบเขาปี พ.ศ. 2559	135
47 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกพืชในพื้นที่แปลงไม่มีคูรับน้ำขอบเขาปี พ.ศ. 2559	136
48 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกพืชในพื้นที่แปลงมีคูรับน้ำขอบเขาปี พ.ศ. 2560	138
49 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกพืชในพื้นที่แปลงไม่มีคูรับน้ำขอบเขาปี พ.ศ. 2560	140
50 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกพืชในพื้นที่แปลงมีคูรับน้ำขอบเขาปี พ.ศ. 2561	142
51 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกพืชในพื้นที่แปลงไม่มีคูรับน้ำขอบเขาปี พ.ศ. 2561	143
52 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจในรูปแบบของตารางกระแสเงินสดสุทธิ	145
53 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลตอบแทนเฉลี่ยในรูปแบบลักษณะการใช้ที่ดิน	147

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 การแปลผลสถานะทางกายภาพของดินจากความจุในการกักเก็บน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชทั้งหมดและอากาศในช่องว่างของดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช	21
2 แผนผังแปลงวิจัย	63
3 แบบคูรับน้ำรอบขอบเขา (Hill side Ditch)	64
4 ความลึกของการปักแท่งเหล็กลงในดิน	66
5 การปักแท่งเหล็กในแปลงทดลอง	66
6 หน้าที่ตัดดินในพื้นที่ศึกษา ชุดดินวังสะพุง (Wang Saphung Series: Ws)	70
7 ความสัมพันธ์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินมีอิทธิพลต่อค่าปริมาณการสูญเสียดินและมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	154
8 ความสัมพันธ์ของระบบอนุรักษ์ดินและน้ำต่อค่าปริมาณการสูญเสียดินและมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์	155
9 การนำเสนอผลงานประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ.2562 ณ โรงแรมเดอะกรีนเนอรี รีสอร์ท เขาใหญ่ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา	166
10 เกียรติบัตรรางวัลดีเด่นผลงานวิชาการภาคบรรยาย สาขานอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลงานประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ. 2562	166

แบบการเสนอผลงาน ระดับเชี่ยวชาญ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลบุคคล/ตำแหน่ง

ชื่อผู้ขอประเมิน นางสุนีย์รัตน์ โลหะโชติ

ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ

หน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่งปัจจุบัน ด้านการปฏิบัติงาน

1) ศึกษา วิจัย ทดสอบ การพัฒนาที่ดินเชิงบูรณาการที่มีความยุ่งยากซับซ้อนมากเป็นพิเศษ ต้องอาศัยความรู้ทางวิชาการ ความชำนาญงานและประสบการณ์สูงมากเป็นพิเศษ เพื่อให้ได้ผลงานวิจัยที่จะนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีใหม่ ๆ ให้เกษตรกรให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ รวมทั้งจัดทำทะเบียนวิจัย และรวบรวมผลงานวิจัย เพื่อให้การจัดการทะเบียนวิจัยของหน่วยงานดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ข้าพเจ้ามีผลงานการตีพิมพ์หรือรายงานด้านการศึกษาวิจัย แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การปฏิบัติงานที่ประสบผลสำเร็จ

ลำดับที่	ผลการปฏิบัติงาน/โครงการ	ปีที่ดำเนินการ
1	งานวิจัยผลของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดบนพื้นที่สูง ในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำจันทอนบน ตำบลแม่สองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน	นำเสนอผลงานภาคนิทรรศการ ในการประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ.2560 “วิชาการพัฒนาที่ดิน ขับเคลื่อนคุณภาพชีวิตเกษตรกรสู่ความยั่งยืน” วันที่ 19-21 กรกฎาคม 2560 ณ โรงแรมสยามออเรียลทอลล์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
2	งานวิจัยการศึกษามาตรการการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำแม่จัน ลุ่มน้ำย่อยแม่จัน ลุ่มน้ำหลักแม่น้ำโขง อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน	นำเสนอผลงานภาคบรรยาย ในการประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2561 “วิชาการพัฒนาที่ดินก้าวไกล ไทยยั่งยืน” วันที่ 21-23 สิงหาคม 2561 ณ โรงแรมแอมบาสเดอร์ ซิตี้ จอมเทียน อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ได้รับรางวัลผลงานวิชาการภาคบรรยายสาขาอนุรักษ์ดินและน้ำ

ตารางที่ 1 การปฏิบัติงานที่ประสบผลสำเร็จ (ต่อ)

ลำดับที่	ผลการปฏิบัติงาน/โครงการ	ปีที่ดำเนินการ
3	งานวิจัยการศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินเพื่อพัฒนาแนวทางในระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบมีส่วนร่วมของเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำมวบ ลุ่มน้ำสาขาน้ำยาว (2) ลุ่มน้ำหลักแม่น้ำน่าน บ้านตอง ตำบลแม่จริม อำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน ปี พ.ศ. 2560 รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน	นำเสนอผลงานภาคบรรยาย ในการประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2562 “ฟื้นฟูปุฐพีด้วยเทคโนโลยีกรมพัฒนาที่ดิน” วันที่ 18-20 สิงหาคม 2562 ณ โรงแรมเดอะกรีนเนอรี รีสอร์ท เขาใหญ่ อำเภopakช่อง จังหวัดนครราชสีมา ได้รับรางวัลดีเด่น ผลงานวิชาการภาคบรรยายสาขาอนุรักษ์ดินและน้ำ
4	งานวิจัยการศึกษาการใช้น้ำในดินของกลุ่มชุดดินในระบบงานจัดระบบอนุรักษ์ดิน และน้ำในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน จังหวัดน่าน ปี พ.ศ. 2564 รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน	นำเสนอผลงานวิชาการภาคนิทรรศการ สาขาอนุรักษ์ดินและน้ำ ในการประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2566 ในวันที่ 4-6 กันยายน 2566 ณ ห้องประชุมเดอะกรีนเนอรี รีสอร์ท เขาใหญ่ อำเภopakช่อง จังหวัดนครราชสีมา และเผยแพร่ผลงาน คลังความรู้ Web site ของสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7
5	การประยุกต์ใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจพัฒนาแหล่งน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำยม รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ปี พ.ศ. 2561 สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน	นำเสนอผลงานวิชาการภาคบรรยาย สาขาอนุรักษ์ดินและน้ำ ในการประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2564 ในวันที่ 27-28 กันยายน 2564 ณ ห้องประชุม สถานีพัฒนาที่ดินร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด

ตารางที่ 1 การปฏิบัติงานที่ประสบผลสำเร็จ (ต่อ)

ลำดับที่	ผลการปฏิบัติงาน/โครงการ	ปีที่ดำเนินการ
6	ผลของการไถพรวนในระบบปลูกพืชเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีต่อการสูญเสียดิน บนพื้นที่ดอน ชุดดินหนองมด (Nm) กลุ่มชุดดินที่ 29 อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย ปี พ.ศ. 2554 รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน	นำเสนอผลงานวิชาการภาคบรรยาย สาขาอนุรักษ์ดินและน้ำ ในการประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2557 ในวันที่ 24-27 สิงหาคม 2557 ณ โรงแรมเดอะ รีเจนท์ ชะอำ บีช รีสอร์ท อำเภอชะอำ จังหวัดเพชรบุรี (รางวัลรองชนะเลิศอันดับ 2)
7	การศึกษาผลของอัตราและวิธีการใช้ปุ๋ยอินทรีย์น้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวนาดำ ในชุดดินหางดง (Hd) อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย ปี พ.ศ. 2554 รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน	นำเสนอผลงานวิชาการภาคนิทรรศการ ในการประชุมดินและปุ๋ยแห่งชาติ ครั้งที่ 4 ปี พ.ศ. 2558 ในวันที่ 2-4 กรกฎาคม 2558 ณ โรงแรมहरखा เจปี อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
8	การใช้ประโยชน์ชุดตรวจดินภาคสนามกรมพัฒนาที่ดินสำหรับให้คำแนะนำปุ๋ยสำหรับการปลูกข้าวในจังหวัดแพร่ และจังหวัดน่าน ปี พ.ศ. 2557 รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน	นำเสนอผลงานวิชาการภาคนิทรรศการ ในการประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2559 ในวันที่ 28-31 สิงหาคม 2559 ณ โรงแรมดิเอ็มเพรส ศูนย์ประชุมนานาชาติเอ็มเพรส อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่

2) ผลงานวิชาการด้านระบบการพัฒนาที่ดิน ต้องอาศัยความรู้ทางวิชาการ ความชำนาญงาน และประสบการณ์สูงมากเป็นพิเศษ ที่มีความยุ่งยากซับซ้อนมากเป็นพิเศษ ด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ การปรับปรุงบำรุงดิน เพื่อให้สามารถเพิ่มผลผลิตและหรือ ลดต้นทุนให้กับเกษตรกร ข้าพเจ้ามีผลงานการตีพิมพ์หรือรายงานด้านการวางระบบการพัฒนาที่ดิน แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลงานวิชาการด้านการวางระบบการพัฒนาที่ดิน

ลำดับที่	ผลการปฏิบัติงาน/โครงการ	ปีที่ดำเนินการ
1	วิทยากรบรรยายงานอนุรักษ์ดินและน้ำโครงการส่งเสริมระบบการจัดการที่ดินเพื่อการเกษตรกรแบบยั่งยืน ในภูมิภาคแม่โขง-ลุ่มน้ำโขง เรื่อง แนวทางงานจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ บ้านน้ำตกพัฒนา หมู่ที่ 7 ตำบลทุ่งก่อ อำเภอเวียงเชียงรุ้ง จังหวัดเชียงราย (The Implementation of Soil and Water Conservation Measures for Sustainable Agricultural Development) มีเอกสารตีพิมพ์ ในการประชุม Lancang-Mekong Research and Policy Forum Strengthening research-policy cooperation and partnerships to promote sustainable soil and water conservation in Lancang-Mekong region	วันที่: 7-10 ธันวาคม 2565 สถานที่: ณ โรงแรมแสนโฮเทล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
2	การออกแบบจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำภายใต้ ของ สถานีพัฒนาที่ดินน่าน สถานีพัฒนาที่ดินแพร่ สถานีพัฒนาที่ดินพะเยา สถานีพัฒนาที่ดินเชียงราย สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน ดังนี้ 1) โครงการพัฒนาพื้นที่ตามโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ 2) โครงการพัฒนาที่ดินเพื่อป้องกันและบรรเทาภัยพิบัติทางการเกษตร 3) โครงการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำพื้นที่ลุ่มดอน 4) โครงการบริหารจัดการการผลิตสินค้าเกษตรตามแผนที่เกษตรเพื่อการบริหารจัดการเชิงรุก (Agri-Map) 5) โครงการส่งเสริมและพัฒนาอาชีพเพื่อแก้ไขปัญหาที่ดินทำกินของเกษตรกร	ปี พ.ศ. 2565-ปัจจุบัน

ตารางที่ 2 ผลงานวิชาการด้านการวางระบบการพัฒนาที่ดิน (ต่อ)

ลำดับที่	ผลการปฏิบัติงาน/โครงการ	ปีที่ดำเนินการ
3	ให้คำปรึกษาแนะนำทางวิชาการ เพื่อสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องในงานด้านวิชาการเกษตรวิทยากรบรรยายให้ความรู้ด้านกระบวนการสำรวจออกแบบงานจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ในเขตพัฒนาที่ดินและงานจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำโครงการอื่น ๆ ในสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 แบบมาตรฐานงานอนุรักษ์ดินและน้ำ การคิดงบประมาณราคางาน ให้กับเจ้าหน้าที่สถานีพัฒนาที่ดินพะเยา	วันที่ 7 มิถุนายน 2564 สถานที่: ณ ห้องประชุมสถานีพัฒนาที่ดินพะเยา อำเภอเมือง จังหวัดพะเยา
4	วิทยากรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตร “การออกแบบระบบอนุรักษ์ดินและน้ำแบบมีอาชีพ” รุ่นที่ 4 “การประเมินการสูญเสียดิน” และเป็นวิทยากรฝึกปฏิบัติภาคสนาม	ในวันที่ 15-18 กุมภาพันธ์ 2554 สถานที่: ณ โรงแรมริมกก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
5	วิทยากรฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตร “การสำรวจออกแบบระบบอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตร” หัวข้อ “การประเมินการสูญเสียดิน” และเป็นวิทยากรฝึกปฏิบัติภาคสนาม	ในวันที่ 28-30 สิงหาคม 2566 สถานที่: ณ โรงแรมดิเอ็มเพลส อำเภอเมือง จังหวัดน่าน
6	การถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการพัฒนาที่ดิน เพื่อป้องกันแก้ไขปัญหาความเสื่อมโทรม และฟื้นฟูทรัพยากรดินอย่างยั่งยืน: วิทยากรหลักสูตรการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการพัฒนาที่ดิน เรื่อง “การจัดการดินมีปัญหา” ในโครงการเพิ่มทักษะอาชีพแก่เกษตรกรผู้ลงทะเบียนเพื่อสวัสดิการแห่งรัฐ	วันที่ 10-12 กรกฎาคม 2561 สถานที่: ณ หอประชุมที่ว่าการอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย
7	วิทยากรบรรยายโครงการอบรมหมอดินอาสา 4.0 กรมพัฒนาที่ดิน เรื่อง งานอนุรักษ์ดินและน้ำ	ในวันที่ 26-27 สิงหาคม 2565 สถานที่: ณ โรงแรมน่านน้อย รีสอร์ท อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน

3) การถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการพัฒนาที่ดิน เพื่อป้องกันแก้ไขปัญหาความเสื่อมโทรม และฟื้นฟูทรัพยากรดินอย่างยั่งยืน

4) ให้คำปรึกษาแนะนำทางวิชาการ เพื่อสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องในงานด้านวิชาการเกษตร

5) จัดทำทะเบียนวิจัย และรวบรวมผลงานวิจัย เพื่อให้การจัดการทะเบียนวิจัยของหน่วยงานดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตำแหน่งที่จะแต่งตั้ง นักวิชาการเกษตรเชี่ยวชาญ

หน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่งที่จะแต่งตั้ง

1. ศึกษาวิเคราะห์วิจัยด้านวางระบบการพัฒนาที่ดิน เกี่ยวกับการปรับปรุงบำรุงดิน การอนุรักษ์ดินและน้ำ การสำรวจและจำแนกดินและการวางแผนการใช้ที่ดิน บูรณาการข้อมูลเพื่อพัฒนาหรือแก้ไขปัญหาทรัพยากรดินและที่ดิน รวมทั้งภาวะความเสี่ยงทางภาคการเกษตรและภัยพิบัติทางธรรมชาติในเขตพื้นที่รับผิดชอบ
2. ให้คำปรึกษาข้อเสนอแนะ หรือข้อคิดเห็น เพื่อวางระบบการพัฒนาที่ดินให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และเพื่อผลในการกำหนดยุทธศาสตร์นโยบายแผนงาน และโครงการของกรมพัฒนาที่ดิน
3. ถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการวางระบบการพัฒนาที่ดิน การแก้ไขปัญหาทรัพยากรดินและที่ดิน และวิชาการอื่นที่เกี่ยวข้องแก่นักวิชาการ และผู้ปฏิบัติงานในสังกัดกรมพัฒนาที่ดิน เกษตรกร ประชาชน และบุคลากรของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในเขตพื้นที่รับผิดชอบ เพื่อที่สามารถนำไปปฏิบัติให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ
4. เป็นผู้แทนของสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต และกรมพัฒนาที่ดิน ในการเข้าร่วมประชุมผู้แทนหน่วยงาน ในระดับกระทรวงและระดับประเทศ เพื่อชี้แจงให้ข้อมูลแลกเปลี่ยนความคิด และข้อเสนอแนะทางวิชาการวางระบบการพัฒนาที่ดินแก่ที่ประชุม

ส่วนที่ 2 ผลงานที่เป็นผลการปฏิบัติงานหรือผลสำเร็จของงาน

1. เรื่อง การศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินเพื่อพัฒนาแนวทางในระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบมีส่วนร่วมของเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำมวบ ลุ่มน้ำสาขาน้ำยาว (2) ลุ่มน้ำหลักแม่น้ำน่าน บ้านตอง ตำบลแม่จริม อำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน
2. ระยะเวลาการดำเนินการ เริ่มต้นเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2559 - กันยายน พ.ศ. 2561
3. ความรู้ ความชำนาญงาน หรือความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการศึกษา ผู้จัดทำได้มีการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านปฐพีวิทยา ความรู้ด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีพืชและวิธีกล ความรู้ด้านแนวทางในการพัฒนาการบริหารและวางระบบการพัฒนาที่ดินในเขตพัฒนาที่ดิน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 กรอบความรู้ด้านปฐพีวิทยา

3.1.1 ความหมายและความสำคัญของดิน

ในทางปฐพีวิทยามีศัพท์ที่คาบเกี่ยวกันสองคำ คือ ดิน (soil) และที่ดิน (land) ซึ่งอาจให้ความหมาย ดังนี้

ดิน หมายถึง ทรัพยากรธรรมชาติที่เกิดจากการสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิด คือ หินและแร่ธาตุต่าง ๆ ผสมคลุกเคล้ากับอินทรีย์วัตถุผ่านระยะเวลาการทับถมมาอย่างยาวนาน ปกคลุมผิวโลกอยู่เป็นชั้นบาง ๆ เป็นวัตถุที่คำนวณการเจริญเติบโต และการทรงตัวของพืช ดินประกอบด้วยแร่ธาตุที่เป็นของแข็ง อินทรีย์วัตถุ น้ำ และอากาศที่มีสัดส่วนแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสภาพของดินในแต่ละพื้นที่ การพิจารณาดินในมิติของการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร มักมองทั้งในแนวราบบนดิน และแนวสีกกลงไปยังชั้นล่าง ๆ ใต้พื้นดิน

ที่ดิน หมายถึง พื้นที่ที่ประกอบด้วยดินที่มีอยู่ตามธรรมชาติ อันอาจใช้ประโยชน์สนองความต้องการของมนุษย์ในด้านต่าง ๆ โดยคำนึงถึง ผลตอบแทนจากการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้น เป็นประการสำคัญ ดังนั้น จึงมีความแตกต่างของที่ดินและดิน กล่าวคือ ที่ดิน เป็นอสังหาริมทรัพย์อย่างหนึ่งหรือเป็น พื้นที่บริเวณใดบริเวณหนึ่งบนผิวโลก ซึ่งมีการแบ่งอาณาเขตตามที่มนุษย์กำหนดไว้ โดยที่ที่ดินมีลักษณะ เป็น 2 มิติ คือ กว้างกับยาว ส่วนดิน เป็นทรัพยากรธรรมชาติอย่างหนึ่ง ประกอบกันขึ้นเป็นส่วนหนึ่งของ ภูมิประเทศหรือของที่ดิน มีลักษณะเป็น 3 มิติ คือ กว้าง ยาว และลึก ฉะนั้นการศึกษาดินจึงเป็นต้อง ศึกษาลักษณะของดินตามความลึกจากผิวดินลงไปข้างล่างด้วยหรือที่เรียกว่าหน้าตัดดิน (soil profile)

ดินเป็นทรัพยากรที่เป็นแหล่งผลิตปัจจัยที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัย และยารักษาโรค ซึ่งดินจะเกี่ยวข้องอยู่ทั้งทางตรงและทางอ้อม นอกจากนี้ดินยังเป็นแหล่งของแร่ธาตุ ซึ่งเป็นธาตุอาหารของพืชช่วยคำนวณให้พืชตั้งตัวได้ และเป็นแหล่งสนับสนุนอาหารให้พืชด้วย และยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ขนาดเล็กและเชื้อจุลินทรีย์ต่าง ๆ อีกด้วย โดยองค์ประกอบของดินและสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ รวมกันเป็นระบบนิเวศน์ของดิน แต่เมื่อพิจารณาถึงส่วนประกอบของดิน ที่มีความเหมาะสม

กับการเจริญของพืชมีอยู่ 4 ส่วน ได้แก่ อนินทรีย์วัตถุหรือแร่ธาตุ (mineral) ประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ อินทรีย์วัตถุ (organic matter) ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ น้ำหรือสารละลาย (water) ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ และอากาศหรือช่องว่าง (air) 25 เปอร์เซ็นต์ สำหรับความแตกต่างของสมบัติของดินในแต่ละพื้นที่ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง และมีความสำคัญอย่างมากได้แก่ กระบวนการสร้างดิน (soil formation) ซึ่งทำให้เกิดกลุ่มดินที่มีลักษณะและสมบัติที่แตกต่างกันออกไป กระบวนการดังกล่าวประกอบด้วย การเพิ่มเติม (addition) การสูญเสีย (removal) การโยกย้าย (transfer) และการเปลี่ยนแปลงสภาพ (transformation) นอกจากกระบวนการทั้ง 4 ประเภทจะมีผลต่อการเกิดดินแล้ว ยังมีปัจจัยที่ควบคุมการสร้างตัวของดิน ได้แก่ ภูมิอากาศ (climate) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการควบคุมการผุพังของวัสดุต้นกำเนิดดิน สิ่งมีชีวิต (organisms) เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความแตกต่างของหน้าดิน เนื่องจากสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ จะเกี่ยวข้องกับการสะสมอินทรีย์วัตถุ การผสมคลุกเคล้าของหน้าดิน การหมุนเวียนธาตุอาหาร รวมถึงลักษณะของพืชพรรณ และวัตถุต้นกำเนิดดิน (parent material) กระบวนการทางธรณีจะทำให้เกิดวัตถุต้นกำเนิดดินที่มีความแตกต่างกัน และเมื่อเกิดกระบวนการสร้างดินก็จะทำให้ดินมีสมบัติและลักษณะที่แตกต่างกันตามองค์ประกอบของแร่ และวัตถุต้นกำเนิดดินเหล่านั้น สภาพภูมิประเทศ (topography) ลักษณะของพื้นผิว ความสูงต่ำและความลาดเท เป็นลักษณะของสภาพพื้นที่ที่ให้อัตราการผุพัง การเคลื่อนย้าย การเปลี่ยนแปลงสภาพ และการสูญเสียมีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะในพื้นที่ราบพื้นที่ลาดชัน อัตราการเกิดกระบวนการสร้างดินก็จะแตกต่างกัน เวลา (time) ระยะเวลาเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเกิดกระบวนการผุพังของวัสดุต้นกำเนิดดิน และยังมีผลต่อการพัฒนาชั้นดินด้วย ดังนั้นระยะเวลาที่ยาวนานมีผลให้มีการสร้างดินและพัฒนาชั้นดินยิ่งขึ้น ทำให้ชั้นดินแต่ละชั้นมีความหนามากขึ้น (พิทยากร, 2553)

3.1.2 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (soil fertility)

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน หมายถึง สมบัติของดินในการให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ในปริมาณและอัตราส่วนที่เหมาะสม ดินที่ให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชย่อมเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ดังนั้น การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินจากผลการวิเคราะห์ดิน แสดงดังตารางที่ 3 และวิธีคิดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน แสดงดังตารางที่ 4 จึงเลือกเฉพาะสมบัติทางเคมีที่สำคัญ ๆ เท่านั้น ได้แก่ ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity: CEC) ปริมาณธาตุที่เป็นด่างที่ดินดูดซับไว้ (Base saturation: BS) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter: OM) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus: P) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available Potassium: K)

ตารางที่ 3 การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ระดับความอุดมสมบูรณ์	OM	BS	CEC	Avail.P	Avail.K
	%	%	Cmol/kg	mg/kg	mg/kg
ต่ำ (1)	<1.5	<35	<10	<10	<60
ปานกลาง (2)	1.5-3.5	35-75	10-20	10-25	60-90
สูง (3)	>3.5	>75	>20	>25	>90

ที่มา: กองสำรวจดิน (2523)

ตารางที่ 4 วิธีคิดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ผลรวมคะแนน	ระดับความอุดมสมบูรณ์
7 หรือน้อยกว่า 7	ต่ำ
8-12	ปานกลาง
13 หรือมากกว่า	สูง

ที่มา: กองสำรวจดิน (2523)

เมื่อธาตุอาหารในดินที่อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ มีปริมาณที่พอเหมาะ และสมดุล จะช่วยให้พืชมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดี การรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินจึงถือเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึง โดยเฉพาะในพื้นที่ทำการเพาะปลูกทางการเกษตร เพื่อการค้า การใช้ประโยชน์ที่ดิน จากอดีตจนถึงปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงมากมาย ทั้งเกิดจากธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ ส่งผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง เห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินทั้งทางเคมี กายภาพ และชีวภาพ เช่น ปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลง ส่งผลให้ดินมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารพืชในดินลดลง ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง ความหนาแน่นรวมของดินสูงขึ้น ความพรุนของดินลดลง นอกจากนี้การปรับเปลี่ยนสภาพป่า เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรส่งผลต่อระบบการหมุนเวียนธาตุอาหาร ซึ่งสะสมอยู่ในรูปมวลชีวภาพของพืช และเมื่อมีการนำผลผลิตออกไปจากพื้นที่ ทำให้สูญเสียธาตุอาหารไปด้วยส่งผลให้ระบบสำรองธาตุอาหารพืชลดลง และในบางกรณีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทำให้ดินมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเกิดจากการจัดการดิน ส่งผลให้ปฏิกิริยาของดินเป็นกรดเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดผลกระทบต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัส จะอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ หรือบางพื้นที่มีการสูญเสียหน้าดินจากการชะล้างพังทลาย และการปลูกพืชติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน โดยไม่มีการปรับปรุงบำรุงดิน ก็ล้วนแต่ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินมีการเปลี่ยนแปลงที่ลดลง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548ก)

ความสามารถของดิน ในการให้ธาตุอาหารรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช อาจแบ่งความอุดมสมบูรณ์ของดินออกได้เป็น 3 ระดับ คือ ดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง ปานกลางและต่ำ ดังนี้คือ 1) ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง (fertile soils) ให้ธาตุอาหารครบทุกธาตุ แต่ละธาตุเพียงพอและสมดุลกัน ตามความต้องการของพืช 2) ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีธาตุอาหารรูปที่เป็นประโยชน์บางธาตุ อยู่ในระดับปานกลาง คือไม่เพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของพืชอย่างเต็มที่ 3) ดิน ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ มีธาตุอาหารบางธาตุหรือหลายธาตุ อยู่่น้อยหรือน้อยมาก เป็นเหตุให้พืชขาดธาตุเหล่านั้นอย่างรุนแรง ความอุดมสมบูรณ์ดั้งเดิมของดินมีความสัมพันธ์กับ 1) วัตถุดิบกำเนิดดินและกระบวนการเกิดดิน 2) สมบัติของดินทางเคมี 3) สมบัติของดินทางชีวภาพ อย่างไรก็ตามพืชในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง จะเจริญเติบโตได้ดี เมื่อดินนั้น มีสมบัติทางฟิสิกส์ดีและมีสารที่อาจเป็นพิษต่อพืชน้อยด้วย (ยงยุทธ, 2552)

3.2 ความรู้ด้านชีวภาพทางดิน

3.2.1 จุลินทรีย์ดินมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เกี่ยวข้องกับระดับพีเอช (pH) ของดิน คือ แบคทีเรีย *Azotobacter* ในขบวนการตรึงไนโตรเจน ไนตริฟิเคชัน (nitrification) ในช่วงพีเอช (pH) สูงกว่า 5.5 เกี่ยวกับขบวนการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุด้วย และยังเกี่ยวข้องกับการเกิดโรคพืช เช่น ค่าพีเอช (pH) เป็นกรด และเชื้อรา จะทำให้เกิดโรครากเน่า โคนเน่า

3.2.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Organic Matter, OM)

อินทรีย์วัตถุในดิน (soil Organic Matter) อินทรีย์วัตถุในดินเป็นองค์ประกอบสำคัญของดิน ที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อสมบัติต่าง ๆ ของดินทั้งทางเคมี ฟิสิกส์ และชีวภาพ อันส่งผลกระทบต่อเนื่องไปถึงระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความสามารถในการให้ผลผลิตของดิน รวมทั้งการพัฒนาระบบนิเวศ (ecosystem) ของแต่ละสภาพแวดล้อมโดยตรงคำว่า อินทรีย์วัตถุในดิน (soil organic matter) หรือที่เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ฮิวมัส (humus) นั้น มีความหมายครอบคลุมตั้งแต่ ส่วนของซากพืชหรือสัตว์ที่กำลังสลายตัว เซลล์จุลินทรีย์ทั้งที่ยังมีชีวิตอยู่และส่วนที่ตายแล้ว ตลอดจนสารอินทรีย์ที่ได้จากการย่อยสลาย หรือส่วนที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมาใหม่ แต่ไม่รวมถึงรากพืช หรือเศษซากพืชหรือสัตว์ที่ยังไม่ย่อยสลาย ฉะนั้นอาจกล่าวได้ว่า อินทรีย์วัตถุในดินประกอบไปด้วยสารอินทรีย์แทบทุกชนิด ที่สามารถเกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติ จากการวิเคราะห์สารประกอบส่วนที่เป็นคาร์บอน พบว่าโดยทั่วไปอินทรีย์วัตถุในดินจะประกอบด้วย 1) สารประกอบพวกคาร์โบไฮเดรต ประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ 2) สารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ เช่น กรดอะมิโน และน้ำตาลอะมิโน (amino sugar) ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ 3) สารประกอบ aliphatic fatty acid, alkane เป็นต้นประมาณ 10-20 เปอร์เซ็นต์ 4) ที่เหลือก็เป็นสารประกอบพวก aromatic compound อินทรีย์วัตถุในดินอาจแบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่เป็นสารฮิวมิก (humic substances) กับส่วนที่ไม่ใช่สารฮิวมิก (non humic substances) ในส่วนของสารฮิวมิกนั้น เป็นส่วนที่มีโครงสร้างซับซ้อน และคงทนต่อการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์มาก โครงสร้างหลักประกอบขึ้นมาจากสารประกอบ aromatic compound เป็นแกนทำให้สลายตัวได้ยาก บางส่วนก็มีสารประกอบพวกโปรตีนเพปไทด์ (peptide) กรดอะมิโน และพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) เข้ามาเกาะเป็นอีกส่วนหนึ่งของโมเลกุลสำหรับส่วนที่สอง คือส่วนที่ไม่ใช่สารฮิวมิก

(nonhumic substances) ได้แก่สารประกอบประเภทที่โครงสร้างโมเลกุลไม่ซับซ้อน ย่อยสลายได้ง่ายกว่า เช่น พวกคาร์โบไฮเดรต ลิพิด โปรตีน กรดอะมิโน และกรดอินทรีย์ เป็นต้น สารประกอบเหล่านี้ปกติจะถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายได้ง่าย แต่ที่ยังคงพบในปริมาณค่อนข้างมากในดิน ก็เพราะส่วนใหญ่เข้าไปเกาะยึดอยู่กับอนุภาคของดินเหนียว หรือทำปฏิกิริยากับแคตไอออนของโลหะบางชนิดเช่น Fe Al หรือ Cu หรือแม้แต่ว่าเข้าไปทำหน้าที่เป็นสารเชื่อมของเม็ดดิน (cementing agent) ทำให้สลายตัวยากขึ้น (คณาจารย์ปฐพีวิทยา, 2548ก)

อินทรีย์วัตถุในดินหมายถึง อินทรีย์สารทุกชนิดที่มีอยู่ในดิน ซึ่งได้จากซากพืช ซากสัตว์ สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในดิน สิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์สลายตัวทับถมอยู่ในดิน รวมถึงอินทรีย์สารที่รากพืชปลดปล่อยออกมา และที่จุลินทรีย์ดินสังเคราะห์ขึ้นมา อินทรีย์วัตถุในดินจึงประกอบด้วยอินทรีย์สารหลายชนิด คือ พวกสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน สารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัส สารประกอบอินทรีย์กำมะถัน เป็นต้น เมื่ออินทรีย์วัตถุสลายตัวโดยจุลินทรีย์ถึงขั้นสุดท้ายจะได้ฮิวมัส (humus) ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ประกอบเชิงซ้อน ที่ประกอบขึ้นจากสาร group ต่าง ๆ เช่น methyl phenolic quinone และ carboxylic groups ที่มีอยู่ในดิน ฮิวมัส แบ่งได้เป็นสองส่วน คือ humic acid และ fulvic ฮิวมัสนี้ไม่ใช่สารที่คงทนถาวร จุลินทรีย์ดินทำให้สลายตัวได้ เช่นเดียวกับอินทรีย์สารอื่นที่มีอยู่ในดิน แต่อัตราการสลายตัวของฮิวมัสจะช้ากว่าการสลายตัวของอินทรีย์สารที่เป็นต้นกำเนิดของฮิวมัส ฮิวมัสเป็นของแข็งที่มีอนุภาคละเอียดมาก มีบทบาทสำคัญคือ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง สามารถดูดซับน้ำได้ดี และมีบทบาทสำคัญต่อการเกาะยึดกันเป็นเม็ดของอนุภาคดิน

อินทรีย์วัตถุในดินมีอิทธิพลต่อสมบัติของดิน ทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ เช่น มีผลต่อการเกิดสีของดิน ช่วยให้ดินทรายมีการจับตัวเป็นก้อน การอุ้มน้ำ การถ่ายเทอากาศ การดูดซับประจุบวก อินทรีย์วัตถุที่มีประจุลบจำนวนมาก และมีความสามารถในการดูดซับประจุบวกได้สูง จึงมีผลทำให้ดิน ที่มีอินทรีย์วัตถุสูง มีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดเป็นด่างได้ดี และเป็นแหล่งสำรองธาตุอาหารขนาดใหญ่ โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน หลังจากถูกย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ จะปลดปล่อยธาตุอาหารเกือบทุกชนิดออกมาสะสมอยู่ในดิน ระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืชของอินทรีย์วัตถุในดิน แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืชของอินทรีย์วัตถุในดิน

ระดับ (rating)	วิธีการของ Walkley and Black พิสัย (ร้อยละ)
ต่ำมาก (very low)	< 0.5
ต่ำ (low)	0.5–1.0
ค่อนข้างต่ำ (moderately low)	1.0–1.5
ปานกลาง (medium)	1.5–2.5
ค่อนข้างสูง (moderately high)	2.5–3.5
สูง (high)	3.5–4.5
สูงมาก (very high)	> 4.5

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

การเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุให้กับดิน ปฏิบัติได้ดังนี้

- 1) ปลูกพืชหมุนเวียน เป็นการจจัดระบบการปลูกพืชโดยปลูกพืชหลักและพืชปรับปรุงบำรุงดินในพื้นที่เพาะปลูก ในระยะเวลาที่เหมาะสม พืชหลัก ได้แก่ ข้าว ผัก ส่วนพืชปรับปรุงบำรุงดิน ได้แก่ พืชตระกูลถั่ว เช่น ถั่วเขียว ถั่วเหลือง ถั่วลิสง ฯลฯ
- 2) ใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยชีวภาพ
- 3) การไถกลบตอซังของพืชที่ปลูกลงในแปลงปลูก เช่น ฟางข้าว ตอซังข้าวโพด ตอซังอ้อย
- 4) ใส่วัสดุที่เหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น กากอ้อย กากถั่ว ฟิลเตอร์เค้ก ส่าเหล้า เป็นต้น

3.3 ความรู้ด้านเคมีดิน

3.3.1 ปฏิกริยาดิน หมายถึง ความเป็นกรด (acidity) หรือความเป็นด่าง (alkalinity) ของดิน การที่ดินมีสภาพเป็นกรดหรือเป็นด่าง เป็นเพราะความเข้มข้นของ hydrogen ion (H^+) ในสารละลายดิน ถ้าในสารละลายดิน $[H^+] > [OH^-]$ ดินมีปฏิกริยาเป็นกรด ถ้า $[H^+] < [OH^-]$ ดินมีปฏิกริยาเป็นด่าง และถ้า $[H^+] = [OH^-]$ ดินมีปฏิกริยาเป็นกลาง นิยมวัดเป็นค่าพีเอช (pH) เรียกว่า มาตราพีเอช (pH Scales) บอกเป็นตัวเลข โดยการจัดระดับความรุนแรงของค่าพีเอชของดิน (pH) แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การจัดระดับความรุนแรงของค่าพีเอชของดิน (pH)

ระดับ (rating)	พิสัย (range)
เป็นกรดรุนแรงมากที่สุด (Ultra acid)	<3.5
เป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid)	3.5-4.5
เป็นกรดจัดมาก (very strongly acid)	4.6-5.0
เป็นกรดจัด (strongly acid)	5.1-5.5
เป็นกรดปานกลาง (moderately acid)	5.6-6.0
เป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid)	6.1-6.5
เป็นกลาง (neutral)	6.6-7.3
เป็นด่างเล็กน้อย (slightly alkaline)	7.4-7.8
เป็นด่างปานกลาง (moderately alkaline)	7.9-8.4
เป็นด่างจัด (strongly alkaline)	8.5-9.0
เป็นด่างจัดมาก (very strongly alkaline)	>9.0

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

3.3.2 ชนิดของปูนที่ใช้ในการปรับปรุงดินกรดสำหรับการเกษตร ต้องเป็นปูนที่มีแคลเซียมหรือแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ ปูนขาว หินปูนบด หินปูนเผา เปลือกหอยเผา ปูนโดโลไมท์ ปูนมาร์ล หรือดินมาร์ล เป็นต้น

ห้องปฏิบัติการกรมพัฒนาที่ดิน ได้ใช้วิธีของ Woodruff วิเคราะห์ความต้องการปูนมานานจะบอกเป็นปริมาณปูนที่แนะนำของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) บริสุทธิ์ ต่อหน่วยพื้นที่ดิน 1 ไร่ ชั้นดินลึก 15 เซนติเมตร สามารถคำนวณเป็นปูนชนิดอื่นที่หาได้ง่ายในท้องที่และราคาถูกทดแทนได้ และในทางปฏิบัติมีการใส่ปูนในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ ได้แก่ ค่าพีเอชของดิน (pH) เนื้อดิน ชนิดของดินเหนียว ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และชนิดของพืชที่ปลูก ก็ยังไม่สามารถยกระดับค่าพีเอชของดิน (pH) ถึงระดับที่ต้องการ เนื่องจากมีปัจจัยอื่นประกอบ เช่น ปูนที่ใส่ถูกน้ำชะล้างไปบ้าง ทำปฏิกิริยากับกรดที่มาจากน้ำชลประทาน หรือน้ำฝน หรือถ้าใส่ในดินเปรี้ยวจัด (acid sulfate soil) ปูนจะต้องสะเทินกรดซัลฟิวริกที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารไพไรต์ที่อยู่ในดิน ในการให้คำแนะนำสำหรับดินกรดซัลฟิวริกหรือกรดกำมะถัน จะแนะนำให้ใส่เต็มปริมาณ แต่นักวิชาการเกษตรเห็นว่า จากผลการวิเคราะห์ได้ค่าสูงเกินไปก็จะแนะนำให้ใส่เพียงครึ่งเดียวเท่านั้น หรือถ้าเป็นดินกรดที่มีเนื้อดินเป็นดินทรายร่วน หรือดินร่วนทราย จะพิจารณาใส่น้อยลง เนื่องจากอาจเกิดสภาพเกินปูน (overliming) ซึ่งเป็นอันตรายต่อพืชที่ปลูกได้ เพราะเกิดการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของดิน (pH) อย่างรวดเร็ว เนื่องจากดินทรายมีสมบัติในการต้านทานความเป็นกรดหรือด่างต่ำ (low buffer capacity) ทำให้เกิดปัญหาดังนี้

- 1) เกิดภาวะไม่สมดุลของธาตุอาหาร ทำให้ผลผลิตของพืชลดลง
- 2) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลง เนื่องจากฟอสฟอรัสหรือฟอสเฟตทำปฏิกิริยากับปูนได้สารประกอบแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งละลายน้ำได้ยาก
- 3) ปริมาณโบรอนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลง เนื่องจากอนุภาคดินเหนียวดูดยึดโบรอนไว้ ทำให้พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้
- 4) ปริมาณสังกะสีที่ละลายน้ำเป็นประโยชน์ต่อพืชลดลง ปกติความสามารถในการละลายได้ของสังกะสี จะอยู่ที่ระดับค่าพีเอช (pH) 6.0-7.0
- 5) ความเป็นประโยชน์ของธาตุเหล็ก แมงกานีส ทองแดง จะลดลง เนื่องจาก pH ของดินอยู่ที่ระดับไม่เหมาะสมต่อการละลายได้ของธาตุอาหารพืชเหล่านี้

ตารางที่ 7 ปริมาณความต้องการปูนเพื่อปรับค่าพีเอชของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

เนื้อดิน	ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณความต้องการปูน (กิโลกรัมต่อไร่)
ดินทราย	2.5	850
ดินร่วนปนทราย	3.0	2,000
ดินร่วนและร่วนปนทราย	4.0	2,800
ดินเหนียวปนทรายแป้งและร่วน	5.0	3,600

ที่มา: Brady (1974)

ตารางที่ 8 ปริมาณปูนที่แนะนำ ได้แก่ ปูนแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) บริสุทธิ์ 100 กิโลกรัม เทียบเท่ากับปริมาณปูนทางการเกษตรอื่น ๆ

ชนิดปูน	เทียบกับปูนแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) บริสุทธิ์	ปริมาณปูนทางการเกษตรที่ใช้ (กิโลกรัมต่อไร่)
ปูนขาว CaO	CaCO_3 100 x 0.78	78
ปูนมาร์ล CaCO_3	CaCO_3 100 x 1.20	120
หินปูนบด CaCO_3	CaCO_3 100 x 1.50	150
ปูนโดโลไมท์ $\text{Ca.Mg}(\text{CO}_3)_2$	CaCO_3 100 x 1.09	109

ที่มา: Brady (1974)

3.3.3 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus; avail. P)

ฟอสฟอรัส เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก เป็นส่วนประกอบของกรดนิวคลีอิก และนิวคลีโอโปรตีน มีความสำคัญต่อการสร้างยีนส์ (genes) การแบ่งเซลล์และการสร้างเซลล์ในพืช และเป็นส่วนประกอบของฟอสโฟลิพิด (phospholipide) NADP และ ATP เป็นตัวถ่ายทอดพลังงานระหว่างสารต่อสารในระบบต่าง ๆ เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ การเคลื่อนย้ายสาร ช่วยในการเจริญเติบโตของราก เป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการออกดอก ติดเมล็ด และการพัฒนาของเมล็ดและผล

ฟอสฟอรัสมียูในดินต่ำมากโดยมีค่าเฉลี่ยเพียง 0.06 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับไนโตรเจนที่มี 0.14 และโพแทสเซียม 0.83 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินอยู่ในรูปอนุมูลฟอสเฟตคือ H_2PO_4^- และ HPO_4^{2-} ซึ่งได้จากกระบวนการแปรสภาพของอินทรีย์วัตถุ และจากการละลายของสารประกอบฟอสเฟตต่าง ๆ ในดิน ออกมาอยู่ในสารละลายดิน (soil solution) ซึ่งอยู่ในสภาพสมดุลกัน เมื่อพืชดูดดึงฟอสเฟตในสารละลายดินไปใช้ จะทำให้ปริมาณในส่วนนี้ลดลง ฟอสเฟตในส่วนของ soil solid จะถูกปลดปล่อยออกมาเพื่อชดเชย ซึ่งอัตราการสลายตัวของฟอสเฟตออกมาอยู่สารละลายดินจะช้าหรือเร็ว ขึ้นอยู่กับชนิดสารประกอบฟอสเฟตในดิน เมื่อดินมีค่าพีเอชของดิน (pH) อยู่ระหว่าง 6-7 จะมีฟอสเฟตในรูปที่พืชจะใช้ประโยชน์มากที่สุด แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณแร่ฟอสเฟตและอำนาจในการตรึงฟอสเฟตของดิน ถ้าดินมีอำนาจในการตรึงสูง ระดับไอออนฟอสเฟตในสารละลายดินมากที่สุด จะมีปริมาณฟอสเฟตที่พืชใช้ได้ต่ำ ในทางกลับกัน ถ้าดินมีอำนาจในการตรึงต่ำ ปริมาณฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะมีอยู่มาก และที่ค่าพีเอชของดิน (pH) ต่ำ ไอออนฟอสเฟตจะถูกตรึงโดย Fe^{+2} Al^{+3} และ hydrous oxide ของเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีส และจะค่อยๆลดปริมาณการตรึงลงเมื่อค่าพีเอชของดิน (pH) สูงขึ้นจาก 4 เป็น 7 และเมื่อค่าพีเอชของดิน (pH) สูงขึ้นจาก 6 เป็น 8 ไอออนฟอสเฟตจะถูกตรึงโดย Ca^{+2} Mg^{+2} และ CaCO_3 สำหรับระดับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน แสดงดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ระดับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available Phosphorus; avail. P)

ระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืช	วิธีการ Bray II (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ต่ำมาก (very low)	< 3
ต่ำ (low)	3-10
ปานกลาง (medium)	11-15
สูง (high)	16-45
สูงมาก (very high)	> 45

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

อาการขาดธาตุฟอสฟอรัส

- 1) ทุกส่วนของพืชจะแคระแกรน
- 2) ถ้ามีอาการขาดรุนแรง ใบจะมีสีม่วง พบในข้าวโพด
- 3) พืชแก่ช้ากว่าปกติ
- 4) การแตกกอของข้าวลดลง

โดยทั่วไปฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน มีไม่ค่อนเพียงพอกับความต้องการของพืช และเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายได้ดีลงไปดิน จะถูกตรึงมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉลี่ยที่ดินแปลงหนึ่ง จะสูญเสียฟอสฟอรัสโดยติดออกไปกับส่วนของพืชที่ปลูก ประมาณ 0.5-1.0 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อไร่ต่อปี หรือประมาณ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่มีในดิน (ชั้นไถพรวน) และถูกน้ำและลมพัดพาออกไปประมาณ 1-3 กิโลกรัม ฟอสฟอรัสต่อไร่ต่อปี หรือประมาณ 0.4-1.2 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่มีในดิน (ชั้นไถพรวน) จำเป็นต้องมีการจัดการเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในการละลายได้ของฟอสเฟตในดิน และลดปริมาณการตรึงฟอสเฟตที่ใส่ลงไปในดิน โดยทำได้ดังนี้

- 1) ปรับค่าพีเอชของดิน (pH) ให้อยู่ระหว่าง 6 ถึง 7
- 2) ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต โดยโรยเป็นแถวลึกในดินใกล้แถวของพืช หรือใกล้รากพืช
- 3) ลดพื้นที่ผิวสัมผัสของดินในการใส่ปุ๋ย เช่น ใช้ปุ๋ยชนิดเป็นเม็ด ถ้าเป็นปุ๋ยชนิดละลายยาก ควรใช้ชนิดละเอียดเพื่อให้ละลายได้เร็วขึ้น
- 4) เพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยพืชสด

ฟอสฟอรัสมากเกิน มีผลทางด้านเป็นพิษไม่มากนัก เพราะอนุมูลฟอสเฟตจะถูกตรึงและไม่เคลื่อนย้ายในดิน แต่อาจเกิดการขาด Zn หรือ Fe และจะเกิดการขาด Ca B Cu และ Mn ได้ และเกิดที่ใบแก่

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Potassium; avail. K)

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมาก มีองค์ประกอบสำคัญของเอนไซม์ที่ช่วยในการสังเคราะห์แสง การสร้างโปรตีน แป้ง ช่วยในการลำเลียงแป้งและน้ำตาล ควบคุมและรักษาความเป็นกรดเป็นด่าง ควบคุมการเปิด-ปิดของปากใบ ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์บางชนิด กระบวนการเมตาบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ช่วยให้ทุกส่วนของต้นพืชและระบบรากแข็งแรง ทนทานต่อโรคและแมลง ช่วยเพิ่มขนาดของผลผลิต เมล็ด และปรับปรุงคุณภาพของผลผลิต (วิจิตร, 2552)

โพแทสเซียมในดินมีอยู่ด้วยกัน 3 รูปคือ Fixed K Exchangeable K⁺ และ Soluble K⁺ รูปที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ คือ Exchangeable K⁺ และ Soluble K⁺ สำหรับ Soluble K⁺ นั้น พืชสามารถดูดไปใช้ประโยชน์ได้ง่าย แต่เนื่องจากมีปริมาณน้อยมาก จึงไม่ค่อยนำมาใช้ในการประเมินปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมในดินในรูปต่าง ๆ จะสมดุลเสมอ กล่าวคือเมื่อรากพืชดูด Exchangeable K⁺ (readily available K) ไปใช้ประโยชน์อยู่เสมอจนมีระดับต่ำมาก โพแทสเซียมในดินที่ถูกตรึงไว้จะถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในรูป readily available ซึ่งการปลดปล่อยนี้จะเร็วหรือช้าขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ชนิดของ soil colloid และความชื้นของดิน เป็นต้น

อาการขาดธาตุโพแทสเซียม

- 1) ลำต้นแคระแกรน ใบลู่ลงสู่ดินมากเกินไป ทำให้พืชล้มง่าย
- 2) ขอบใบจะไหม้แห้ง และตัวใบจะมีสีเหลือง
- 3) ลำต้นอ่อนแอ
- 4) เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงขึ้น
- 5) ช่วยให้พืชชะงักการเจริญเติบโตโพแทสเซียมมากเกินไป K ในดินระดับสูง ทำให้เกิดความเสียหายทางอ้อม ทำให้ขาดธาตุอาหารตัวอื่น ๆ เช่น Mg Ca B Zn Mn และ NH_4^+

ตารางที่ 10 ระดับปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Potassium; avail. K)

ระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืช	วิเคราะห์โดยใช้น้ำยาสกัด NH_4OAc 1N pH 7 (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ต่ำมาก (very low)	< 30
ต่ำ (low)	30-60
ปานกลาง (medium)	61-90
สูง (high)	91-120
สูงมาก (very high)	>120

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

3.4 ความรู้ด้านกายภาพของดิน

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งวิธีในห้องปฏิบัติการ และวิธีภาคสนาม การจะเลือกใช้วิธีใดขึ้นอยู่กับรายการที่ต้องการวิเคราะห์ วัตถุประสงค์หลักของการวิเคราะห์คือการนำผลวิเคราะห์ที่ได้มาประเมินศักยภาพดินต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินทำการเกษตร และใช้ในการตัดสินใจเลือกวิธีการจัดการดินที่เหมาะสมต่อสมบัติดิน การศึกษาวิจัยนี้ใช้เฉพาะการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยมีรายการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพดินที่สำคัญได้แก่

- การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดิน (particle size analysis)
- การวิเคราะห์ทางกายภาพ (physical analysis) ประกอบด้วย ความหนาแน่นรวมของดิน (dry bulk density, Db), ความหนาแน่นอนุภาคดิน (particle density, ρ_s), และความพรุนรวมของดิน (total soil porosity, TP)
- การวิเคราะห์การนำน้ำของดินในสภาพที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated hydraulic conductivity, Ksat)
- การวิเคราะห์ความชื้นดินที่แรงดึงบรรยากาศต่าง ๆ (soil moisture retention, MR, or characterization curves)

การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดิน (particle size analysis) การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดิน เป็นการวิเคราะห์การกระจายตัวของอนุภาคดินที่มีขนาดอนุภาค ต่าง ๆ กัน 3 ขนาด ได้แก่อนุภาคขนาดทราย (sand) อนุภาคขนาดทรายแป้ง (silt) และอนุภาคขนาดดินเหนียว (clay) ดังแสดงในตารางที่ 11 สัดส่วนของอนุภาค ทั้ง 3 ขนาดสามารถนำมาประเมินประเภทเนื้อดินได้ เนื้อดินทั้งหมดตามมาตรฐาน USDA (USDA Soil Conservation Service, 1971) แบ่งเป็น 12 ประเภท ได้แก่ ดินทราย (sand, S) ดินทรายเป็นร่วน (loamy sand, LS) ดินร่วนปนทราย (sandy loam, SL) ดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam, SCL) ดินร่วน (loam, L) ดินร่วนปนทรายแป้ง (silt loam, SiL) ดินทรายเป็น (silt, Si) ดินเหนียว (clay, C) ดินเหนียวปน ทรายแป้ง (silty clay, SiC) ดินเหนียวปนทราย (sandy clay, SC) ดินร่วนเหนียวปนทรายเป็น (silty clay loam, SiCL)

ตารางที่ 11 การแบ่งอนุภาคดินขนาดต่าง ๆ ตามมาตรฐาน USDA

Textural name	Textural subclass	Particle-size range (nm)	U.S. standard (sieve number)	Sieve opening (nm)	Particles (g^{-1})	Typical settling velocity
Gravel	Gravel	>4.76	4	4.76	<2	20 $cm\ s^{-1}$
	Fine Gravel	2.00 – 4.76	10	2.00	11	3 $cm\ s^{-1}$
Sand	Very coarse sand	1.00 – 2.00	18	1.00	90	1 $cm\ s^{-1}$
	Coarse sand	0.50 – 1.00	35	0.50	720	13 $cm\ min^{-1}$
	Medium sand	0.25 – 0.50	60	0.25	5,700	3 $cm\ min^{-1}$
	Fine sand	0.10 – 0.25	140	0.10	46,000	31 $cm\ h^{-1}$
	Very fine sand	0.05 – 0.10	270	0.05	722,000	6 $cm\ h^{-1}$
Silt	-	0.002 – 0.05	-	-	5,776,000	1.3 $mm\ h^{-1}$
Clay	-	<0.002	-	-	90,260,853,000	<1.3 $mm\ h^{-1}$

ที่มา: USDA Soil Conservation Service (1971)

วิธีวิเคราะห์ขนาดอนุภาคดินที่นิยมใช้มี 2 วิธี คือวิธีที่

1) วิธีร่อนผ่านตะแกรงและตกตะกอน (Sieving and sedimentation method) หรือบางครั้งเรียกว่า วิธี ปิเปต (Pipette method) (McCarty et al., 2016) อาศัยหลักการตกตะกอนของอนุภาคใน สารแขวนลอย (suspension) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางต่างกัน ได้แก่อนุภาคขนาดทราย ทรายเป็น และ ดินเหนียว และคำนวณเวลาตกตะกอนของอนุภาคแต่ละขนาดจากสมการที่ (1) สมการของสโตกส์ (Stokes equation)

$$\text{Stokes Equation : } V = \frac{v = g (d^1 - d) D^2}{18\eta} \quad (1)$$

- เมื่อ V = ความเร็วในการตกตะกอนของอนุภาค (cm s^{-1})
 d_1 = ความหนาแน่นของอนุภาค (g cm^{-3}) (ดินแร่ส่วนใหญ่จะใช้ค่า 2.65 g cm^{-3})
 d = ความหนาแน่นของตัวกลาง (g cm^{-3}) (0.997 g cm^{-3} สำหรับน้ำที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส)
 g = ความเร่งตามแรงโน้มถ่วงของโลก (980 cm s^{-2})
 D = เส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค (cm)
 η = ค่าสมบรูณ์ของความหนืดของตัวกลาง (dyne s cm^{-2})

จากสมการที่ (1) ที่คำนวณแล้ว พบว่า เมื่อทำการตกตะกอน อนุภาคขนาดต่าง ๆ ในสารแขวนลอยที่มีน้ำเป็นตัวกลางที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยใช้ภาชนะกระบอกตวง (cylinder) ขนาด 1,000 มิลลิลิตร ภายในเวลา 74 วินาทีที่ความสูงของสารแขวนลอยมากกว่า 18 เซนติเมตร จะไม่พบอนุภาคทราย นั่นคืออนุภาคทรายจะตกตะกอนหมดภายในเวลา 74 วินาที และพบว่าอนุภาคทรายแป้งจะตกตะกอนหมดภายในเวลา 2 ชั่วโมง ในขณะที่อนุภาคดินเหนียวจะใช้เวลา 74 วินาที และพบว่าอนุภาคทรายแป้งจะตกตะกอนหมด โดยวิธีวิเคราะห์นี้ มีข้อควรระวังคือ ต้องทำให้อนุภาคดินเหนียวแตกตัวออกอย่างสมบูรณ์เพื่อไม่ให้เกิดการรวมตัวกันกลายเป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ และตกตะกอนออกมาก่อนเวลา ทำให้ผลวิเคราะห์คลาดเคลื่อนได้ ร้อยละของผลรวมของอนุภาคทั้ง 3 ขนาด สามารถนำมาประเมินประเภทเนื้อดินโดยเปรียบเทียบกับสามเหลี่ยมเนื้อดินได้

2) วิธีที่ 2 วิธีไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer method)

วิธีนี้จะวัดความหนาแน่นของอนุภาคใน ของเหลวโดยอาศัยหลักการลอยตัวของวัตถุ (Buoyant force) แทนที่การวัดโดยใช้เวลาในการตกตะกอน แบบวิธีปิเปต ของเหลวที่มีความหนาแน่นต่างกันจะแสดงค่าบนสเกลไฮโดรมิเตอร์ต่างกัน (Bouyoucos scale, g L^{-1}) นั่นคือเมื่อเตรียมสารแขวนลอยดิน 50 กรัม ในน้ำอนุภาคทรายในสารแขวนลอยจะตกตะกอนที่ 40 วินาทีจะทำให้ความหนาแน่นของสารแขวนลอยที่ประกอบด้วยอนุภาคทรายแป้งและดินเหนียวมีค่าเท่ากับ 31 g L^{-1} และอนุภาคทรายแป้งจะตกตะกอนหลังจากปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 7 ชั่วโมง สารแขวนลอยของอนุภาคดินเหนียวมีค่าเท่ากับ 16 g L^{-1} ซึ่งสามารถคำนวณปริมาณอนุภาคทรายได้ และสามารถนำมาประเมินประเภทเนื้อดินโดยเปรียบเทียบกับสามเหลี่ยมเนื้อดินได้ อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์วิธีนี้อุณหภูมิมีอิทธิพลโดยตรงต่ออัตราการตกตะกอนของสารแขวนลอยดิน ดังนั้นในการวิเคราะห์ต้องวัดอุณหภูมิที่แน่นอน ของสารแขวนลอยเพื่อใช้ในการคำนวณด้วย (McCarty et al., 2016)

การวิเคราะห์ทางกายภาพ (physical analysis) การวิเคราะห์ทางกายภาพประกอบด้วย การวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน ความหนาแน่นอนุภาคดิน และความพรุนรวมของดิน

การวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน (ρ_b) คำนวณจากสมการที่ (2) น้ำหนักดินแห้ง (dry soil, M_s) มีหน่วยเป็น g หาคด้วยปริมาตรรวมของดินแห้ง (volume of dry soil, V_t) มีหน่วยเป็น cm^3 ซึ่งปริมาตรรวมประกอบด้วยปริมาตรของดินส่วนที่เป็นของแข็ง (V_s) ปริมาตรช่องบรรจุอากาศ (V_a) และปริมาตรช่องบรรจุน้ำ (V_w) ความหนาแน่นรวมของดิน นิยมใช้เป็นตัวชี้วัดในการประเมินการอัดตัวแน่นของดิน และดินโดยทั่วไปมีค่าความหนาแน่นรวมอยู่ในช่วง 1.0-1.9 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดินเหนียว ดินร่วนเหนียวและดินร่วนปนทรายแบ่งโดยทั่วไปมี ค่าความหนาแน่นรวม อยู่ในช่วง 1.0-1.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ในขณะที่ดินทราย และดินร่วนปนทราย โดยทั่วไปมีค่าความหนาแน่นรวม อยู่ในช่วง 1.4-1.8 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และดินอินทรีย์ (organic soils) โดยทั่วไปมีค่าความหนาแน่นรวมอยู่ในช่วง 0.2-0.8 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (McCarty et al., 2016)

$$\text{สูตรคำนวณ Bulk Density } (\rho_b) = \frac{M_s}{V_t} = \frac{M_s}{V_s + V_a + V_w} \quad (2)$$

การวิเคราะห์ความหนาแน่นอนุภาคดิน (ρ_s) คำนวณจากสมการที่ (3) น้ำหนักดินแห้ง (M_s) มีหน่วยเป็น g หาคด้วยปริมาตรดินส่วนที่เป็นของแข็ง (volume of soil solid, V_s) มีหน่วยเป็น cm^3 ซึ่งปริมาตรนี้ไม่รวมปริมาตรช่องว่างของน้ำและอากาศในดิน ความหนาแน่นอนุภาคดินของดินแร่ (mineral soils) จะมีค่าอยู่ในช่วง 2.60-2.75 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งมีความแปรปรวนไม่มาก ดังนั้น นักวิทยาศาสตร์ทางดิน จึงนิยมใช้ค่าความหนาแน่นอนุภาคดิน 2.65 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นค่าคงที่หรือค่าสมมติฐานในการคำนวณต่าง ๆ (McCarty et al., 2016)

$$\text{สูตรคำนวณ Particle Density } (\rho_s) = \frac{M_s}{V_s} \quad (3)$$

ความพรุนรวมของดิน (f_t) คือปริมาตรทั้งหมดของดินที่เป็นช่องบรรจุน้ำและอากาศ โดย ประกอบด้วยช่องที่มีขนาดเล็กที่เรียกว่า capillary หรือ micropores ซึ่งเป็นช่องบรรจุน้ำตามความจุของดิน (water-holding capacity) และไม่สูญเสียน้ำไปตามแรงโน้มถ่วงของโลก และช่องขนาดใหญ่ที่เรียกว่า noncapillary หรือ macropores ซึ่งเป็นช่องขนาดใหญ่ที่บรรจุอากาศและสูญเสียน้ำอย่างรวดเร็วไปตามแรงโน้มถ่วงของโลก สัดส่วนของช่องว่างขนาดเล็กและขนาดใหญ่นี้ จะสัมพันธ์โดยตรงกับประเภทเนื้อดินและโครงสร้างดิน ดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมาก อินทรีย์วัตถุจะช่วยให้เกิดการสร้างเม็ดดินและปรับปรุงโครงสร้างดิน ทำให้ดินมีความพรุนรวมของดินมากขึ้น การคำนวณความพรุนรวมของดินตามสมการที่ (4) คำนวณจากสัดส่วนของความหนาแน่นรวมของดิน (ρ_b) ต่อความหนาแน่น อนุภาคดิน (ρ_s) โดยคำนวณเป็นร้อยละ ซึ่งโดยทั่วไปเมื่อกำหนดให้ค่าความหนาแน่นอนุภาคดินนี้ เป็นค่าสมมติหรือค่าคงที่มีค่าเท่ากับ 2.65 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และความหนาแน่นรวมของดิน ได้จากค่าวิเคราะห์จากตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวนโครงสร้าง (core sampling) พบว่าดินทรายจะมีค่าความพรุนรวมของดินอยู่ในช่วง 32-47 เปอร์เซ็นต์ และดินที่มีเนื้อละเอียดกว่า (finer-textured soils) จะมีค่าความพรุนรวมของดินอยู่ในช่วง 42-62 เปอร์เซ็นต์ (McCarty et al., 2016)

$$\text{สูตรคำนวณ Total Soil Porosity } (f_t) = \frac{\text{Bulk Density } (\rho_b)}{\text{Particle Density } (\rho_s)} \times 100 \quad (4)$$

ความพรุนช่องบรรจุอากาศของดินที่ความจุความชื้นสนาม (air-filled porosity at field capacity, AFP) คือปริมาตรอากาศน้อยที่สุดที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในสภาพที่ดินมีความชื้นที่ความจุความชื้นสนาม ซึ่งค่า AFP นี้จะแปรผันตามปริมาณความชื้นในดิน โดยทั่วไป AFP ควรมีค่ามากกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อให้มีอากาศเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของพืชและการเกิดกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน พืช ส่วนใหญ่จะหยุดการเจริญเติบโตเมื่อ AFP มีค่าต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงถือได้ว่า AFP ที่ 10 เปอร์เซ็นต์นี้เป็นค่าวิกฤต (Hazelton and Murphy, 2007; Cass, 1999; Hall et al., 1977) การคำนวณค่า AFP ตาม สมการที่ (5) คำนวณจากผลต่างระหว่างค่าความพรุนรวมของดิน (TP) และค่าความชื้นดิน (เปอร์เซ็นต์ by volume) ที่ความจุความชื้นสนาม (field capacity, FC) (Cass, 1999)

$$\text{สูตรคำนวณ AFP} = \text{TP} - \text{FC} \quad (5)$$

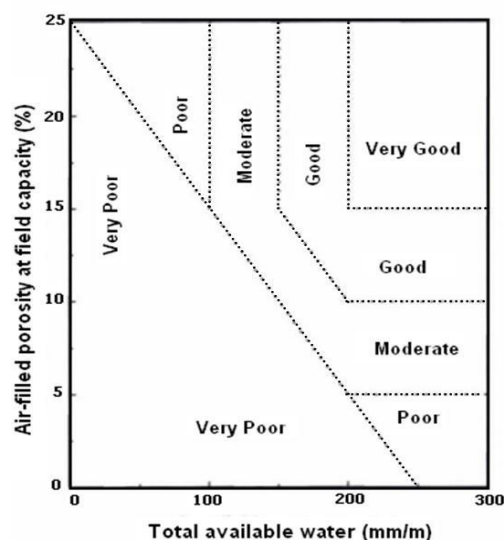
เมื่อ ค่าความพรุนรวมของดิน (TP) คือค่าปริมาตรอากาศต่อหน่วยปริมาตรดินรวม (ดินแห้งสนิท) มีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ by volume และค่า TP คำนวณจากค่าความหนาแน่นรวมของดิน (BD) ตาม สมการที่ (6)

$$\text{สูตรคำนวณ TP} = 100 - 38 \text{ BD (g cm}^{-3} \text{ or Mg m}^{-3} \text{)} \quad (6)$$

Cass (1999) ได้เสนอวิธีประเมินความอุดมสมบูรณ์ทางกายภาพของดิน (soil physical fertility) โดยการพล็อตกราฟระหว่าง ความพรุนช่องบรรจุอากาศของดินที่สภาพความจุความชื้นสนาม และปริมาณน้ำทั้งหมดที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (total available water, AW) ดังแสดงในภาพที่ 1 การคำนวณค่า AW ตามสมการที่ (7) คำนวณจากผลต่างระหว่างค่าความชื้นดินที่ความจุความชื้นสนาม (FC) (เปอร์เซ็นต์ by volume) และค่าความชื้นดินที่จุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point, WP หรือ PWP)

$$\text{สูตรคำนวณ AW} = \text{FC} - \text{WP} \quad (7)$$

ตัวอย่างการแปลผลการวิเคราะห์ได้แก่ ถ้าค่า AFP ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ และความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดินมีค่ามากกว่า 200 มิลลิเมตรต่อเมตร นั่นคือดินมีความอุดมสมบูรณ์ทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดีมาก



ภาพที่ 1 การแปลผลสถานะทางกายภาพของดินจากความจุในการกักเก็บน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชทั้งหมด และอากาศในช่องว่างของดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

ที่มา: Cass (1999)

การวิเคราะห์การนำน้ำของดินในสภาพที่ ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated hydraulic conductivity) การวิเคราะห์การนำน้ำของดินในสภาพที่ ดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (K_{sat}) (cm h^{-1}) คือการวัดสัดส่วนความสัมพันธ์ของอัตราการไหลของน้ำผ่านดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ การไหลของน้ำนี้เกิดจากทั้งการแทรกซึมน้ำผ่านผิวดิน (infiltration) และการซาบซึมน้ำในดิน (percolation) ดินที่มีช่องว่างขนาดใหญ่มากจะมีค่า K_{sat} มาก ได้แก่ ดินที่มีเนื้อดินประเภทดินทรายมาก ปกติจะมีค่า K_{sat} มากกว่าดินที่มีเนื้อดินประเภทดินเหนียว สมาคมกอล์ฟของสหรัฐอเมริกา (United States Golf Association, USGA) แนะนำค่า K_{sat} ที่เหมาะสมสำหรับเขตรากพืช เมื่อทดสอบโดยใช้วัสดุผสมที่ประกอบด้วยทราย ดินและวัสดุอินทรีย์ที่อัตราส่วนต่าง ๆ พบว่า K_{sat} ที่เหมาะสมมีค่าอยู่ในช่วง $6\text{--}24 \text{ in h}^{-1}$ หรือ $15\text{--}61 \text{ cm h}^{-1}$ (McCarty et al., 2016) อย่างไรก็ตาม K_{sat} ของดินจะลดลงเมื่อเวลาผ่านไปและดินเกิดการอัดตัวแน่น การวัดค่า K_{sat} สามารถทำในห้องปฏิบัติการได้โดยใช้ตัวอย่างดินที่เก็บแบบไม่รบกวนโครงสร้างด้วยกระบอกเก็บตัวอย่างการคำนวณ K_{sat} สามารถคำนวณโดยสมการดาร์ซี (Darcy's equation) สมการที่ (8)

$$\text{สูตรคำนวณ } K_{sat} = \frac{Q}{AT} \times \frac{L}{dH} \quad (8)$$

เมื่อ Q = ปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน soil core (cm^3)
 A = พื้นที่หน้าตัด soil core (cm^2)
 T = เวลาที่น้ำไหลผ่าน soil core (sec)
 L = ความยาวของ soil core (cm)
 dH = ความสูงของน้ำใน soil core (ความสูงของ soil core)
 + ความสูงของน้ำเหนือ soil core (cm)

การวิเคราะห์ความชื้นดินที่แรงดึงดูดบรรยากาศต่าง ๆ (soil moisture retention)

ปริมาณของน้ำที่เป็นประโยชน์ในดินขึ้นอยู่กับชนิดของดิน ดินที่มีเนื้อดินเหนียวมากกว่าจะสามารถอุ้มน้ำส่วนนี้ไว้ได้มากกว่า เช่น ดินร่วนปนเหนียว จะมีน้ำที่เป็นประโยชน์อยู่ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ by weight เปรียบเทียบกับดินทรายละเอียดจะมีอยู่เพียงประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ by weight เท่านั้น หรือถ้าจะคิดคำนวณเป็นปริมาณน้ำในดินดังกล่าวในรูปของปริมาตรแล้ว สำหรับดินร่วนปนเหนียวและดินทรายละเอียดจะได้ประมาณ 17 และ 8 เซนติเมตรต่อความลึกของดิน 1 เมตร ตามลำดับ ศักยภาพของน้ำในดิน (Ψ_{soil}) ขึ้นอยู่กับพลังงานก่อกับกอนดิน (Ψ_m) และพลังงานก่อกับตัวละลาย (Ψ_s) เป็นประการสำคัญ และค่าศักยภาพของน้ำในดินสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่ FC และ PWP ดังนี้ คือที่จุด FC จะมีค่า Ψ_{soil} ประมาณ -0.1 ถึง -0.3 bars และที่จุด PWP จะมีค่า Ψ_{soil} ประมาณ -15 ถึง -20 bars แต่โดยทั่วไปจะยอมรับกันที่ -15 bars น้ำที่จุด PWP มีความสำคัญต่อพืชน้อยมาก เพราะฉะนั้นน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชประมาณร้อยละ 70 จะอยู่ระหว่าง FC และ -5 bars (เฉลิมพล, 2535)

จุดพิกิตบนของความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน (Θ_{ul}) เดิมใช้คำว่า “ความชื้นที่ความจุสนาม” (FC) ซึ่งหมายถึงความชื้นที่เหลือในดินหลังจากให้น้ำแก่ดินจนเปียกแล้วปล่อยให้มีการระบายน้ำออกจากดินจนการระบายน้ำนั้นช้ามาก หรือแทบจะหยุด โดยทั่วไปเป็นเวลา 2-3 วันหลังจากให้น้ำ ฉะนั้นค่าความชื้นที่

ความจุสนามจึงเป็นค่าโดยประมาณจะกำหนดค่าแน่นอนเชิงปริมาณไม่ได้ ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดดิน และสภาพขอบเขตบนและขอบเขตล่างของดิน ในระยะแรกพบว่าเป็นค่าความชื้นที่ประมาณ -0.33×10^5 Pa แต่ในระยะหลังได้พยายามยกเลิกการใช้ค่าจำกัดความของค่าว่า ความชื้นที่ความจุสนาม ความชื้นที่ 1 ใน 3 ของบรรยากาศ และความชื้นสมดุล เพื่อลดความเข้าใจผิดว่าหมายถึงความชื้นที่จุดใดแน่ และผลการศึกษาดิน ในเขตร้อนพบว่าที่เรียกว่าความชื้นที่ความจุสนามนั้น ส่วนใหญ่มีค่าพลังงานกำกับกับดินที่ -0.1 ถึง -0.2×10^5 Pa แทนที่จะเป็น -0.33×10^5 Pa ดังนั้นเพื่อลดความสับสนจะต้อง กำหนดว่า ความชื้นที่จุดพิกัดนั้น ผู้ศึกษาหมายถึง ความชื้นที่ค่าพลังงานเท่าใด (สุนทร, 2529)

ค่าความชื้นที่จุดพิกัดล่าง (θ_{LL}) มักเรียกว่า “จุดเหี่ยวถาวร” (permanent wilting point, PWP) ซึ่งได้แก่ ความชื้นของดินในบริเวณรากพืชที่หนาแน่นขณะที่พืชแสดงอาการเหี่ยวถาวร เป็นความชื้นขณะที่พืชได้นำจำกัดดินไม่ทันกับอัตราที่พืชสูญเสียน้ำโดยขบวนการคายน้ำ และมักกำหนดว่าเป็นความชื้นของดินที่พลังงานกำกับกับดินมีค่า -15×10^5 Pa ซึ่งการกำหนดจุดเหี่ยวถาวรเป็นค่า ความชื้นที่พลังงาน ค่าหนึ่งนี้มีความเห็นคัดค้านมาก เพราะความจริงแล้วที่พลังงาน -15×10^5 Pa นั้น มีเชื่อว่าพืชทุกชนิดจะเหี่ยวหมด ยังมีปัจจัยอื่นเกี่ยวข้องด้วย แต่การกำหนดค่าความชื้นที่จุดพิกัดล่างเป็นการกำหนดจากคุณสมบัติของดินอย่างเดียวซึ่งจะถูกต้อกว่าดั่งนั้น จึงกำหนดให้ความชื้นที่พลังงานกำกับกับดินที่ -15×10^5 Pa เป็นจุดพิกัดล่างของความเป็นประโยชน์ของน้ำในดิน

การคำนวณค่าความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดิน (θ_{AWC}) สามารถคำนวณได้ดังสมการ

สูตรคำนวณ $\theta_{AWC} = \theta_{UL} - \theta_{LL}$ (หรือ $\theta_{AWC} = \theta_{FC} - \theta_{PWP}$)

เมื่อ θ_{AWC} = ความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช

θ_{UL} = สัดส่วนน้ำเชิงปริมาตรที่พิกัดบน

θ_{LL} = สัดส่วนน้ำเชิงปริมาตรที่พิกัดล่าง

ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (Cation Exchange Capacity, CEC)

ความจุหรือความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน หมายถึง ความจุของสารคอลลอยด์ในดินที่สามารถดูดยึดธาตุที่มีประจุบวกไว้ได้มากที่สุด มีหน่วยเป็น เซนติโมลต่อกิโลกรัม (cmol kg^{-1}) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน เป็นสมบัติทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับชนิดและปริมาณของสารคอลลอยด์ในดิน และยังเกี่ยวข้องกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน กล่าวคือ ถ้าดินมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง หมายความว่า ดินนั้นมีแนวโน้มที่จะมีความอุดมสมบูรณ์สูง ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบกำเนิดดินมีธาตุอาหารพืชที่มีประจุบวกดูดยึดได้น้อยเพียงใด หรือหมายถึงว่าดินนั้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยพืชจะตอบสนองต่อปุ๋ยสูง เนื่องจากดินสามารถดูดซับธาตุอาหารพืช ที่มีประจุบวกไว้ให้พืชได้ใช้ในระยะเวลายาวนาน และยังบอกให้ทราบถึงระดับความมากน้อยในการสลายตัวของหินและแร่ที่เป็นวัตถุดิบกำเนิดดินด้วย โดยปกติ CEC ของดินทรายจะมีค่าอยู่ในช่วง 5-10 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ดินร่วนจะมีค่าอยู่ในช่วง 10-20 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ดินเหนียวจะมีค่าสูงกว่า 20 เซนติโมลต่อกิโลกรัมขึ้นไป ค่าของความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินชนิดหนึ่ง ๆ นั้นมักคงที่ มีการเปลี่ยนแปลงบ้างแต่ต้องใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณของสารคอลลอยด์

ค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่าง (base saturation percentage, %BS) ได้จากการคำนวณ โดยนำค่าประจุบวกที่เป็นต่างทั้งหมดที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน (total exchangeable bases; Exch. Ca^{++} Mg^{++} Na^+ K^+) หารด้วยค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (cation exchange capacity; CEC) แล้วคูณด้วย 100

$$\% \text{ BS} = \frac{\text{total exchangeable bases (cmol kg}^{-1}\text{)} \times 100}{\text{CEC (cmol kg}^{-1}\text{)}}$$

ค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นต่าง จะบอกให้ทราบถึงสัดส่วนระหว่าง ประจุบวกที่มีสมบัติเป็นต่าง (basic cations หรือ base) กับประจุบวกที่มีสมบัติเป็นกรด (acid cations) ที่ดูดซับในดิน ชูจิตร (2553) ข้อมูลผลการวิเคราะห์ดิน เป็นข้อมูลพื้นฐานแสดงสถานะสภาพของดินที่เกี่ยวข้องกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ปริมาณทั้งหมดของธาตุอาหารสมบัติของดินทั้งทางด้านแร่และจุลสัณฐานดิน ทางกายภาพของดิน และทางเคมีของดิน ซึ่งผลของการวิเคราะห์ดินจะมีความถูกต้องเชื่อมั่นได้เพียงใดขึ้นอยู่กับตัวอย่างดินที่เก็บมา ดังนั้นจึงควรเก็บตัวอย่างดินให้ถูกหลักเกณฑ์ เพื่อเป็นตัวแทนที่ดีของดินส่วนใหญ่ในพื้นที่นั้น ๆ ให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้

การเก็บตัวอย่างดิน แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. เก็บตัวอย่างดินที่เปลี่ยนสภาพ (disturbed soil sample) โดยเก็บดินหลาย ๆ จุดของแต่ละชั้นดิน นำมารวมกันใส่ลงในถุงเก็บตัวอย่าง เรียกว่า ดินรวมหรือดินถุง (composite samples) ตัวอย่างดินนี้ นำไปวิเคราะห์

สมบัติทางแร่ ได้แก่ ชนิดและปริมาณแร่ในดิน ขนาด fine silt และ clay size

สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ เนื้อดิน ความหนาแน่นอนุภาคดิน และแรงดูดยึดน้ำของดิน

สมบัติทางเคมี ได้แก่ ปฏิกิริยาดิน และปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน เป็นต้น

อุปกรณ์ที่ใช้ ได้แก่ จอบ เสียม พลั่ว เครื่องมือเฉพาะ เช่น สว่านเจาะ (soil auger) หลอดเจาะ (soil sampling tube) และกระบอกเจาะดิน (core type auger) เป็นต้น ตามความเหมาะสมของสภาพดิน และวัตถุประสงค์ในการเก็บ

การเก็บตัวอย่างดินควรปฏิบัติดังนี้

1.1 สามารถเก็บได้ตลอดปี แต่ช่วงเวลาที่เหมาะสม คือ ปลายฤดูปลูกหรือหลังเก็บพืชผล เพื่อทราบสถานการณ์ของดิน เช่น ดินเป็นกรดเป็นด่างเพียงใด มีธาตุอาหารเหลือเท่าใด เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการแก้ไข ปรับปรุง บำรุงดิน และการให้ปุ๋ยแก่พืชในฤดูถัดไป

1.2 ความชื้นในดิน ไม่ควรเก็บขณะดินเปียกมากหรือมีน้ำขังอยู่

1.3 สถานที่เก็บตัวอย่าง จะต้องเป็นตัวแทนที่ดี ไม่อยู่ในบริเวณคอกสัตว์เก่า หรือมีปุ๋ยตกค้าง

1.4 ขนาดของแปลง พื้นที่ประมาณ 10-20 ไร่ ควรเก็บประมาณ 10-20 จุด แล้วนำมารวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง แต่ไม่ควรเกิน 25 ไร่

1.5 วิธีเก็บตัวอย่างดิน

1.5.1 กำหนดจุดเก็บ แบบ zig zag หรือตึกกริด (grid) เป็นรูปสี่เหลี่ยม หรือสามเหลี่ยม กระจายให้ทั่วทั้งพื้นที่ หรือเก็บตามความแตกต่างของลักษณะทางกายภาพของดิน เช่น สีของดิน ชนิดพืช ที่ปลูก เนื้อดิน การเจริญเติบโตของพืช

1.5.2 เก็บตามระดับความลึกของชนิดพืชที่ปลูก เช่น พืชล้มลุกเลี้ยงสัตว์ เก็บที่ระดับ ความลึก 5-10 เซนติเมตร ข้าว ข้าวโพด ถั่วชนิดต่างๆ พืชผักต่าง ๆ เก็บที่ระดับความลึก 0-15 15-30 หรือ 0-30 เซนติเมตร พืชยืนต้น ควรเก็บเป็นช่วง ๆ ตามความลึก 0-15 15-30 หรือ 0-30 30-60 60-100 เซนติเมตร เป็นต้น

1.5.3 เก็บดินประมาณ 500 กรัมต่อตัวอย่าง พร้อมข้อมูลประวัติ ได้แก่ พิกัด ชนิดพืช ที่ปลูก มีการใส่ปุ๋ย ปูน สิ่งปรับปรุงดินใดบ้าง ผลผลิตที่ได้รับเป็นอย่างไร และมีปัญหาอย่างไร

2. เก็บตัวอย่างดินสภาพธรรมชาติ (undisturbed soil sample) เป็นการเก็บตัวอย่างดินให้มีสภาพ ใกล้เคียงกับที่อยู่ในสภาพธรรมชาติมากที่สุด ถูกกระทบกระเทือนน้อยที่สุด และมีขนาดพอสมควร โดยใช้ กล้องเก็บตัวอย่างดิน 2 แบบ คือ

2.1 กระบอกทรงกลม (core) วิเคราะห์สมบัติของดินทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น รวมของดิน ความชื้นในดิน การนำน้ำของดินในสภาพที่อิ่มตัว

2.2 แบบกล่องสี่เหลี่ยม (kubiena box) วิเคราะห์สมบัติทางจุลสัณฐานของดิน เพื่อทราบ ชนิดหินและแร่ประกอบดิน (parent material) และการเกิดของดิน (soil genesis)

ข้อมูลผลการวิเคราะห์สมบัติแร่ในดินและจุลสัณฐานดิน

1. ข้อมูลผลการวิเคราะห์แร่ในดิน ประกอบด้วย ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณแร่ใน ขนาดอนุภาคดินเหนียวและทรายแป้ง โดยเครื่อง X-ray diffraction (XRD) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่ กำหนดสมบัติทางเคมีและทางกายภาพที่แตกต่างกันของดิน เช่น ความสามารถในการดูดซับธาตุประจุบวก สภาพการยึด และหดตัวของดิน ความสามารถในการกักเก็บความชื้น เป็นต้น

2. ข้อมูลผลการวิเคราะห์ทางจุลสัณฐานดิน ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (petrographic microscope) และกล้องสามมิติ (optical Stereomicroscope) ศึกษาลักษณะเชิงปริมาณ ซึ่งจะ ประกอบด้วยคำบรรยาย (description) ในสาระที่เกี่ยวข้องกับชนิดและลักษณะโครงสร้างของดิน ปริมาณ ช่องว่าง แร่องค์ประกอบ ในขนาดอนุภาคทราย ชนิดของหินวัตถุดิบกำเนิดดิน ระดับความมากน้อยของการ สลายตัวของอินทรีย์วัตถุ และกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจากพัฒนาการของดิน เช่น กระบวนการชะล้าง และกระบวนการสะสม การเกิดร่องรอยกิจกรรมของสัตว์ที่อาศัยอยู่ในดิน การเกิดรอยถูไถ (slickenside) เนื่องจากการยึดและหดตัวของดิน เป็นต้น

ข้อมูลผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน

สมบัติทางกายภาพของดิน เป็นสมบัติที่สามารถสังเกต มองเห็นและสัมผัสได้ ได้แก่ เนื้อดิน โครงสร้างของดิน และสีของดิน รวมถึงสมบัติอื่น ๆ เช่น ความหนาแน่นรวม ความพรุน และ ความสามารถในการอุ้มน้ำ เป็นต้น โดยทั่วไปจะวิเคราะห์เฉพาะเนื้อดินเท่านั้น เพื่อใช้ในการคาดคะเนความสามารถในการอุ้มน้ำและการถ่ายเทอากาศของดิน

เนื้อดิน (soil texture) เป็นสมบัติทางกายภาพขั้นมูลฐาน มีส่วนในการกำหนดสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ ของดิน เนื้อดินถูกกำหนดด้วยสัดส่วนเป็นเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักตามขนาดอนุภาคดิน ออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1. ดินทราย (sand) มีอนุภาคอินทรีย์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.02-2.00 มิลลิเมตร.ตามระบบสากล (ISSS) หรือ 0.05-2.00 มิลลิเมตร ตามระบบ USDA เป็นทรายละเอียดมากจนถึงทรายหยาบมาก
2. ดินทรายแป้งหรือซิลต์ (silt) มีอนุภาคอินทรีย์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.002-0.02 มิลลิเมตร ตามระบบสากล หรือ 0.002-0.05 มิลลิเมตร ตามระบบ USDA
3. ดินเหนียว (clay) มีขนาดอนุภาคดินเล็กกว่า 0.002 มิลลิเมตร การจำแนกกลุ่มขนาดของอนุภาคดิน (soil separate)แสดงดังตารางที่ 12 จะแบ่ง กลุ่มขนาดของอนุภาคอินทรีย์ ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ดังนี้

ตารางที่ 12 การจำแนกกลุ่มขนาดของอนุภาคดิน (soil separate)

ขนาดอนุภาค	เส้นผ่าศูนย์กลาง (a) (มิลลิเมตร)	เส้นผ่าศูนย์กลาง (b) (มิลลิเมตร)
ทรายหยาบมาก	2.00-1.00	-
ทรายหยาบ	1.00-0.50	2.00-0.20
ทรายปานกลาง	0.50-0.25	-
ทรายละเอียด	0.25-0.10	0.20-0.02
ทรายละเอียดมาก	0.10-0.05	-
ทรายแป้ง	0.05-0.002	0.02-0.002
ดินเหนียว	<0.002	<0.002

ที่มา: USDA (1973)

เนื้อดินที่มีขนาดไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ที่มีความผันแปรของสัดส่วนผสมของอนุภาคทั้ง 3 กลุ่มขนาด เมื่อตรวจสอบกับไดอะแกรมสามเหลี่ยมแฉงประเภทเนื้อดิน (soil textural triangle) ทำให้เกิดเนื้อดิน 12 ประเภท สำหรับดินเพื่อการเพาะปลูกจำแนกดิน ออกเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

- กลุ่มดินเนื้อหยาบ (coarse-textured soils) ประกอบด้วย 3 ประเภท คือ
 - ดินทราย (sand, S)
 - ดินทรายร่วน (loamy sand, LS)
 - ดินร่วนทราย (sandy loam, SL)
- กลุ่มดินเนื้อปานกลาง (medium-textured soils) ประกอบด้วย 4 ประเภท คือ
 - ดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam, SCL)
 - ดินร่วน (loam, L)
 - ดินร่วนปนทรายแป้ง (silt loam, SiL)
 - ดินทรายแป้ง (silt, Si)
- กลุ่มดินเนื้อละเอียด (fine-textured soils) ประกอบด้วย 5 ประเภท คือ
 - ดินเหนียว (clay, C)
 - ดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay, SiC)
 - ดินเหนียวปนทราย (sandy clay, SC)
 - ดินร่วนเหนียว (clay loam, CL)
 - ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay loam, SiCL)

ดินที่มีเนื้อต่าง ๆ ภายในกลุ่มดินใหญ่ ๆ เหล่านี้ มีหลักการปฏิบัติด้านการเกษตรใกล้เคียงกัน อาทิ การไถพรวน การชลประทาน และการใส่ปุ๋ย เป็นต้น

การรู้จักชนิดของเนื้อดิน ทำให้ทราบสมบัติเบื้องต้นของดิน เช่น การอุ้มน้ำ การดูดซับธาตุอาหารต่าง ๆ โดยทั่วไปกลุ่มขนาดดินร่วน เป็นกลุ่มเนื้อดินที่มีปัญหาในการจัดการดินน้อยกว่ากลุ่มขนาดดินทราย และกลุ่มขนาดดินเหนียว

ดินเนื้อหยาบ อนุภาคไม่เกาะเป็นกลุ่มก้อน จึงมีลักษณะร่วน ทำงานง่าย มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดี แต่ความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ และดูดซับธาตุอาหารได้น้อย การจัดการดินจึงต้องคำนึงถึงการให้น้ำและการใส่ปุ๋ย กำหนดอัตราและปริมาณต่อครั้งไม่มากเกินไป

ดินเนื้อละเอียด มีช่องขนาดเล็ก ทำให้อุ้มน้ำได้มาก การระบายน้ำเลว แต่มีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารได้มาก มีความอุดมสมบูรณ์สูง ดินเนื้อละเอียดสามารถรับการใส่ปุ๋ยได้ครั้งละมาก ๆ การจัดการดินต้องคำนึงถึงการให้น้ำ เพราะจะกระทบต่อการถ่ายเทอากาศของดิน

สีดิน (soil color)

สีของดินเป็นสมบัติทางกายภาพที่มองเห็นได้ง่าย ตามปกติอนุภาคแร่ในดินมักไม่มีสีหรือมีสีจาง (ยกเว้นแร่สีเข้มบางชนิด) ดังนั้นสีดินจึงมักผันแปรไปตามสภาพ และองค์ประกอบอื่น ๆ ของดิน เช่น ปริมาณของอินทรีย์วัตถุ และออกไซด์ของเหล็กดังนี้

1. ดินที่มีฮิวมัส (humus) มากดินจะมีสีคล้ำ (ดำ) หรือน้ำตาลเข้ม
2. ดินแร่ที่ใช้ในการเพาะปลูก จะมีเหล็กอยู่ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มักไม่มีผลกระทบต่อสีของดิน ส่วนเหล็กที่เกิดจากการผุพังของแร่ดั้งเดิม มีผลกระทบต่อสีของดิน อยู่ในรูปออกไซด์และ

ไฮดรอกไซด์ ดังนี้ เหล็กรูปเฟอร์รัสออกไซด์ (FeO) ดินจะมีสีเทา รูปเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ดินจะมีสีแดง รูปไฮเดรทเตท เฟอร์ริกออกไซด์ ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) ดินจะมีสีเหลือง และรูปเฟอร์รัสซัลไฟด์ (FeS) มีน้ำขัง ดินจะมีสีดำ

3. ขบวนการกำเนิดดินที่มีการสะสมของแคลเซียม หรือแมกนีเซียมคาร์บอเนตมาก ดินจะมีสีขาว
4. ขึ้นอยู่กับสภาวะบางอย่างของดิน เช่น สภาวะขังน้ำจะทำให้ดินมีสีเทาหรือสีน้ำเงิน สภาวะระบายน้ำดีดินจะมีสีเหลืองหรือสีแดง ถ้าหากขังน้ำและระบายน้ำเกิดขึ้นสลับกันเสมอดินจะมีจุดประ (mottle) คือ มีจุดสีเหลืองหรือสีแดงบนพื้นสีเทา เป็นต้น

ความหนาแน่นของดิน (Soil density) หมายถึง น้ำหนักดินต่อหน่วยปริมาตรของดิน มี 2 ประเภท คือ

1. ความหนาแน่นของอนุภาคดิน (particle density of soil) หมายถึง สัดส่วนระหว่างน้ำหนักของดินที่อบแห้งแล้ว ต่อปริมาตรของส่วนที่เป็นของแข็งของอนุภาคดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
2. ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density of soil) หมายถึง สัดส่วนระหว่างน้ำหนักของดินที่อบแห้งแล้ว ต่อปริมาตรรวมของดินทั้งหมด (ปริมาตรของอนุภาคดินและช่องว่างในดิน) (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร: gm/cm^3)

ความหนาแน่นรวมของดินบน ที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ดินร่วนเหนียว และดินร่วนปนทรายแข็ง มีค่าอยู่ในช่วง 1.20-1.80 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรความหนาแน่นรวมของดินล่ง จะเพิ่มขึ้นตามความลึก เนื่องจากมีอินทรีย์วัตถุน้อยกว่าดินบน ค่าวิกฤตความหนาแน่นรวมของดินที่มีผลต่อการชอนไชของรากพืชนั้นมีผู้ให้ค่าโดยประมาณไว้ ดังนี้ ดินทรายและดินร่วน ค่าวิกฤตความหนาแน่นรวมของดินมากกว่า 1.6-1.8 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดินทรายแข็ง มากกว่า 1.4-1.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดินเหนียวมากกว่า หรือเท่ากับ 1.3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าของความหนาแน่นรวมของดิน ใช้ในการคำนวณมวลของดินชั้นไทรพรวน และใช้คำนวณแปลงค่าปริมาณเชิงมวลเป็นปริมาณน้ำเชิงปริมาตร ซึ่งใช้ในการคิดปริมาณน้ำเพื่อการชลประทาน

ความชื้นของดินที่แรงดึงดูดบรรยากาศต่าง ๆ (soil water retention)

น้ำในดิน อาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ น้ำที่อยู่ใต้อำนาจการดูดยึดของอนุภาคดิน และน้ำที่ไม่ได้อยู่ใต้อำนาจการดูดยึดของอนุภาคดิน ในแง่ของความชื้นหรือน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะพิจารณาเฉพาะส่วนที่เรียกว่าน้ำซึบ เนื่องจากน้ำซึบจะถูกดูดยึดไว้ภายนอก รวมถึงที่บรรจุอยู่ในช่องว่างที่มีขนาดเล็กมาก ๆ ของดิน แรงดูดยึดไม่สูง พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

การวิเคราะห์การดูดยึดน้ำของอนุภาคดินโดยทั่ว ๆ ไป จะใช้แรงดึงดูดที่ 1 ใน 3 ของบรรยากาศ (33 kPa) เรียกว่า ชีดจำกัดบน (Upper limit) หรือระดับความชื้นที่ความจุสนาม (Field Capacity, FC) และที่แรงดึงดูดที่ 15 บรรยากาศ (1,500 kPa) เรียกว่า ชีดจำกัดล่าง (Lower limit) หรือจุดเหี่ยวถาวร (Permanent Wilting Point, PWP) ผลต่างของระดับความชื้นที่ความจุสนาม (FC) กับจุดเหี่ยวถาวร (PWP) จะเป็นปริมาณความชื้นสูงสุดที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available water capacity, AWCA)

$$\text{AWCA} = \text{FC} - \text{PWP}$$

การวิเคราะห์ความชื้นในดิน ทำให้ทราบว่าปริมาณน้ำในดิน ขณะทำการเก็บตัวอย่างดินนั้น มีเพียงพอที่พืชนำไปใช้ประโยชน์หรือไม่ โดยปกติถือว่าปริมาณน้ำในดิน ควรอยู่ในช่วง 50-100 เปอร์เซ็นต์ของความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินนั้น ๆ ตลอดฤดูปลูก มีความสำคัญต่อการคำนวณหาปริมาณน้ำ ที่จะต้องทดให้แก่ดินหรือระบายออกจากดิน

การนำน้ำของดินในสภาพที่อิ่มตัว (saturated hydraulic conductivity)

คือ ปริมาตรของน้ำที่เคลื่อนที่ต่อหน่วยเวลา เป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่หน้าตัดของการไหล และความต่างระดับของน้ำระหว่างจุดสองจุดที่เกิดการไหล และเป็นสัดส่วนกลับกับระยะทาง

ตารางที่ 13 การจัดชั้นของการนำน้ำของดิน

Hydraulic conductivity class	cm/ h
Very slow	<0.125
Slow	0.125-0.5
Moderately slow	0.5-2.0
Moderate	2.0-6.25
Moderately rapid	6.25-12.5
Rapid	12.5-25.0
Very rapid	>25.0

ที่มา: O'Neal (1952)

ผลิตภาพดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ผลิตภาพดิน (soil productivity) หมายถึง ความสามารถของดินในการให้ผลผลิตพืช เมื่อปลูกพืชชนิดหนึ่งหรือพืชระบบหนึ่ง ภายใต้ปัจจัยการผลิตที่กำหนดให้ ผลิตภาพดินจึงวัดจากผลผลิตที่ได้ ต่อหน่วยพื้นที่ต่อเวลา เช่น กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี

ดินผลิตภาพสูง (productive soil) หมายถึงดินที่มีสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์และชีวภาพเหมาะสม และเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง เมื่อใช้ปลูกพืชภายใต้สภาพแวดล้อมที่ดี และมีการจัดการที่เหมาะสมกับพืช ก็จะให้ผลผลิตสูง ดังนั้นดินผลิตภาพสูงจึงต้องเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงแต่ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง โดยสมบัติด้านอื่นๆ ไม่เหมาะสมก็จะมีผลิตภาพต่ำ

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (soil fertility) หมายถึงความสามารถของดินในการสนองธาตุอาหาร รูปที่เป็นประโยชน์แก่พืช

ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง (fertile soil) คือดินที่ให้ธาตุอาหารรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืช ครบทุกธาตุ แต่ละธาตุเพียงพอและสมดุลกันตามความต้องการของพืช

ดินที่ใช้ในการเพาะปลูกโดยทั่วไปจะมีกระบวนการ 2 ด้านเกิดขึ้นควบคู่กันเสมอ ด้านหนึ่งเป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดความเสื่อมของดิน ซึ่งมีผลให้ผลผลิตภาพดินลดลง ส่วนด้านที่สองเป็นกระบวนการบำรุงและอนุรักษ์ดิน ช่วยรักษาผลผลิตภาพดินเอาไว้หรือทำให้ดีขึ้น ถ้ากระบวนการที่นำไปสู่ความเสื่อมของดินเกิดรุนแรงกว่า ย่อมทำให้ผลผลิตภาพดินลดลง แต่ถ้าการจัดการดินในระบบการปลูกพืชมีกิจกรรมด้านกระบวนการบำรุงและอนุรักษ์ดินอย่างสม่ำเสมอ ผลผลิตภาพดินที่เคยดีก็จะดีต่อไปหรือมีแนวโน้มที่จะดียิ่งขึ้น ผลผลิตภาพดิน ในช่วงเวลาหนึ่ง จึงเป็นผลเชิงสัมพัทธ์ของกระบวนการที่ลดดินให้เสื่อมลง กับการอนุรักษ์และจัดการดิน เพื่อฟื้นฟูดินนั่นเอง ซึ่งหากกระบวนการที่ก่อให้เกิดความเสื่อมของดินมีความรุนแรงกว่าและเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องแล้ว ในที่สุดผลผลิตภาพดินจะต่ำลงจนไม่อาจใช้ปลูกพืชได้

กระบวนการที่ทำให้ดินเสื่อม ได้แก่ การสูญเสียดินหรือการกร่อนดิน การสูญเสียอินทรีย์วัตถุ การสูญเสียธาตุอาหารในดินด้วยวิธีการต่าง การเกิดการสะสมเกลือ สะสมกรด รวมถึงการสะสมสารพิษต่าง ๆ ในดิน การเกิดน้ำท่วมขังหรือแห้งจัด การเกิดความแน่นทึบ ชั้นดาน และชั้นแข็งบนผิวดิน ฯลฯ

กระบวนการบำรุงและอนุรักษ์ดิน ได้แก่ การจัดระบบการปลูกพืชหมุนเวียน ปรับระบบการปลูกพืชเหมาะสม การไถพรวนแบบอนุรักษ์ ไถพรวนตามแนวระดับ การทำขั้นบันได การจัดการซากพืช การอนุรักษ์น้ำและการจัดระบบการจัดการน้ำ การใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพ เป็นต้น

ในการปลูกพืชแต่ละครั้ง จะมีการสูญเสียธาตุต่าง ๆ ออกไปจากดินมากหรือน้อยแตกต่างกันไป หากปริมาณธาตุอาหารที่ใส่เพิ่มเติมให้น้อยกว่าปริมาณที่สูญเสียไป แสดงว่าระบบของธาตุอาหารในดินไม่มีความยั่งยืน เนื่องจากดินจะสูญเสียธาตุอาหารที่สำรองไปเรื่อย ๆ จนในที่สุดดินไม่เพียงพอกับความต้องการของพืช ข้อบ่งชี้สำคัญที่แสดงถึงความเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ของดิน คือปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน โดยที่ดินที่ใช้เพาะปลูกส่วนใหญ่มีอินทรีย์วัตถุไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำ เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้สภาพทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพของดินไม่ดี

วัสดุปรับปรุงดิน (soils amendment) หมายถึงวัสดุใดๆที่ใส่ลงไปในดินโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสมบัติดิน ให้มีความเหมาะสมในการเพาะปลูกพืช เช่น ปูน ยิปซัม ผงกำมะถัน ชี้เลื่อย ปุ๋ยคอก เศษซากพืชหรือวัสดุสังเคราะห์ปรับสภาพดิน แต่มิได้ใช้เพื่อแทนปุ๋ยหรือเป็นปุ๋ย ถึงแม้ว่าบางชนิดจะมีธาตุอาหารพืชก็ตาม

วัสดุปรับสภาพดิน (soils conditioner) หมายถึง วัสดุที่ใส่ลงในดินเพื่อปรับปรุงสมบัติทางกายภาพให้เหมาะสมกับการเติบโตของพืชยิ่งขึ้น เช่น แกลบ ชี้เลื่อย ปุ๋ยหมัก และสารพอลิเมอร์สังเคราะห์ (synthetic polymer) ชนิดต่าง ๆ (ปทานุกรมปฐพีวิทยา, 2541)

วัสดุปรับปรุงดินหรือสารปรับปรุงดิน ที่ใช้กันโดยทั่วไป แบ่งออกตามประเภทของการใช้งาน ได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

สารปรับสภาพทางเคมีของดิน เพื่อแก้ปัญหาทางเคมีของดินที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช อันได้แก่ ความเป็นกรด-ด่างของดิน ความเค็มของดิน ซึ่งถ้าดินอยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะสม พืชก็ไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นปกติได้ หรือเจริญเติบโตไม่ถึงศักยภาพที่ควรจะเป็น สารที่ใช้ปรับสภาพทางเคมี อาทิเช่น ปูนมาร์ล ปูนขาว ยิปซัม

สารปรับปรุงสภาพทางกายภาพของดิน เพื่อปรับปรุงสภาพโครงสร้างของดินให้มีการเกาะตัว เพิ่มความเสถียรของก้อนดิน ทำให้ดินโปร่ง ร่วนซุย แก้ปัญหาความแน่นทึบของดิน ทำลายชั้นดาน อาทิเช่น อินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ยิปซัม ไลม์-ซัลเฟอร์ แอมโมเนียมลอร์เรซซัลเฟต สารช่วยสลายดิน

3.5 การศึกษาสมบัติทางกายภาพบางประการของดินพื้นที่สูง

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2562) ให้คำจำกัดความคำต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยนี้ ดังนี้

1. ดินที่สูง (highland soil) หมายถึง ดินที่เกิดบนสภาพพื้นที่ ที่มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางมากกว่า 500 เมตร

2. สมบัติทางกายภาพของดิน (soil physical property) หมายถึง สมบัติที่เกี่ยวข้องกับลักษณะและสภาวะทางฟิสิกส์ของดินจากอิทธิพลของแรง พลังงาน อุณหภูมิมีความชื้น แสง คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ารวมถึงสถานะและพฤติกรรมของการเคลื่อนย้ายของมวลสำรวจและพลังงานของดิน

3. ลำดับดิน (soil sequence) หมายถึง การเรียงลำดับหน่วยดิน หรือชนิดของดินที่พบในพื้นที่ต่อเนื่องกัน ซึ่งมีลักษณะและสมบัติของดินแตกต่างกันตามแตกต่างของปัจจัยที่ทำให้กำเนิดของดินรูปแบบของการเรียงลำดับนั้นจะต้องมีรูปแบบเดียวกันแม้ว่าจะพบในบริเวณต่างกันเช่น ลำดับภูมิประเทศ (toposequence) หมายถึง ดินที่สัมพันธ์กันและเกิดจากวัตถุดิบกำเนิดชนิดเดียวกัน แต่มีความแตกต่างกันเนื่องจากสภาพภูมิประเทศ และลำดับความเอียง (clinosequence) หมายถึง ดินที่สัมพันธ์กันแต่มี ลักษณะและสมบัติดินแตกต่างกันเนื่องจากความลาดชันของพื้นที่ เป็นต้น

Smyth and Montgomery (1990) พบว่า การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของดินจะเปลี่ยนแปลงไปตามลักษณะภูมิประเทศ (topography) เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศที่ต่างกันจะมีปัจจัยในการสร้างตัวของดินที่ต่างกัน ส่งผลต่อความแตกต่างของการจัดเรียงตัวเป็นลำดับชั้นดิน Young (1976) และ Gerrard (1992) พบว่า ในพื้นที่เขตร้อนลักษณะภูมิประเทศเป็นปัจจัยหลักที่ควบคุมสมบัติของดิน โดยตำแหน่งของลักษณะภูมิประเทศโดยเฉพาะพื้นที่ลาดชันที่ประกอบด้วยที่ลาดเชิงเขาลำดับต่าง ๆ จะมีผลต่อลักษณะการระบายน้ำของดินและการเคลื่อนย้ายของวัสดุดินและสมบัติของดินจะเปลี่ยนแปลงไปตามลำดับภูมิประเทศจากบริเวณยอดเขาจนถึงก้นหุบเขาเนื่องจากความแตกต่างของ ชนิดดิน Odenerho (2000) ให้ความเห็นว่า ชุดดินชนิดหนึ่ง ๆ (Soil series) ที่กระจายตัวปกคลุมตามลำดับภูมิประเทศ จะมีอิทธิพลต่อรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่นั้น Bardy and Weil (2007) รายงานว่าลักษณะภูมิประเทศ (topography) ที่ก่อให้เกิดการสร้างตัวของดินตามลำดับภูมิประเทศ (toposequence) โดยดินมีวัตถุดิบกำเนิดเดียวกัน มีอายุในการสร้างตัวเท่ากัน และอยู่ภายใต้สภาพดิน ฟ้า อากาศเดียวกัน แต่ก็ยังมีลักษณะของดินที่แตกต่างกันได้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความชันของพื้นที่

Buol et al. (1997) พบว่า ลำดับภูมิประเทศเป็นปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อธรรมชาติและการกระจายตัวของดิน รูปแบบของดินในแต่ละลำดับภูมิประเทศควรมีลักษณะพื้นฐานต่าง ๆ แตกต่างกัน Stoop (2000) พบว่าลำดับภูมิประเทศมีอิทธิพลต่อสมบัติต่าง ๆ ของดินและผลผลิตพืชการแนะนำเกษตรกรในการจัดการดินโดยไม่คำนึงถึงสมบัติเฉพาะของดินในแต่ละลำดับภูมิประเทศ อาจส่งผลต่อการตัดสินใจเลือกชนิดและอัตราปุ๋ยในการปรับปรุงดินที่ไม่เหมาะสม ดังนั้น การใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างเหมาะสมตามลำดับ

ภูมิประเทศ เพื่อให้ได้ผลผลิตสูงจะต้องใช้ความรู้ ทั้งทางด้านสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมี สำหรับดินที่อยู่ในตำแหน่งความชันต่าง ๆ กัน

Osuaku et al. (2014) ศึกษาความผันแปรของสมบัติทางกายภาพ ของดินตามลำดับภูมิประเทศ 3 ลำดับ คือ upper slope, mid slope และ bottom slope พบว่า ลำดับภูมิประเทศมีอิทธิพลต่อสมบัติต่าง ๆ ของดิน เช่น ปริมาณของอนุภาคขนาดทราย (sand) จะลดลงตามความลึกของดินที่เพิ่มขึ้น และพบมากที่สุดบริเวณ upper slope อนุภาคขนาดทรายแป้ง (silt) จะเพิ่มขึ้นเมื่อความชันของพื้นที่ลดลง และปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียว (clay) จะเพิ่มขึ้นเมื่อความชันและความลึกของดินลดลง โดยปริมาณอนุภาคขนาดทรายแป้งและดินเหนียวจะพบมากที่สุดบริเวณ bottom slope สอดคล้องกับ Boling et. al. (2008) ซึ่งพบว่า ตำแหน่งของลำดับภูมิประเทศจะมีอิทธิพลต่อความแตกต่างของปริมาณ น้ำในสภาพสนามปริมาณอนุภาคดินเหนียว ทรายแป้ง และทราย และปริมาณความหนาแน่นรวมของดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่สูงมีอิทธิพลต่อความผันแปรของน้ำในดิน ศุภชาติ (2545) พบว่ารูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ต่างกันมีอิทธิพลต่อความแตกต่างของปริมาณความชื้นในดินอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพื้นที่ไร่ร้างที่ปกคลุมด้วยหญ้ามีความชื้นในดินมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ป่าดิบแล้ง สวนปาล์มคาลิปัตส์ และกระถินยักษ์ โดยสวนปาล์มคาลิปัตส์มีความชื้นในดินต่ำที่สุด จากผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นปริมาณความชื้นในดินมีผลมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน ได้แก่ ของไม้ยืนต้น (tree layer) ชั้นของไม้พุ่ม (shrub layer) ชั้นพืชล้มลุก (herb layer) และชั้นของหญ้า (grass layer) ความแตกต่างของการใช้ประโยชน์ที่ดินเหล่านี้ ส่งผลต่อองค์ประกอบลักษณะโครงสร้างของดินบนพื้นที่นั้น ๆ ซึ่งจะมีความผันแปรไปตามพื้นที่ (space) และเวลา (time)

การใช้ประโยชน์ที่ดินไม่เหมาะสมทำให้สมบัติทางกายภาพของดินถูกทำลาย ได้แก่ เกิดแผ่นแข็ง ปิดหน้าดิน (surface crust) ดินแน่นทึบ (soil compaction) ดินมีการระบายน้ำเลว (poor drainage) และดินมีอัตราการแทรกซึมน้ำลดลง ปัจจัยเหล่านี้ส่งเสริมให้เกิดการไหลของน้ำผิวดิน (surface runoff) และเกิดกษัยการของดิน (soil erosion) Lujan (2003) พบว่า เมื่อเกิดการไหลบ่าของน้ำผิวดิน และเกิดกษัยการของดิน โครงสร้างของดินบนจะถูกทำลายดินและอนุภาคดินบางส่วนจะเคลื่อนลงไปที่ช่องว่างของชั้นดิน ทำให้เกิดแผ่นแข็งปิดหน้าดินเพิ่มมากขึ้น จะเห็นว่าการเสื่อมสภาพทางกายภาพของดินเกิดจากปัญหาต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันทั้งสิ้นสำหรับพื้นที่ลาดชันภาคเหนือตอนบนของไทยเกษตรกรปลูกข้าวโพดอย่างเดียวเวลานานต่อเนื่องกันทำให้เกิดปัญหาผลผลิตข้าวโพดตกต่ำ เนื่องจากดินเสื่อมโทรม เกิดการสูญเสียหน้าดินจากการชะล้างพังทลายของดิน ปัจจุบันจึงได้มีการปรับเปลี่ยนระบบการปลูกพืชเป็นระบบเกษตรผสมผสานทดแทนการปลูกพืชเชิงเดี่ยว บุญเทียม (2554) รายงานว่า การปลูกพืชระบบเกษตรผสมผสานแทนการปลูกข้าวโพดอย่างเดียว เช่น การปลูกยางพาราเป็นพืชหลัก ข้าวหรือพืชไร่เป็นพืชร่วม และปลูกถั่วเหลืองหลังนาสามารถช่วยเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร ทำให้ปัจจุบันเกษตรกรหันมาสนใจมากขึ้น และมีการเพิ่มพื้นที่ปลูกยางพาราทดแทนพื้นที่ปลูกข้าวโพดในพื้นที่ลาดชันลงได้

กันตภณ และคณะ (2558) ได้ทำการศึกษาอิทธิพลของการใช้ที่ดินต่อพัฒนาการของดินบนพื้นที่ลาดชันสูง ได้แก่ พื้นที่แปลง A และแปลง B ผลการศึกษาพบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่แปลง A

ส่วนใหญ่ปลูกยางพารา มีเนื้อที่ 112.12 ไร่ หรือร้อยละ 60.28 ของพื้นที่แปลง A และการใช้ประโยชน์ ที่ดินของพื้นที่แปลง B ส่วนใหญ่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีเนื้อที่ 282.68 ไร่ หรือร้อยละ 58.15 ของพื้นที่แปลง B นอกจากนี้ยังมีการสลับปลูกพืชไร่ในแต่ละปีไม่แน่นอน เช่น เปลี่ยนจากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็น ข้าวไร่ หรือข้าวไร้เป็นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นต้น ข้อมูลด้านทรัพยากรดินของพื้นที่แปลง A สามารถแบ่ง ได้เป็น 3 กลุ่ม ได้แก่

1. ชุดดินวังสะพุงที่เป็นดินลึกปานกลางเนื้อที่ 167.00 ไร่ หรือร้อยละ 89.79 ของพื้นที่แปลง A
2. ดินตะกอนน้ำพาเชิงซ้อน มีเนื้อที่ 112.12 ไร่ หรือร้อยละ 60.28 ของพื้นที่แปลง A และ
3. ชุดดินมวกเหล็ก มีเนื้อที่ 8.65 ไร่ หรือร้อยละ 4.65 ของพื้นที่แปลง A สำหรับพื้นที่แปลง B

สามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่

- 3.1 ชุดดินทาลี้เป็นดินตื้น หรือตื้นมาก มีเนื้อที่ 358.47 ไร่ หรือร้อยละ 73.76 ของพื้นที่แปลง B
- 3.2 ชุดดินมวกเหล็ก มีเนื้อที่ 97.05 ไร่ หรือร้อยละ 19.97 ของพื้นที่แปลง B
- 3.3 ดินตะกอนน้ำพาเชิงซ้อนกับที่ดินหินพื้นโผล่ มีเนื้อที่ 23.03 ไร่ หรือร้อยละ 4.74 ของ

พื้นที่แปลง B

3.4 ที่ดินหินพื้นโผล่ มีเนื้อที่ 7.45 ไร่ หรือร้อยละ 1.53 ของพื้นที่แปลง B ดินส่วนใหญ่ของพื้นที่แปลง A และ B อยู่ในอันดับอัลฟิโซลส์ (Alfisols) เอ็บ (2542) อธิบายว่าดินในอันดับอัลฟิโซลส์ (Alfisols) มีอัตราเสี่ยงต่อการกร่อนดินสูงเนื่องจากพัฒนาการของดินสูงโครงสร้างดินในชั้นดินล่างวินิจนิยอาร์จิลลิก (Argillic horizon) มักจะยังไม่ดีพอเหมือนกับดินอันดับอุลติโซลส์ (Ultisols) ทำให้มีอัตราการชะล้างระหว่างดินบนและดินล่างแตกต่างกัน ทำให้เกิดการกร่อนดินได้ง่าย ซึ่งการจัดการดินในอันดับนี้ จำเป็นต้องคำนึงถึงอัตราการเสี่ยงต่อการกร่อนดินเสมอ กรมพัฒนาที่ดิน (2544) ให้คำแนะนำการจัดการดินพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน เพื่อใช้ทำการเกษตร จำเป็นต้องใช้มาตรการการอนุรักษ์ดินแบบเข้มงวด โดยใช้มาตรการวิธีกร่วมกับมาตรการวิธีพืช เช่น การทำคูรับน้ำขอบเขาร่วมกับชั้นบันไดดินและปลูกพืชตามแนวระดับ การทำแนวคันดินร่วมกับหญ้าแฝก หรือการปลูกพืชคลุมดินโดยใช้พืชตระกูลถั่วเพื่อช่วยควบคุมการชะล้างพังทลาย ของดินและปรับปรุงบำรุงดิน คำแนะนำการจัดการดินที่เหมาะสมต่อการนำมาใช้กับพื้นที่แปลง A และแปลง B ซึ่งเป็นพื้นที่ลาดชันที่เกษตรกรใช้ในการปลูกยางพาราและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นส่วนใหญ่

3.6 แนวทางการพัฒนาจากระบบด้านอนุรักษ์ดินและน้ำ เป็นไปตามพระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2551 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551) องค์ความรู้ในการวางระบบการพัฒนาที่ดินในเขตพัฒนาที่ดิน เช่น การประเมิณน้ำไหลบ่า การชะล้างพังทลายของดิน (soil erosion) การประเมินการสูญเสียดิน มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ โครงสร้างมาตรฐานระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และแนวทางการวางระบบพัฒนาที่ดินภายใต้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ นโยบายรัฐบาล นโยบายกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

3.6.1 พระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2551

ในปี พ.ศ. 2551 ช่วงเวลานั้นได้เกิดปัญหาความเสื่อมโทรมของดินเพราะไม่มีการอนุรักษ์ดินและน้ำ ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเศรษฐกิจและสังคม ในขณะที่พระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2526 ไม่มีบทบัญญัติให้หน่วยงานของรัฐสามารถเข้าไปดำเนินการป้องกันรักษาสภาพพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินถล่มและเกิดการชะล้างพังทลายของดินอย่างรุนแรง

และเพื่อให้การใช้ที่ดินเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด จึงได้ยกเลิกพระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2526 และประกาศใช้พระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2551 เมื่อวันที่ 27 มกราคม 2551 ซึ่งพระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2551 มีบทบัญญัติทั้งสิ้น 25 มาตรา แม้ว่าบทบัญญัติทั้งหมดในพระราชบัญญัติฉบับนี้มีพื้นฐานมาจากพระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2526 เช่น กำหนดให้มีคณะกรรมการพัฒนาที่ดิน และกำหนดให้กรมพัฒนาที่ดินเป็นหน่วยงานหลักในการจำแนกที่ดิน การพัฒนาที่ดิน และทำสำมะโนที่ดิน เป็นต้น แต่มีอยู่หลายเรื่องที่พระราชบัญญัติฉบับนี้ได้แก้ไขเพิ่มเติม ได้แก่ 1) ปรับปรุงบทนิยามความหมายให้ถูกต้องเหมาะสม 2) เพิ่มจำนวนคณะกรรมการพัฒนาที่ดินในส่วนของผู้ทรงคุณวุฒิ 3) กำหนดมาตรการป้องกันรักษาสภาพพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินถล่มและเกิดการชะล้างพังทลายของดิน 4) กำหนดมาตรการการเกี่ยวกับการสำรวจความอุดมสมบูรณ์ของดินตามธรรมชาติและความเหมาะสมแก่การใช้ประโยชน์ที่ดิน 5) กำหนดการอนุรักษ์ดินและน้ำ การปรับปรุงดินหรือที่ดิน การวิเคราะห์ตรวจสอบตัวอย่างดิน 6) กำหนดมาตรการห้ามกระทำการใด ๆ รวมถึงการทำให้ที่ดินเกิดการปนเปื้อนของสารเคมีหรือวัตถุอันตรายสำคัญของพระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2551 (ใช้แทนพระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2526 ที่ยกเลิกไป) มีความเกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินและการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยมาตรา 2 ระบุไว้ว่า พระราชบัญญัตินี้มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 6 กุมภาพันธ์ 2551 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 125 ตอนที่ 27 ก. เมื่อวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2551 ด้วยมีบทบัญญัติบางประการไม่เหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบัน ซึ่งมีปัญหาความเสื่อมโทรมของดิน เพราะไม่มีการอนุรักษ์ดินและน้ำ ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเศรษฐกิจและสังคม และไม่มียกเว้นให้หน่วยงานรัฐเข้าไปดำเนินการป้องกันรักษาพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มและชะล้างพังทลายของดิน

มาตรา 12 รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการมีอำนาจประกาศในราชกิจจานุเบกษา กำหนดบริเวณการใช้ที่ดินตามมาตรา 9 (2) และให้มีแผนที่แนบท้ายประกาศด้วย แผนที่ดังกล่าวให้ถือเป็นส่วนหนึ่งแห่งประกาศ

มาตรา 14 ในกรณีที่ปรากฏว่าพื้นที่ใดมีการใช้หรือทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารเคมีหรือวัตถุอันตรายอื่นใด ที่จะทำที่ดินเกิดความเสื่อมโทรมต่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ให้รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการมีอำนาจประกาศในราชกิจจานุเบกษาควบคุมการใช้ที่ดินบริเวณนั้นและให้มีแผนที่แนบท้ายประกาศด้วย แผนที่ดังกล่าวให้ถือเป็นส่วนหนึ่งแห่งประกาศ

กรณีมีการปนเปื้อนเกิดขึ้น ให้ผู้กระทำการปนเปื้อนดำเนินการปรับปรุงที่ดินให้คืนสู่สภาพเดิมหรือชดเชยค่าเสียหายให้แก่รัฐหรือผู้ที่ได้รับความเสียหาย

มาตรา 13 ในกรณีที่ปรากฏว่าบริเวณพื้นที่ใดมีลักษณะเป็นพื้นที่ลาดชันเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลายของดินหรือเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม อันเกิดจากการกระทำของผู้เข้าไปครอบครองทำประโยชน์ในบริเวณพื้นที่ดังกล่าวไม่เหมาะสม หรืออาจเกิดขึ้นจากภัยธรรมชาติ หากปล่อยไว้ไม่ดำเนินการจะเกิดการชะล้างพังทลายของดินอย่างรุนแรงจนถึงขั้นเกิดดินถล่ม สร้างความสูญเสียแก่ชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน ให้รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการมีอำนาจประกาศในราชกิจจานุเบกษากำหนดให้

พื้นที่นั้นเป็นเขตอนุรักษ์ดินและน้ำ และให้มีแผนที่แนบท้ายประกาศด้วย แผนที่ดังกล่าวให้ถือเป็นส่วนหนึ่งแห่งประกาศ

มาตรา 15 ในการออกประกาศตามมาตรา 12 มาตรา 13 และมาตรา 14 ให้กำหนดมาตรการอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้ ไว้ในประกาศด้วย

1) กำหนดมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ เพื่อลดการชะล้างพังทลายของดิน และป้องกันการเกิดดินถล่มโดยใช้มาตรการวิธีกล มาตรการวิธีพืช หรือมาตรการอื่นใดที่เหมาะสม

2) ห้ามกระทำใด ๆ รวมถึงการทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารพิษที่เป็นอันตรายต่อดินหรือ ทำให้สภาพที่ดินเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรง

3) กำหนดมาตรการอื่น ๆ ตามที่เห็นสมควรและเหมาะสมแก่สภาพพื้นที่นั้น ในการกำหนดมาตรการตาม (1) (2) และ (3) ให้ดำเนินการจัดให้มีการรับฟังความเห็นของประชาชนที่อาจได้รับผลกระทบจากการกำหนดมาตรการดังกล่าว

มาตรา 16 ให้กรมพัฒนาที่ดินมีหน้าที่สำรวจและวิเคราะห์ ตรวจสอบดิน หรือที่ดินเพื่อให้ทราบถึงความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติเหมาะสมแก่การใช้ประโยชน์ที่ดินหรือภาวะเศรษฐกิจที่ดินหรือเพื่อประโยชน์ในการจำแนกประเภทที่ดิน การพัฒนาที่ดิน การกำหนดบริเวณการใช้ที่ดิน การกำหนดเขตการอนุรักษ์ดินและน้ำ และการทำสำมะโนที่ดิน และมาตรา 20 ผู้ใดประสงค์จะให้กรมพัฒนาที่ดินวิเคราะห์ ตรวจสอบตัวอย่างดิน หรือปรับปรุงดิน หรือที่ดิน หรืออนุรักษ์ดินและน้ำ หรือบริการแผนที่ข้อมูลทางแผนที่ เว้นแต่แผนที่ หรือข้อมูลทางแผนที่ ในพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับความมั่นคงของประเทศ เป็นการเฉพาะราย ให้ยื่นคำขอ ต่อหน่วยงานพัฒนาที่ดินในท้องที่ซึ่งที่ดินตั้งอยู่ เป็นต้น

3.6.2 การวางระบบการพัฒนาที่ดิน (Land development system designing) หมายถึง การศึกษาและ วิเคราะห์ระบบงานพัฒนาที่ดินเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ และคุณภาพของดินหรือที่ดินเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้

การวางระบบการพัฒนาที่ดิน (Land development system designing) หมายถึง การศึกษาและ วิเคราะห์ ระบบงานพัฒนาที่ดินเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพของดินหรือที่ดินเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้สูงขึ้น รวมถึงการปรับปรุงบำรุงดินหรือที่ดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ ทั้งนี้อาจจะเป็นเครือข่ายการทำงานร่วมกันขององค์กรต่าง ๆ หรือลักษณะงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและมีความสัมพันธ์กันเพื่อรักษาสมดุลธรรมชาติและเพื่อความเหมาะสมในการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรแบบยั่งยืนต่อไป

การวางระบบการพัฒนาที่ดินเป็นรูปแบบของการจัดการทรัพยากรที่ดิน โดยการบูรณาการของการจัดการระบบต่าง ๆ ของการพัฒนาที่ดินทั้งทางด้านทรัพยากรธรรมชาติตลอดจนทางด้านเศรษฐกิจและสังคม โดยมีเป้าหมายให้ประชาชนหรือเกษตรกรมีความเป็นอยู่ที่ดี มีรายได้จากผลผลิตทางการเกษตรและในขณะเดียวกันไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีความเกี่ยวพันกัน อาทิเช่น ดิน ภูมิอากาศ อุทกวิทยา ภูมิประเทศ พืชพรรณ รวมทั้งมนุษย์และสัตว์ซึ่งอาศัยอยู่บนพื้นดิน เป็นต้น

เขตพัฒนาที่ดิน คือ พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ได้รับการคัดเลือกให้เป็นพื้นที่ดำเนินการพัฒนา โดยการบูรณาการกิจกรรมที่เกี่ยวข้องของการพัฒนาที่ดิน ได้แก่ การจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำทั้งวิธีกลและพืช เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน การปรับปรุงบำรุงดินที่มีปัญหา รวมทั้งการฟื้นฟูดินเสื่อมโทรม ดินขาดอินทรีย์วัตถุ และการวางแผนการพัฒนาที่ดิน ให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพ และถูกต้องตามหลักวิชาการและมีความยั่งยืน

วัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อสาธิตและถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการพัฒนาที่ดินให้เกษตรกรและประชาชนทั่วไปให้เห็นประโยชน์ของการพัฒนาที่ดินเพื่อเกษตรกรรมอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน 2) เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรดินให้เกษตรกรมีการใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนมีรูปแบบการใช้ที่ดินที่เหมาะสมตามศักยภาพของที่ดิน มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำทั้งวิธีกลและวิธีพืช 3) เพื่อกำหนดแนวทางการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยคำนึงถึงการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม 4) เพื่อรณรงค์สร้างเครือข่ายเกษตรกร กลุ่มเกษตรกรและชุมชน ในการปรับเปลี่ยนทัศนคติ ในการใช้พื้นที่อย่างถูกต้อง และเกิดประโยชน์สูงสุด

หลักเกณฑ์การคัดเลือกพื้นที่ 1) สถานีพัฒนาที่ดิน เป็นผู้คัดเลือกพื้นที่ และส่งพิกัด ต้องอยู่ในพื้นที่เขตพัฒนาที่ดินที่ได้ขึ้นทะเบียนไว้เท่านั้นและต้องไม่อยู่ในเขตป่าไม้ตามกฎหมายทุกชนิด 2) เป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการสูญเสียหน้าดินสูง หรือมีการชะล้างพังทลายสูง 3) เป็นพื้นที่เกษตรกรรมที่เป็นตัวแทนของปัญหาการใช้ประโยชน์ที่ดินในลุ่มน้ำนั้น 4) เกษตรกรส่วนใหญ่ในพื้นที่ยินดีให้ความร่วมมือในการดำเนินงาน และ/หรือ ได้รับการร้องขอจากเกษตรกรในพื้นที่ 5) คณะกรรมการพัฒนาที่ดินระดับเขต ต้องออกตรวจสอบความเหมาะสมของพื้นที่ให้เป็นไปตามข้อตกลง

ลักษณะงาน (แบบมาตรฐานของงบประมาณแผ่นดิน) 1) จัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำตามรูปแบบต่างๆ (วิธีกลและวิธีพืช) 2) คันดินแบบที่ 1-6 3) ทางลำเลียงในไร่นา 4) ปรับรูปแบบนาลักษณะที่ 1-3 5) บ่อตกตะกอนดิน (6) ทางระบายน้ำหรือคูระบายน้ำ 7) ชั้นบันไดดิน (นาชั้นบันได) 8) ฝายน้ำล้น (Check Dam) 9) อาคารชะลอน้ำ (Drop Structure) 10) ท่อระบายน้ำล้นหรือท่อลอดใต้ถนน และ 11) ป้ายโครงการ (ระบุปีที่ดำเนินการ)

ผลที่คาดว่าจะได้รับ 1) พื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลาดชัน บริเวณต้นน้ำ และกลางน้ำ มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ มุ่งสู่การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบยั่งยืน 2) พื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ลุ่มบริเวณกลางน้ำ และปลายน้ำมีวิธีการปรับปรุงบำรุงดินที่เหมาะสม มีการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืน 3) พื้นที่ป่ามีการอนุรักษ์ และมีพื้นที่ป่าเพิ่มจากการปลูกป่าร่วมกับเกษตรกรและองค์กรบริหารส่วนท้องถิ่น 4) พื้นที่ดอน และพื้นที่ลุ่มบริเวณกลางน้ำ และปลายน้ำ สามารถพัฒนาให้เป็นพื้นที่มีศักยภาพสูงในการผลิต โดยมีระบบชลประทานขนาดเล็กสนับสนุน 5) มีการขยายผลด้านการพัฒนาที่ดินสู่พื้นที่เป้าหมายโดยได้รับความร่วมมือจากเยาวชน และสถานศึกษาที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำ และ 6) มีการบูรณาการกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น โครงการขยายผลโครงการหลวง องค์การบริหารส่วนท้องถิ่น ฯลฯ เพื่อให้มีการพัฒนาการเกษตรแบบยั่งยืน หลังจากมีการพัฒนาปัจจัยพื้นฐานแล้ว เช่น การประมง การปศุสัตว์ โรงงานแปรรูปผลผลิตเพื่อการส่งออก ฯลฯ

ตัวชี้วัด 1) ด้านทรัพยากรดิน ประเมินการสูญเสียดิน ก่อน-หลัง ปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับการกร่อนของดิน 2) ด้านรายได้ เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นเนื่องจากต้นทุนการผลิตลดลง และมีผลผลิตเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีโครงสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีการปรับปรุงบำรุงดิน 3) ด้านสิ่งแวดล้อม ปัญหาการบุกรุกป่าไม้ลดลง ปัญหาการกร่อนของดินลดลง ปัญหาหมอกควันลดลง 4) ปัญหาด้านคุณภาพชีวิต เกษตรกรมีคุณภาพชีวิตดีขึ้น มีรายได้เพิ่มขึ้น เกษตรกรมีความสะดวกในการเดินทางและการขนส่งผลผลิตมากขึ้น

3.6.3 การวิเคราะห์ลุ่มน้ำและการจำแนกลำดับพื้นที่ลุ่มน้ำ

ลุ่มน้ำ (watershed) หมายถึง พื้นที่บนผิวโลกที่รับน้ำฝนที่ตกลงมาแล้วไหลลงมารวมกันในแม่น้ำ ลำธาร หรือแอ่งรับน้ำในพื้นที่แล้วรวมกันไหลออกมาที่จุดใดจุดหนึ่งของลำธารที่กำหนดขึ้น เพื่อเป็นจุดตรวจวัด โดยมีแนวขอบเขตพื้นที่จากเส้นสันปันน้ำ (กรมทรัพยากรน้ำ, 2551) อีกนัยหนึ่งหมายถึง พื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งที่เน้นเกี่ยวกับการจัดการน้ำ มีขนาดไม่แน่นอนแล้วแต่วัตถุประสงค์และความต้องการในการจัดการ (นิวติ, 2547) หรือหมายถึงพื้นที่หน่วยหนึ่งซึ่งครอบคลุมลำน้ำธรรมชาติเพื่อทำหน้าที่รวบรวมน้ำให้ไหลลงสู่แม่น้ำหนึ่ง พื้นที่ลุ่มน้ำแต่ละแห่งจะมีขนาดไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิศาสตร์และวัตถุประสงค์ในการจัดแบ่งพื้นที่เพื่อการบริหารจัดการ (เกษม, 2551) และหมายถึงหน่วยพื้นที่ ซึ่งทางกายภาพมีรูปร่างปิด มีขอบโดยรอบ ระบบทางน้ำโดยธรรมชาติจะไหลจากขอบเข้าสู่ตอนกลางซึ่งมีลำน้ำหลักรองรับ มีทิศทางการไหลออกสู่พื้นที่รับน้ำที่มีขนาดใหญ่ เช่น มหาสมุทร ทะเล ทะเลสาบ หรือแม่น้ำสายหลัก เป็นต้น โดยขนาดของลุ่มน้ำจะขึ้นกับความต้องของแต่ละบุคคลและประเภทการศึกษา ซึ่งภายในลำน้ำหนึ่งๆ จะประกอบด้วยลุ่มน้ำสาขามากกว่าหนึ่งเสมอ เพราะลุ่มน้ำเป็นระบบหรือระบบสิ่งแวดล้อม (คำรณ, 2552)

พื้นที่ลุ่มน้ำภาคเหนือตอนบนของประเทศไทยในปัจจุบัน มีปัญหาในหลายพื้นที่ด้วยสาเหตุมาจากการใช้ประโยชน์ที่ดินและทรัพยากรที่ดินที่ไม่ถูกต้อง ก่อให้เกิดผลกระทบต่อทรัพยากรและระบบนิเวศเป็นอย่างมาก เช่น ทรัพยากรป่าไม้ถูกทำลายเพื่อทำพื้นที่เกษตรกรรมทำให้สภาพพื้นที่สูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพและระบบนิเวศเกิดการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้ยังเกิดผลกระทบต่อทรัพยากรน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำที่มีการจัดการไม่ดีพอ กล่าวคือ ในพื้นที่ลุ่มน้ำหลายแห่งในช่วงเวลาที่ผ่านมา จะเกิดน้ำท่วมฉับพลันรุนแรงในฤดูฝนและเกิดการขาดแคลนน้ำหรือภาวะภัยแล้งในฤดูแล้ง แนวทางการแก้ไขปัญหาทรัพยากรในพื้นที่ลุ่มน้ำในปัจจุบัน ต้องการวิธีการที่มีความเข้าใจความซับซ้อนของปัญหามากขึ้น เนื่องจากทุกอย่างมีผลกระทบเกี่ยวเนื่องเชื่อมโยงกันหมดตั้งแต่การทำเกษตรกรรมบนที่สูงที่ส่งผลกระทบต่อทรัพยากรป่าไม้ ที่ดิน แหล่งน้ำ ภูมิอากาศ ซึ่งก่อให้เกิดสภาพความกดดันต่อการประกอบอาชีพของเกษตรกรบนพื้นที่สูง รวมถึงความไม่มั่นคงของสภาพเศรษฐกิจและสังคมตลอดจนการเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในพื้นที่ลุ่มน้ำแต่ละแห่ง

การจำแนกลำดับพื้นที่ลุ่มน้ำ เป็นการวิเคราะห์พื้นที่ลุ่มน้ำโดยพิจารณารูปหน้าตัดตามความยาว ของลำน้ำหลัก จากสันปันน้ำที่เป็นต้นกำเนิดของลำน้ำหลัก (head water) จนถึงปากน้ำ (outlet) ส่วนของปากแม่น้ำนี้ถ้าไหลลงสู่ทะเลจะเรียก river mouth หรือ estuary จากภาพตัดขวางตามยาวของพื้นที่ลุ่มน้ำนี้ จะทราบความลาดชัน (gradient) ของลุ่มน้ำ เมื่อพิจารณาร่วมกับอันดับของลำธาร (strahler stream order) ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ สภาพภูมิสัณฐาน (geomorphology) สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ปรากฏการณ์น้ำท่วม และคุณลักษณะของลำน้ำหลัก ตลอดจนการไหลของน้ำในลำน้ำหลัก สามารถจำแนกลำดับพื้นที่ลุ่มน้ำ ออกได้เป็น 3 ส่วนหลัก ประกอบด้วย พื้นที่ต้นน้ำ พื้นที่กลางน้ำ และพื้นที่ปลายน้ำ

พื้นที่ต้นน้ำ เป็นพื้นที่ตั้งแต่ต้นน้ำลงมา ครอบคลุมพื้นที่ที่เป็นต้นกำเนิดของลำน้ำหลัก (head water) ทั้งหมด อันดับลำธาร (Strahler) ส่วนใหญ่เป็น อันดับ 1 และอันดับ 2 ในลุ่มน้ำที่สมบูรณ์ อาจพบลำธารอันดับ 3 ในบริเวณพื้นที่ต้นน้ำด้วย ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ประกอบด้วย ชั้น 1 ชั้น 2 และชั้น 3 เป็นส่วนใหญ่ สภาพพื้นที่ที่มีความชัน ลำน้ำหลักจะแคบ บางช่วงอาจพบแก่ง หรือการเปลี่ยนระดับของลำธาร รูปหน้าตัดของลำธารเป็น V-shape ปรากฏการณ์การเกิดน้ำท่วมจะเป็นน้ำป่าไหลหลาก (quick flash flood) น้ำโจน (hydraulic jump) และเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม (land slide) มากที่สุด ถ้าเกิดฝนตกหนักติดต่อกันปรากฏการณ์น้ำท่วมดินถล่มจะรุนแรงและรุนแรงมากเป็นภัยพิบัติ

พื้นที่กลางน้ำ เป็นพื้นที่อยู่ต่ำกว่าพื้นที่ต้นน้ำ มีความลาดชันน้อยกว่าพื้นที่ต้นน้ำอย่างชัดเจน ส่งผลถึงการไหลของน้ำในลำน้ำหลักจะช้าลง ขณะที่ลำน้ำจะกว้างขึ้น อันดับของลำธาร (Strahler) จะเป็นอันดับที่ 2 อันดับ 3 และพบที่เป็นอันดับ 1 บ้าง ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำเป็นชั้น 3 และชั้น 4 แม่น้ำจะกว้างขึ้น รูปหน้าตัดของแม่น้ำจะเปลี่ยนจาก V-shape เป็น U-shape สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลอนชัน และพื้นที่ลอนลาด การเกิดน้ำท่วมเป็นน้ำป่า (flash flood) เป็นบริเวณกว้าง

พื้นที่ปลายน้ำ เป็นพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นแอ่งน้ำ (basin) ถึงส่วนที่เป็นปลายสุดของลำน้ำหลัก (main stream/river) หรือปากแม่น้ำ (outlet/river mouth/estuary) ไหลลงสู่แหล่งรับน้ำ เช่น แม่น้ำ (สายอื่น) บึง ทะเลสาบ ทะเล มหาสมุทร เป็นต้น อันดับลำธาร (Strahler) จะเป็นอันดับ 3 4 และ 5 เป็นต้นไป ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำเป็นชั้น 4 และชั้น 5 สภาพพื้นที่ของพื้นที่ปลายน้ำค่อนข้างราบเรียบ แม่น้ำจะกว้างและคดเคี้ยว มีร่องรอยทางน้ำเก่า รูปหน้าของแม่น้ำจะเป็น U-shape

การจำแนกลำดับพื้นที่ลุ่มน้ำมีความสำคัญมาก ต้องศึกษาปริมาณน้ำฝน การแพร่กระจายของฝนระบบทางน้ำธรรมชาติ อันดับของลำธาร ปรากฏการณ์น้ำท่วมดินถล่มในอดีต ปรากฏการณ์ธรรมชาติที่มีความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นและมีความรุนแรงต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน เช่น ไฟป่า ลมพายุ พายุลูกเห็บ เป็นต้น ต้องศึกษาถึงปัญหา สาเหตุ และแนวทางแก้ไข และป้องกัน (คำรณ, 2552)

แบบรูปทางน้ำ (drainage pattern) หมายถึง รูปร่างหรือการจัดรูปแบบทางน้ำตามธรรมชาติ ในบริเวณใด ๆ ก็ตามที่ปรากฏเมื่อมองในแนวตั้ง ทางน้ำนี้จะแสดงถึงทิศทางการไหลของน้ำ ทั้งส่วนที่มีน้ำไหลตลอดเวลาและส่วนที่มีน้ำไหลเป็นครั้งคราวที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ แบบรูปทางน้ำจะมีความสัมพันธ์กับลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา ธรณีสัณฐาน ประวัติของบริเวณนั้น ๆ และชนิดของหินรองรับพื้นที่นั้น เป็นต้น ดังนั้น ถ้าเราทราบแบบรูปทางน้ำในแต่ละบริเวณเป็นแบบใด เราอาจจะคาดคะเนเกี่ยวกับชนิด และโครงสร้างของหินในบริเวณนั้น ๆ ได้ แบบรูปทางน้ำที่สำคัญมีดังนี้ (อภิศักดิ์, 2541)

แบบรูปทางน้ำกิ่งไม้ (dendritic drainage pattern) ประกอบด้วยทางน้ำที่มีสาขาหลายสาย ไหลมาลงทางน้ำสายใหญ่ ทำให้มีรูปลักษณะคล้ายกิ่งก้านสาขาของต้นไม้ มุมที่ทางน้ำแต่ละสาขามารวมกัน มีค่าน้อยกว่า 90 องศา ทิศทางการไหลของน้ำไม่เป็นระเบียบ แบบรูปทางน้ำนี้พบเสมอในบริเวณที่มีความลาดชันเล็กน้อย มักเกิดในบริเวณที่หินรองรับมีความทนทานต่อการกร่อนใกล้เคียงกัน เช่น หินตะกอน

ที่วางตัวในแนวระดับ ที่ราบตะกอนลมหอบ (loess deposits) หินอัคนีที่มีเนื้อสม่ำเสมอ เป็นต้น และไม่ขึ้นกับอิทธิพลของโครงสร้างทางธรณีวิทยา

แบบรูปทางน้ำขนาน (parallel drainage pattern) รูปแบบการระบายน้ำแบบนี้ลำน้ำสายใหญ่และสายเล็กๆ ไหลขนานกันหรือเกือบขนานกัน บางทีมีลักษณะคล้ายหางม้ามักเกิดตามแนวแตกของหินที่ขนานกัน มีความลาดเทค่อนข้างสูงและยังพบในบริเวณแนวแตกของหินที่มีเพียงแนวเดียวด้วยให้การระบายน้ำดี

แบบรูปทางน้ำตั้งฉาก (rectangular drainage pattern) แบบรูปทางน้ำที่มีทางน้ำประธานและลำน้ำสาขาส่งตรงกันเป็นมุมฉากหลายๆแห่ง เนื่องมาจากทางน้ำไหลตามรอยแยก (joint) หรือรอยเลื่อน (fault) ทำให้มีรูปลักษณะคล้ายสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทางน้ำที่ไหลมารวมกันเป็นมุมฉากอย่างชัดเจน เรียกว่า sharp rectangular drainage patterns

แบบรูปทางน้ำรัศมี (radial drainage pattern) แบบรูปทางน้ำที่มีทิศทางการไหลของน้ำออกจากศูนย์กลาง มีลักษณะเป็นรูปรัศมี มักเกิดในบริเวณที่พื้นที่ตรงกลางสูง โดยเฉพาะพื้นที่โครงสร้างรูปโดมที่เกิดขึ้นใหม่ ๆ ยังไม่มีการกร่อน หรือพื้นที่กรวยภูเขาไฟ

การจัดการลุ่มน้ำ (watershed management) หมายถึง การจัดการพื้นที่เพื่อให้ได้น้ำที่มีปริมาณมากพอ คุณภาพดี การไหลสม่ำเสมอ พร้อมทั้งควบคุมเสถียรภาพของดิน ลดความเสียหายจากน้ำท่วม และจัดการใช้ทรัพยากรลุ่มน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ (กรมทรัพยากรน้ำ, 2551) เป็นการจัดการทรัพยากรธรรมชาติทั้งหมดที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยเน้นที่การผลิตน้ำ การป้องกันแหล่งน้ำและทรัพยากรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับน้ำ รวมทั้งการบรรเทาอุทกภัย การป้องกันดินพังและการดูแลรักษาคุณค่าความสวยงามตามธรรมชาติในส่วนที่เกี่ยวข้องกับน้ำ (นิวัติ, 2547)

3.6.4 การชะล้างพังทลายของดิน

การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่เกษตรกรรม เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความลาดเท และขาดการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม พระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2551 มาตรา 4 ได้ให้คำนิยามไว้ว่า “การชะล้างพังทลายของดิน” หมายถึง ปรากฏการณ์ซึ่งที่ดินถูกชะล้าง กัดเซาะพังทลายด้วยพลังงานที่เกิดจากน้ำ ลม หรือโดยการกระทำอื่นใดเป็นเหตุให้เกิดการเสื่อมโทรม สูญเสียเนื้อดินหรืออุดมสมบูรณ์ของดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551)

การชะล้างพังทลาย หมายถึงกระบวนการแตกกระจาย (detachment) และการพัดพาไป (transportation) ของดินโดยตัวการกัดกร่อน (erosion agents) ได้แก่ การชะล้างพังทลายโดยน้ำ (water erosion) ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญอย่างมากในประเทศไทย และการพังทลายโดยลม (wind erosion) การชะล้างพังทลายแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือการชะล้างพังทลายโดยธรรมชาติ (geologic or natural or normal erosion) และการชะล้างพังทลายโดยมีตัวเร่ง (accelerated or man-made erosion) การชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่เกษตรกรรมเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งจากสภาพตามธรรมชาติและจากกิจกรรมของมนุษย์ที่จะเป็นปัจจัยเร่งให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินรุนแรงขึ้น โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความลาดเทและขาดการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่เกษตรกรรมการชะล้างพังทลาย

ของดินสามารถแบ่งได้ 3 แบบ คือ แบบกระเด็น (splash erosion) แบบแผ่น (sheet หรือ inter-rill erosion) และแบบริ้ว (rill erosion) ซึ่งในพื้นที่กว้าง ๆ ที่มีน้ำมารวมกันมาก การพังทลายแบบริ้วอาจขยายตัวออกเป็นร่องลึก (gully erosion) สำหรับการพังทลายแบบกระเด็นจะทำให้เม็ดดินหลุดออกจากพื้นดินและกระเด็นไปอยู่ห่างออกไปจากที่เดิม พร้อมทั้งทำให้การเกิดการพังทลายแบบแผ่น ตะกอนดินและน้ำจะถูกพัดพาลงสู่ที่ต่ำ ในกรณีที่น้ำไหลมารวมกันมากตรงจุดที่เป็นที่ตั้ง น้ำจะมีปริมาณมากและมีพลังงานมากพอที่จะกัดเซาะดินให้เกิดร่องน้ำตื้นที่มีขนาด 5-15 เซนติเมตร ดินในร่องน้ำนี้จะถูกพัดพาลงสู่ที่ต่ำเช่นเดียวกัน

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินชนิดต่าง ๆ ได้แก่การชะล้างพังทลายที่เกิดจากการกระเด็นของเม็ดฝน การชะล้างพังทลายแบบร่องน้ำขนาดเล็ก การชะล้างพังทลายของดินแบบร่องลึก การชะล้างพังทลายของดินที่เคลื่อนที่ในลักษณะเป็นแผ่น การเกิดดินถล่ม การชะล้างพังทลายตามริมฝั่งและท้องน้ำของแม่น้ำลำธาร การชะล้างพังทลายตามชายฝั่งทะเล ซึ่งการชะล้างพังทลายของดินโดยเฉพาะผลกระทบอันเนื่องจากการกระทำของมนุษย์ที่มีการใช้ที่ดินไม่เหมาะสม เช่น การบุกรุกทำลายป่า การก่อสร้าง การตัดถนน และเส้นทางคมนาคม การไถพรวนขึ้นลงตามความลาดเท ส่งผลให้ดินถูกชะล้างอย่างรุนแรง ซึ่งมีผลกระทบต่อระบบนิเวศ ชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชน และผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศ นอกจากนี้การใช้ที่ดินโดยไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ จะช่วยส่งเสริมให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินที่มีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น

1. การชะล้างพังทลายโดยธรรมชาติ

การชะล้างพังทลายโดยธรรมชาติ หมายถึงการชะล้างพังทลาย ซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติโดยมีทั้งน้ำและลมเป็นตัวการ เช่น การชะละลาย (leaching) แผ่นดินเลื่อน (landslides) การพัดพาโดยลมตามชายฝั่งทะเลหรือในทะเลทราย การพัดพาดินแบบนี้เป็นแบบที่ป้องกันไม่ได้ และถ้าเกิดการชะล้างพังทลายแบบนี้เป็นเวลานาน ผิวดินบนจะสูญเสียไปเพียง 1 นิ้ว เท่านั้น เพราะเป็นการเกิดแบบค่อยเป็น ค่อยไป และช้ามาก สำหรับชนิดของการชะล้างพังทลายโดยธรรมชาติ ได้แก่

1.1 การชะละลาย (Leaching) หมายถึงการชะล้างชนิดที่แร่ธาตุต่าง ๆ ธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุถูกทำให้ละลาย หรืออยู่ในสภาพแขวนลอยแล้วไหลลงสู่ส่วนล่างของหน้าตัดดินไปกับน้ำที่ซึมผ่าน (Percolation water) ซึ่งในที่สุดจะไหลลงสู่ทะเล และการสูญเสียของดินแบบนี้เกิดขึ้นอยู่เป็นประจำและมีบทบาทมากที่สุดในแง่ของการชะล้างพังทลายในธรรมชาติ

1.2 การชะล้างพังทลายที่พื้นผิวดินโดยน้ำ (Surface erosion by water) หมายถึงการพัดพาหน้าดินหรือหินซึ่งขาดพืชพรรณปกคลุมโดยน้ำ การขาดพืชพรรณปกคลุมนั้นเนื่องจากสภาพแวดล้อมในธรรมชาติ เช่น ลม พายุอากาศ ความสูงต่ำของภูมิประเทศ (Topography) ซึ่งเป็นปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

1.3 แผ่นดินเลื่อนหรือดินเลื่อน (Landslides and soil creep)

1.3.1 แผ่นดินเลื่อน คือ การถล่มตัวของแผ่นดินจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำอย่างรวดเร็ว โดยเกิดจากปัจจัย 3 ประการ ได้แก่ สภาพความลาดเทของพื้นที่ ดินหรือหินชั้นล่างมีการไหลซึมของน้ำเข้ามา และดินชั้นบนไม่เกาะกันเนื่องจากการอิ่มตัวด้วยน้ำ

1.3.2 ดินเลื่อน คือ การเลื่อนของดินบนที่ถูกน้ำชะจนเป็นโคลนลงสู่ที่ต่ำตามความลาดเทด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก แต่เนื่องจากยังมีความหนืดระหว่างชั้นดินที่มีความชื้นต่างกัน ดังนั้นดินนั้นจึงค่อย ๆ เลื่อนลงมา โดยปกติแล้วดินที่เลื่อนลงมาจะหนาไม่เกิน 1 เมตร

1.4 การพัดพาโดยลม (Wind erosion) ในบริเวณที่มีลมแรงและขาดสิ่งปกคลุมโดยธรรมชาติ ประกอบกับอนุภาคนิวมิสูง เช่นในทะเลทรายหรือริมฝั่งทะเล ลมจะเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดการสูญเสียดินการชะล้างพังทลายของดินโดยธรรมชาติและการสร้างตัวขึ้นมาเป็นดิน การเกิดการชะล้างพังทลายในธรรมชาติผันแปรไปตามสภาพแวดล้อม และเป็นปรากฏการณ์ที่มักพบเกิดขึ้นเสมอในทะเลทรายหรือบริเวณซึ่งปราศจากพืชขึ้นปกคลุม ปัจจัยที่สำคัญที่สุดก็คือ ความลาดเทของสภาพพื้นที่ ซึ่งสามารถใช้เป็นเครื่องมือชี้ชนิดของหน้าตัดดินที่เกิดขึ้นในบริเวณที่ถูกการชะล้างพังทลายของดินนั้น ๆ เช่น

1.4.1 ในพื้นที่ชันมาก ดินจะถูกชะล้างและพัดพาไปมาก ดินบนจะเกิดเร็วเพราะวัตถุต้นกำเนิดอยู่ต้น จึงมีโอกาสมัผัสกับสิ่งแวดล้อมมาก นั่นคือ กระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดดินก็จะดำเนินไปได้อย่างเต็มที่ และเนื่องจากความลาดเทสูง ดังนั้นสิ่งที่ถูกชะละลายมาจากดินบนโดยกระบวนการที่เรียกว่า Eluviation จะไหลลงสู่ที่ต่ำหมด หน้าตัดของดินในที่ลาดชันมากจึงมักจะมีเพียง 2 ชั้น คือ A กับ C เท่านั้น

1.4.2 ในพื้นที่ที่มีความลาดเทไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเกิดของการชะล้างพังทลายน้อยกว่าอัตราการเกิดดิน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุต้นกำเนิด ในบริเวณเช่นนี้จะเกิดหน้าตัดดินที่สมบูรณ์มีชั้นดินครบถ้วน ยิ่งดินนี้มีอายุมากขึ้นจะยังมีหน้าตัดลึกมากขึ้น

1.4.3 ในพื้นที่เกือบอยู่ในแนวระดับหรืออยู่ในแนวระดับการเกิดการชะล้างพังทลายเกือบจะ ไม่มีเลย บริเวณดินบนที่ถูกชะล้างละลาย (A2) จะลึก ธาตุอาหารพืชและอนุภาคดินเหนียวส่วนมากถูกชะละลายออกไปจากบริเวณรากพืช ดังนั้นโดยปกติแล้วดินนี้จะมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและมีโครงสร้างไม่ดี

2. การชะล้างพังทลายโดยมีตัวเร่ง

การชะล้างพังทลายที่มีตัวเร่ง หมายถึง การชะล้างพังทลายที่มนุษย์หรือสัตว์เลี้ยงเข้ามาช่วยเร่งให้มีการกัดกร่อนเพิ่มขึ้นจากการชะล้างพังทลายโดยธรรมชาติ ซึ่งเกิดขึ้นเป็นประจำอยู่แล้ว เช่น การหักล้างถางป่าทำการเพาะปลูกอย่างขาดหลักวิชาการ ทำให้พื้นดินปราศจากสิ่งปกคลุม ทำให้การกัดกร่อนโดยลมและฝนเกิดขึ้นและพัดพาดินสูญเสียไปได้เพิ่มขึ้น การสูญเสียดินจะมาน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับวิธีการที่ใช้ทำการเกษตร

การชะล้างพังทลายโดยน้ำ คือ การแตกกระจายและพัดพาดินไปโดยน้ำ อาจจะพิจารณาจากอัตราการแตกกระจายของดิน (Rate of detachment) มีหน่วยวัดเป็นน้ำหนักต่อพื้นที่ต่อเวลา เช่น ตันต่อไร่ต่อปี และอัตราของการพัดพาตะกอนดิน (Rate of transportation) มีหน่วยวัดเป็นน้ำหนักต่อระยะทางต่อ

พื้นที่ต่อเวลา เช่น ต้นต่อไมล์ต่อไร่ต่อปี ดินที่มีความยากง่ายในการที่จะเกิดการชะล้างพังทลายของดิน แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับสมบัติของดินที่ได้รับมาจากวัตถุดิบกำเนิด การใช้ที่ดิน และการจัดการ

3.7 การประเมินการสูญเสียดินและการจัดชั้นอัตราการสูญเสียดิน

3.7.1 การประเมินการสูญเสียดิน การศึกษาสมการสูญเสียดินสากล (The Universal Soil Loss Equation-USLE) มีการศึกษาและพัฒนาขึ้นในสหรัฐอเมริกา เพื่อใช้ประเมินการสูญเสียดินในแปลงปลูกพืช มีการปรับปรุงและพัฒนาครั้งสุดท้ายในปี ค.ศ.1978 (Wischmeier and Smith, 1978) มีรูปสมการดังนี้ คือ

$$A = RKLSCP$$

โดย A = ค่าปริมาณการสูญเสียดินที่คำนวณได้ต่อพื้นที่ มีหน่วยผืนแปรไปตามการประเมิน (ต้นต่อเฮกตาร์ต่อปี)

R = ค่าปัจจัยเกี่ยวกับน้ำฝน เป็นค่าดัชนีการชะล้างพังทลายของดินที่เกิดจากฝน

K = ค่าปัจจัยความยากง่ายต่อการถูกชะล้างของดินเป็นค่าอัตราการสูญเสียดินต่อหนึ่งหน่วยของค่าดัชนีการชะล้างพังทลายของดินโดยฝน จากแปลงมาตรฐาน ที่มีขนาดความยาวของแปลง 72.6 ฟุต และมีความลาดชัน 9 เปอร์เซ็นต์ มีการไถพรวนขึ้นลงตามความลาดเท และปล่อยให้ว่างเปล่าไม่มีการปลูกพืช

L = ค่าปัจจัยความยาวของความลาดเท เป็นค่าอัตราส่วนของการสูญเสียดินจากแปลงที่มีความยาวของความลาดเทใด ๆ กับแปลงที่มีความยาวของความลาดเท 72.6 ฟุตโดยมีสภาพอื่น ๆ เหมือนกัน

S = ค่าปัจจัยความลาดเท เป็นค่าอัตราส่วนของการสูญเสียดินจากแปลงที่มีความลาดชันใด ๆ กับแปลงที่มีความลาดชัน 9 เปอร์เซ็นต์โดยมีสภาพอื่น ๆ เหมือนกัน

C = ค่าปัจจัยจัดการพืช เป็นค่าอัตราส่วนของการสูญเสียดิน จากแปลงที่มีการปลูกพืช และมีการจัดการใด ๆ กับแปลงที่มีการไถพรวนดินขึ้นลงตามความลาดเท แล้วปล่อยให้ว่างเปล่าและไม่มีการปลูกพืช ซึ่งทั้ง 2 แปลงนี้ต้องอยู่ในสภาพดิน ความลาดเท และปริมาณฝนที่เหมือนกัน

P = ค่าปัจจัยอนุรักษ์ เป็นค่าอัตราส่วนของการสูญเสียดิน จากแปลงที่มีวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำชนิดใด ๆ กับแปลงที่มีการไถพรวนดินขึ้นลงตามความลาดเท แล้วปล่อยให้ว่างเปล่าและไม่มีการปลูกพืช ซึ่งทั้ง 2 แปลงนี้ต้องอยู่ในสภาพดิน ความลาดเท และปริมาณฝนที่เหมือนกัน

3.7.2 การจัดชั้นอัตราการสูญเสียดิน

การสูญเสียดินจะส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของดินหรือไม่ขึ้นอยู่กับลักษณะของดินในแต่ละพื้นที่หากกระบวนการเกิดดินเป็นไปอย่างรวดเร็วดินลึกและมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติสูงแม้จะมีอัตราการสูญเสียดินสูงก็อาจไม่มีผลกระทบต่อการใช้ที่ดินตรงกันข้ามถ้าดินตื้นมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและกระบวนการเกิดดินเป็นไปอย่างช้า ๆ แม้มีการสูญเสียดินเพียงเล็กน้อยก็อาจส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของดินได้ ค่าการสูญเสียดินที่คำนวณได้จากการสุ่มการสูญเสียดินสากล นำมาจัดชั้นความรุนแรงของการสูญเสียดิน และแสดงผลออกมาเป็นแผนที่การสูญเสียดิน มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ทราบถึงขอบเขตของพื้นที่ที่มีปัญหา เนื่องจากการสูญเสียดิน ตลอดทั้งระดับความรุนแรงของการสูญเสียดิน ที่เกิดขึ้นในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศเพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนอนุรักษ์ดินและน้ำ ระดับเขตพัฒนาที่ดิน ระดับภาคและระดับประเทศต่อไป

การจัดชั้นอัตราการสูญเสียดินยึดถือตามแนวคิดดังต่อไปนี้คือ

1) ค่าการสูญเสียดินสูงสุดที่ยอมรับได้สำหรับพื้นที่เกษตร (Soil loss tolerance) คือระดับที่ยังคงได้รับผลผลิตพืชและมีความยั่งยืนทางเศรษฐกิจ (USDA, 1997)

2) ดินมีความเหมาะสมสำหรับการใช้ประโยชน์มากเมื่อการใช้ประโยชน์นั้นมีความยั่งยืน นาน 25 ปีขึ้นไป (FAO, 1993)

3) หลักการสำรวจดิน (Soil Survey Manual) ของ USDA (1993) มีการจำแนกการชะล้างพังทลายของดินสำหรับพื้นที่เกษตรกรรมเป็น 4 ระดับโดยพิจารณาจากอัตราการสูญเสียดินชั้นบนที่เรียกว่าชั้น A และ E horizon คือ

ชั้น 1 : การสูญเสียดินเป็นค่าเฉลี่ยน้อยกว่า 25 เปอร์เซ็นต์ของความหนาของชั้น A/E เดิม (หรือของความหนา 20 เซนติเมตรถ้า A/E หนาน้อยกว่า 20 เซนติเมตร) สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่ไม่มีการชะล้างพังทลาย หรือมีการชะล้างพังทลายน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่

ชั้น 2 : การสูญเสียดินเป็นค่าเฉลี่ย 25-75 เปอร์เซ็นต์ของความหนาของชั้น A/E (หรือของความหนา 20 เซนติเมตรถ้า A/E หนาน้อยกว่า 20 เซนติเมตร) พื้นที่เกษตรส่วนใหญ่ยังมีชั้น A/E เหลืออยู่แต่ถูกไถพรวนกับดินล่างไปแล้วแต่ถ้าบริเวณนั้นมีชั้น A/E ลึกจะยังคงเห็นชั้น A/E ได้บ้าง

ชั้น 3 : การสูญเสียดินชั้นบนมากกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ของความหนาชั้น A/E เดิม (หรือของความหนา 20 เซนติเมตรถ้า A/E หนาน้อยกว่า 20 เซนติเมตร) พื้นที่เกษตรส่วนใหญ่มีดินล่างใต้ชั้น A/E โผล่ขึ้นมาบริเวณที่มีชั้น A/E ลึกอาจมีดินบนเหลืออยู่บ้างแต่ถูกไถพรวนกับดินชั้นล่างไปแล้ว

ชั้น 4 : ทัวพื้นที่มีการสูญเสียดินทั้งหมดของชั้น A/E (หรือดินบน 20 เซนติเมตรถ้าชั้น A/E หนาน้อยกว่า 20 เซนติเมตร) พบเห็นร่องลึก (Gully) จำนวนมาก

4) การสำรวจลักษณะหน้าตัดดินและความลึกของชั้น A/E ของชุดดินต่าง ๆ ในประเทศไทย โดยกองสำรวจและจำแนกดินกรมพัฒนาที่ดิน พบว่าดินในประเทศไทย ในสภาพปกคลุมด้วยพืชพรรณธรรมชาติมีความหนาเฉลี่ยของชั้น A/E อยู่ที่ 24 เซนติเมตร

5) การวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม (Bulk density) ของชุดดินต่าง ๆ ในประเทศไทยโดยกองวิเคราะห์ดินกรมพัฒนาที่ดินพบว่าดินในสภาพธรรมชาติมีค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 1.3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

6) การศึกษาการสูญเสียดินในแปลงทดลองของกลุ่มอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน

จากข้อพิจารณาทั้งหมดข้างต้น สามารถกำหนดปริมาณการสูญเสียดินสูงสุดที่ยอมรับได้ (Soil loss tolerance หรือ Permissible soil loss) สำหรับดินในประเทศไทยเป็น 2 ตันต่อไร่ต่อปีหรือเทียบเท่ากับ 0.96 มิลลิเมตรต่อปีการสูญเสียในระดับนี้ไม่ทำให้สมรรถนะของดินสำหรับการเกษตรเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลา 25 ปี ค่าการสูญเสียดินที่สูงกว่าระดับนี้จะมีผลเสียหายต่อคุณภาพดินและผลผลิตพืชในระยะยาวไม่มีความมั่นคงทางเศรษฐกิจและจำเป็นต้องมีการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมแสดงดังตารางที่ 14

การจัดชั้นความรุนแรงของการสูญเสียดินจำแนกเป็น 5 ระดับ คือ

ชั้น 1 น้อย (Slight) อัตราการสูญเสียดิน 0-2 ตันต่อไร่ต่อปี (0-0.96 มิลลิเมตรต่อปี)

ชั้น 2 ปานกลาง (Moderate) อัตราการสูญเสียดิน 2-5 ตันต่อไร่ต่อปี (0.96-2.4 มิลลิเมตรต่อปี)

การสูญเสียดินทำให้ผลผลิตพืชลดลง

ชั้น 3 รุนแรง (Severe) อัตราการสูญเสียดิน 5-15 ตันต่อไร่ต่อปี (2.4-7.2 มิลลิเมตรต่อปี)

การสูญเสียดินมีผลทำให้ความต้องการในการจัดการดินผิดไปจากเดิมหรือต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้นแต่ดินยังมีขีดความสามารถใช้ปลูกพืชได้เหมือนเดิม

ชั้น 4 รุนแรงมาก (Very severe) อัตราการสูญเสียดิน 15-20 ตันต่อไร่ต่อปี (7.2-9.6 มิลลิเมตรต่อปี) การสูญเสียดินทำให้ขีดความสามารถของดินสำหรับปลูกพืชเปลี่ยนเลวลงกว่าเดิม เช่น ดินไม่สามารถใช้ปลูกข้าวโพดได้อีกต่อไปต้องเปลี่ยนไปทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์แทนและต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดการดินสูงมากเกินไปเกินกว่าระดับที่ยอมรับได้หรือใช้เวลานานมากในการปรับปรุงคุณภาพดินให้ใช้ปลูกพืชได้เช่นเดิม

ชั้น 5 รุนแรงมากที่สุด (Extremely severe) อัตราการสูญเสียดินมากกว่า 20 ตันต่อไร่ต่อปี (มากกว่า 9.6 มิลลิเมตรต่อปี) มีการชะล้างพังทลายของดินเป็นร่องลึก (Gully) เกิดขึ้นทั่วไป

ตารางที่ 14 การจัดชั้นความรุนแรงของการสูญเสียดินในประเทศไทย

ระดับการสูญเสียดิน	อัตราการสูญเสียดิน	
	ตันต่อไร่ต่อปี	มิลลิเมตรต่อปี
1: น้อย	0-2	0 -0.96
2: ปานกลาง	2-5	0.96-2.4
3: รุนแรง	5-15	2.4-7.2
4: รุนแรงมาก	15-20	7.2-9.6
5: รุนแรงมากที่สุด	มากกว่า 20	มากกว่า 9.6

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2553)

3.8 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

การอนุรักษ์ดินและน้ำ หมายถึง การใช้ที่ดินอย่างชาญฉลาด โดยคำนึงถึงการป้องกันการพังทลายของดิน ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ได้นานหรือเก็บรักษาน้ำไว้ในดินให้ดินมีความชุ่มชื้นอยู่ได้นานแทนที่จะปล่อยให้สูญหายไป นอกจากนี้ยังรวมไปถึงการปรับปรุงและการฟื้นฟูบำรุงดินต่าง ๆ ที่เสื่อมโทรมให้กลับนำมาใช้ประโยชน์ได้อีก นอกจากนี้งานอนุรักษ์ดินและน้ำอาจกล่าวได้ในอีกหลายความหมาย เช่น เป็นการป้องกันมิให้ดินถูกชะล้างพังทลายเมื่อใช้ทำการเกษตร เป็นการรักษาสภาพพื้นที่เพาะปลูกให้คงสภาพอยู่ตลอดไปไม่สูญหาย เป็นการอนุรักษ์ดินให้มีความอุดมสมบูรณ์อยู่เสมอ เป็นการปรับปรุงพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการเกษตร การวางแผนระบบการใช้น้ำในไร่นา หรือ เป็นการรักษาปรับปรุงสภาพของพื้นที่ต้นน้ำลำธาร ป่าไม้และสภาพธรรมชาติบางอย่างให้ดีขึ้น ในส่วนของการอนุรักษ์ดินนั้น เป็นการรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้ให้คงที่ในขณะที่มีการปลูกพืช ดังนั้นหลักสำคัญในการอนุรักษ์ดินจึงเหมือนกับหลักการกลไกที่ดี เช่น การใช้ที่ดินอย่างถูกต้อง ตลอดจนการไถพรวน การใส่ปุ๋ยและการจัดการน้ำ ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม แต่บางครั้งจำเป็นต้องใช้วิธีการอื่นๆ เข้ามาร่วมในระบบ เช่น การปลูกพืชคลุมดิน (Cover cropping) การปลูกพืชหมุนเวียน (Crop rotation) การไถพรวน (tillage) การใส่ปุ๋ย (fertilization) การคลุมดิน (mulching) การทำแนวระดับ (contouring) การปลูกพืชสลับ (strip cropping) การทำขั้นบันได (Bench terracing) (ไชยสิทธิ์, 2531)

3.8.1 มาตรการวิธีกล (mechanical measure) โดยหลักการนั้น มาตรการทางกลหรือทางวิศวกรรมนั้น เป็นวิธีการที่สำคัญอันหนึ่งในการจัดการที่ดิน ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสิ่งก่อสร้าง ทั้งถาวรและชั่วคราว เพื่อเป็นตัวขวางและเบนน้ำไหลบ่าที่ไหลในพื้นที่การเกษตรไปสู่แหล่งกักเก็บ เพื่อลดอัตราการชะล้างพังทลาย สำหรับมาตรการวิธีกลนั้น นอกจากจะช่วยป้องกันการชะล้างพังทลายของดินแล้ว ยังสามารถช่วยกักเก็บน้ำและปรับปรุงสมรรถนะการซึมของน้ำได้ด้วย การใช้วิธีนี้มีอยู่หลายวิธีซึ่งพอสรุปได้ดังนี้เช่น

1) คันดินเบนน้ำ (diversion terrace) คือ คันดินเบนน้ำเป็นคันดินขนาดใหญ่ที่สร้างขึ้นขวางความลาดเทของพื้นที่ และในกรณีที่คันดินธรรมดา ไม่สามารถควบคุมน้ำในพื้นที่ได้ ก็ต้องใช้คันดินขนาด

ใหญ่แทน เพื่อเบนน้ำส่วนใหญ่ออกจากพื้นที่ ไปยังร่องน้ำหรือทางน้ำธรรมชาติ ซึ่งคันดินธรรมดาไม่สามารถควบคุมได้ ช่วยป้องกันพื้นที่ตอนล่างจากการไหลบ่าของน้ำ โดยมีการลดระดับเพื่อเบนน้ำที่ไหลบ่าลงมาจากพื้นที่ด้านบนไปยังทางระบายน้ำ เป็นคันดินขนาดใหญ่ก่อสร้างตอนบนสุดของพื้นที่ต้องมีการคำนวณออกแบบอย่างถูกต้อง เพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดกับคันดินส่วนล่าง

คูเบนน้ำ เหมาะสมกับพื้นที่ ที่มีความลาดชันไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากหากมีความลาดชันสูงกว่า 15 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้ส่วนดินขุดที่พ้นจากหน้าตัดระบายน้ำมากกว่าครึ่งหนึ่งของความลึกหน้าตัดที่ระบายน้ำใช้สำหรับระบายน้ำส่วนที่จะไหลบ่าเข้าพื้นที่จัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำป้องกันน้ำไหลบ่าจากนอกขอบเขตพื้นที่ คูเบนน้ำจะมีด้วยกัน 2 รูปแบบคือ คูเบนน้ำรูปสี่เหลี่ยมคางหมู และคูเบนน้ำรูปสามเหลี่ยม

2) ขั้นบันไดดิน (bench terrace) คือ เป็นการปรับพื้นที่เป็นขั้น ๆ ต่อเนื่องกันคล้ายขั้นบันไดเพื่อลดความยาวและระดับของความลาดเท ช่วยลดการไหลบ่าของน้ำและควบคุมการชะล้างพังทลายของดิน และสะดวกในการไถพรวน รวมทั้งเก็บกักน้ำไว้ใช้ในการเกษตร ใช้ในพื้นที่ดินลึก ขั้นบันไดดินแบบระดับควรใช้ในบริเวณที่มีฝนตกน้อยกว่า 650 มิลลิเมตรต่อปี และดินลึกมีอัตราซาบซึมน้ำปานกลางถึงสูง สำหรับขั้นบันไดดินแบบเอียงเข้าในบริเวณที่ฝนตกมากกว่า 650 มิลลิเมตรต่อปี ดินลึกไม่มากและอัตราการซึมซาบของน้ำปานกลางถึงต่ำ ขั้นบันไดดินแบบลาดเอียงออก ใช้ที่มีความลาดชันปานกลางฝนตกหนัก และดินลึกถึงลึกมาก เป็นวิธีการที่มีค่าใช้จ่ายสูง ควรใช้ในพื้นที่ศักยภาพการผลิตสูง

3) คูรับน้ำขอบเขา (hillside ditches) คือ คูรับน้ำที่จัดทำขึ้นขวางความลาดเท มีจุดมุ่งหมายที่จะแบ่งพื้นที่ออกเป็นช่วงๆ ประมาณ 6-12 เมตร โดยขึ้นกับเปอร์เซ็นต์ของความลาดชันและความกว้างของ คูรับน้ำ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ขนาด คือ คูรับน้ำชนิดกว้าง เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อย (ความลาดชันระหว่าง 15-35 เปอร์เซ็นต์) มีความกว้างของฐานคูรับน้ำ 2 เมตร และคูรับน้ำชนิดแคบ เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีความลาดชันมาก (ความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์) มีความกว้างของฐานคูรับน้ำ 1.5 เมตร ในส่วนของระยะห่างตามผิวดิน พบว่า ระยะของคูรับน้ำรอบเขาแต่ละคูมีระยะห่างตามผิวดินผันแปรอยู่ในช่วง 12-30 เมตร ซึ่งสามารถคำนวณค่าระยะตามแนวโค้ง (V.I.) ได้จาก $V.I. = (S+6)/10$ เมื่อ S เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของความลาดชัน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2534)

4) คันชะลอความเร็วของน้ำ (check dam) คือ คันชะลอความเร็วของน้ำเป็นสิ่งก่อสร้างที่สร้างขึ้นในพื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายของดินแบบร่องลึก เพื่อชะลอความเร็วของน้ำ และช่วยให้เกิดการตกตะกอนทับถมในร่องน้ำ ทำให้อ่างน้ำตื้นเขิน ช่วยให้พืชต่าง ๆ ในร่องน้ำที่เพิ่งงอกใหม่ไม่ถูกน้ำพัดพาไป สามารถเจริญเติบโตขึ้นปกคลุมร่องน้ำได้เร็วขึ้น โดยสร้างขวางเป็นช่วง ๆ ในร่องน้ำที่มีการกัดเซาะ อาจสร้างด้วยเศษไม้ เศษพืช หิน ดิน หรือคอนกรีตก็ได้ หรือเป็นสิ่งก่อสร้างที่ช่วยลดปัญหาการกัดเซาะในทางระบายน้ำที่ปูด้วยหญ้า ใช้กับพื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายแบบร่องลึก หรือในทางระบายน้ำ

5) ทางระบายน้ำ (waterways) คือ ทางระบายน้ำเป็นสิ่งก่อสร้างที่สร้างขึ้นเพื่อรับน้ำจากพื้นที่ต่าง ๆ ที่ถูกเบนมา เพื่อให้ไหลไปยังแหล่งที่ต้องการ เช่น อ่างเก็บน้ำ พังท่วเลีย้งสัตว์ และแหล่งน้ำธรรมชาติ

6) บ่อน้ำในไร่นา (farm pond) คือ เป็นพื้นที่ที่สร้างขึ้นโดยการขุดหรือทำคันดินล้อมรอบสำหรับเก็บกักน้ำไว้ในพื้นที่การเกษตร หรือถมดินขวางกั้นทางเดินน้ำหรือร่องน้ำ เพื่อรับน้ำจากคันดินเบนน้ำลงมากักเก็บ และนำน้ำไปใช้ในพื้นที่ทำการเกษตรในช่วงที่มีฝนทิ้งช่วงและในช่วงฤดูแล้ง และใช้อุปโภคบริโภค เลี้ยงสัตว์ ลดปัญหาน้ำท่วม ใช้สำหรับพื้นที่ที่เป็นที่ลุ่มมีน้ำขัง โดยขุดดินตรงจุดต่ำสุดเพื่อกักเก็บน้ำ

7) บ่อดักตะกอน (sediment trap หรือ sand trap) คือ บ่อขนาดเล็กที่สร้างขึ้นเพื่อดักตะกอนที่ไหลมาตามทางระบายน้ำ ก่อนลงสู่บ่อน้ำประจำไร่นา เพื่อดักตะกอนที่ไหลมาตามน้ำ ไม่ให้ไหลลงไปทับถมบ่อน้ำประจำไร่นา ทำให้อายุการใช้งานของบ่อน้ำยาวนานขึ้น และเป็นการรักษาคุณภาพของน้ำ สร้างเหนือพื้นที่อ่างเก็บน้ำ ก่อนที่น้ำจะพัดพาตะกอนดินไหลลงสู่อ่างเก็บน้ำ ซึ่งทำให้อ่างเก็บน้ำตื้นเขินอย่างรวดเร็ว

8) ทางลำเลียงในไร่นา (farm road) คือ ทางลำเลียงในไร่นา หมายถึง ทางลำเลียงที่สร้างโดยการทำคันดินให้มีขนาดใหญ่สำหรับใช้เป็นทางลำเลียงผลผลิตผลการเกษตรสู่ตลาด เพื่อความสะดวกในการขนส่งผลผลิตจากพื้นที่ เกษตรสู่ตลาด และเพื่อเป็นถนนให้เครื่องจักรกลเข้าทำงานในพื้นที่เพาะปลูก ใช้ในพื้นที่ทำการเกษตรที่มีความลาดเท 2-12 เปอร์เซ็นต์

9) การไถพรวนน้อยครั้ง (minimum tillage) คือ การไถพรวนน้อยครั้งเป็นการไถพรวนในขั้นตอนของการเตรียมดิน สำหรับการปลูกพืชที่เน้นให้มีจำนวนครั้งของการไถพรวนน้อยที่สุด เพื่อป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน และการอัดแน่นเป็นแผ่นแข็งของผิวดิน ประหยัดพลังงาน และแรงงานในการเตรียมดินปลูกพืช เหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่มีดินร่วน ดินร่วนปนทราย และมีการระบายน้ำดี และไม่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่มีดินเนื้อละเอียด เช่น ดินร่วนปนดินเหนียว ดินทรายแป้ง และดินเหนียวที่มีการระบายน้ำไม่ดี

10) การปลูกพืชโดยไม่ไถพรวน (no-tillage) คือ การปลูกพืชแบบไม่ไถพรวนเป็นการปลูกพืชโดยไม่มีการไถพรวนดินในขั้นตอนการเตรียมดินเลย ช่วยให้ปริมาณธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุยังคงอยู่ในดิน ไม่ถูกชะล้าง สงวนรักษาความชื้นของดิน และควบคุมอุณหภูมิบริเวณผิวดินในตอนกลางวันไม่ให้ร้อนจัดเกินไป รวมทั้งช่วยรักษาโครงสร้างทางกายภาพของดิน เช่น ความหนาแน่นของดินไม่ให้เกิดความแน่นทึบจากการใช้เครื่องจักรกลการเกษตร ไม่เหมาะสมสำหรับดิน ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และดินควรมีการระบายน้ำดี ไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชที่มีหัวใต้ดิน ควรใช้หรือมีวัสดุคลุมดินจึงจะได้ผล รวมทั้งช่วงการปลูกพืช ดินควรมีความชื้นพอดีไม่เปียกแฉะจนเกินไป

3.8.2 มาตรการวิธีพืช (Vegetative measure) เป็นมาตรการที่คำนึงถึงหลักการในลักษณะเป็นตัวสกัดกั้นพลังน้ำฝนและอัตราการชะล้าง ที่มีอิทธิพลต่อการกัดเซาะหน้าดินโดยตรง ซึ่งพืชพรรณในที่นี้นอกจากเหนือจากพืชเศรษฐกิจแล้ว ยังมีพืชตระกูลหญ้า ตระกูลถั่ว ไม้พุ่ม หรือไม้ป่าด้วย มาตรการทางพืชให้เหมาะสมตามชั้นสมรรถนะดิน มีหลายวิธีดังต่อไปนี้เช่น

1) การปลูกพืชคลุมดิน (cover cropping) คือ การปลูกพืชที่มีใบหนาหรือมีระบบรากแน่นสำหรับคลุมและยึดดินเช่น พืชตระกูลถั่วหรือตระกูลหญ้า ซึ่งเมื่อปลูกแล้วจะปกคลุมผิวดิน ช่วยควบคุมการชะล้างพังทลายของดินและปรับปรุงบำรุงดิน เช่น การปลูกคลุมดินในสวน ไม้ผล และปลูกบนพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงเกิน 20 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ดินเลว ควรปลูกพืชตระกูลหญ้า และพืชตระกูลถั่วคลุมดิน

2) การปลูกพืชหมุนเวียน (crop rotation) คือ การปลูกพืชต่างชนิดกันบนพื้นที่เดียวกัน โดยสลับหมุนเวียนกันไป และการใช้ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพ ให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ และความสามารถในการให้ผลผลิตพืชสูงระยะเวลานาน ช่วยหมุนเวียนการใช้ธาตุอาหารของพืช และเพิ่มรายได้แก่เกษตรกรโดยตรง สามารถควบคุมการระบาดของโรคแมลง และวัชพืช ใช้พืชที่มีระบบรากลึกสลับกับพืช ที่มีระบบรากตื้น และใช้พืชเศรษฐกิจหมุนเวียนกับพืชตระกูลถั่วหรือพืชตระกูลหญ้า

3) การปลูกพืชตามแนวระดับคือ การไถพรวน หว่าน ปลูก และเก็บเกี่ยวพืช ขนานไปตามแนวระดับเดียวกัน ขวางความลาดเทของพื้นที่ เพื่อลดอัตราการแตกกระจายและพัดพาดิน การปลูกพืชตามแนวระดับที่ประสิทธิภาพดีที่สุด ควรปฏิบัติบนพื้นที่ความลาดเทระหว่าง 2-7 เปอร์เซ็นต์ และระยะของความลาดเทไม่ควรเกิน 100 เมตร

4) การปลูกพืชสลับเป็นแถบคือ การปลูกพืชต่างชนิดบนพื้นที่เดียวกันขวางความชันของพื้นที่หรือตามแนวระดับ (contour) เป็นแถบ (band หรือ strip) ใช้ในพื้นที่ที่มีความลาดเทต่ำกว่า 12 เปอร์เซ็นต์ และความยาวของความลาดเทเกินกว่า 15 เมตร สามารถลดการชะล้างพังทลายได้ถึง 75 เปอร์เซ็นต์

5) การปลูกพืชแซม (intercropping) การปลูกพืชแซมเป็นการปลูกพืชตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปบนพื้นที่ในเวลาเดียวกัน โดยทำการปลูกพืชที่สองแซมลงในระหว่างแถวของพืชแรกหรือพืชหลัก ช่วยลดการระเหยน้ำจากผิวดิน ลดการเสี่ยงต่อความเสียหายของพืชที่จะเกิดขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตต่อพื้นที่ให้สูงขึ้น โรค แมลงและวัชพืชลดลง พืชแซมควรมีอายุสั้นกว่าพืชหลัก เป็นพืชตระกูลถั่ว ระบบรากของพืชหลักและพืชแซมควรมีระดับที่แตกต่างกัน การปลูกพืชแซมควรเลือกพืชที่สามารถทำรายได้ดี

6) การปลูกพืชเหลื่อมฤดู (relay cropping) คือ การปลูกพืชเหลื่อมฤดูเป็นการปลูกพืชต่อเนื่องคาบเกี่ยวกัน โดยการปลูกพืชที่สองระหว่างแถวของพืชแรก ในขณะที่พืชแรกให้ผลผลิตแต่ยังไม่แก่เต็มที่ เป็นการเพิ่มรายได้ต่อพื้นที่มากขึ้น และพืชแรกจะเป็นพืชที่เลี้ยงให้กับพืชที่สอง เช่น ช่วยเป็นร่มเงาเป็นค้ำหรือเป็นวัสดุคลุมดิน รวมทั้งสามารถใช้พื้นที่ เวลา ความชื้น และปุ๋ยเคมีที่ตกค้างในดินให้เป็นประโยชน์กับพืชที่จะปลูกตามมา พืชที่สองควรเป็นพืชตระกูลถั่วอายุสั้น หน่อร่มเงา ทั้งนี้พืชแรกและพืชที่สองควรเป็นพืชต่างตระกูลเพื่อขจัดปัญหาโรค และแมลงสะสม รวมทั้งใช้ได้ทุกสภาพพื้นที่

7) คันซากพืช (contour trash line) คันซากพืชเป็นการนำซากพืชที่เกิดจากการบุกเบิกพื้นที่หรือที่เหลือหลังการเก็บเกี่ยวแล้ว เพื่อช่วยลดความเร็วของน้ำไหลบ่า และดักตะกอนดิน ควรใช้เศษเหลือของพืชให้เกิดประโยชน์ในการปรับปรุงบำรุงดิน มาวางสุมให้สูงประมาณ 50 เซนติเมตร เป็นคันตามแนวระดับไว้เป็นระยะ ๆ ห่างกันประมาณ 20-40 เมตร หรือตามแนวคันดิน ควรดำเนินการ ในขณะที่บุกเบิกพื้นที่ใหม่

8) หญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน (2567) การบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะทรัพยากรดิน ซึ่งมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตของมนุษย์ พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ทรงให้ความสำคัญและมีพระราชดำริตั้งแต่ปี พ.ศ.2534 ให้นำหญ้าแฝก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty ชื่อสามัญคือ Vetiver Grass ซึ่งเป็นพืชที่มีคุณลักษณะพิเศษมีรากยาว หยั่งลึก

แฝงกระจายเป็นตาข่ายลงไปดินเหมือนเป็นกำแพงธรรมชาติที่มีชีวิตมาใช้แก้ปัญหาการกร่อนของดินอย่างต่อเนื่อง ทรงเน้นความสำคัญของหญ้าแฝกในการอนุรักษ์ดินและน้ำ การปลูกหญ้าแฝกเพื่อป้องกันการกร่อนของดินพื้นที่ลาดชัน ควรปลูกเป็นแถวเดียวตามแนวระดับขวางความลาดเทของพื้นที่ เพื่อชะลอการไหลบ่าของน้ำ และดักตะกอนดินจากพื้นที่ด้านบน และยังช่วยทำให้น้ำมีโอกาสซึมลงดินมากขึ้น ส่วนระยะห่างระหว่างแถวของหญ้าแฝกขึ้นกับความชันของพื้นที่ ยิ่งพื้นที่มีความชันสูงจะปลูกหญ้าแฝกโดยให้มีระยะระหว่างแถวน้อยลง จำนวนแถวจะถี่ขึ้น หรือปลูกร่วมกับวิธีกล เช่น ปลูกหญ้าแฝกตามแนวขอบขั้นบันไดดิน เพื่อให้หญ้าแฝกช่วยลดการกร่อนของดินได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สำหรับพื้นที่ระหว่างแถวหญ้าแฝกสามารถปลูกพืชหลักได้ด้วย

หญ้าแฝก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty ชื่อสามัญคือ Vetiver Grass เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยววงศ์หญ้าชนิดหนึ่งเช่นเดียวกับ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อย พบกระจายอยู่ทั่วไปตามภาคต่าง ๆ ของประเทศ สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินเกือบทุกชนิด ทนต่อสภาพความแห้งแล้ง และสภาพน้ำท่วมขังได้ดี สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพภูมิประเทศที่เป็นที่ราบใกล้เคียงระดับทะเล ถึงพื้นที่ภูเขาสูงที่ระดับ 2,000 เมตร จากระดับน้ำทะเล หรือในพื้นที่ดินเปรี้ยว ดินด่าง ดินเค็ม ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ รวมทั้งพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำ ฝนน้อย 200 มิลลิเมตร ถึงพื้นที่ที่มีฝนตกชุกถึง 5,000 มิลลิเมตร และพื้นที่สภาพภูมิอากาศ หนาวเย็น -9 องศาเซลเซียส ถึงอากาศร้อนจัด 45 องศาเซลเซียส เป็นพืชที่มีระบบรากลึกและแฝงกระจายลงไป ในดินตรง ๆ มีอายุหลายปี ขึ้นเป็นกอใหญ่ ขนาดของกอประมาณ 8-14 เซนติเมตร มีความสูงของลำต้นประมาณ 100-200 เซนติเมตร ใบแคบยาวประมาณ 35-100 เซนติเมตร กว้าง 0.4-1.2 เซนติเมตร มีรากเป็นกระจุก

พันธุ์หญ้าแฝกในประเทศไทย กรมพัฒนาที่ดินและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ทำการสำรวจและเก็บตัวอย่างหญ้าแฝกทั่วประเทศ สามารถจัดแบ่งได้เป็น 2 ชนิด ได้แก่ หญ้าแฝกลุ่มและหญ้าแฝกดอน นอกจากนี้กรมพัฒนาที่ดินได้ทำการคัดเลือกในเบื้องต้นพบว่าพันธุ์ที่มีลักษณะเด่น น่าสนใจในการนำไปใช้ประโยชน์ในการอนุรักษ์ดินและน้ำ มีทั้งหมด 28 พันธุ์ ดังนี้

หญ้าแฝกลุ่ม 11 พันธุ์ ได้แก่ กำแพงเพชร 2 เชียงราย สงขลา 1 สงขลา 2 สงขลา 3 สุราษฎร์ธานี ตรัง 1 ตรัง 2 ศรีลังกา เชียงใหม่ และพันธุ์แม่ฮ่องสอน

หญ้าแฝกดอน 17 พันธุ์ ได้แก่ อุดรธานี 1 อุดรธานี 2 นครพนม 1 นครพนม 2 ร้อยเอ็ด ชัยภูมิ เลย สระบุรี 1 สระบุรี 2 ห้วยขาแข้ง กาญจนบุรี นครสวรรค์ ประจวบคีรีขันธ์ ราชบุรี จันทบุรี พิชณุโลก และพันธุ์กำแพงเพชร 1

ต่อมากรมพัฒนาที่ดินได้ศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโต และคัดเลือกพันธุ์หญ้าแฝกที่มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการอนุรักษ์ดินและน้ำ สามารถเจริญเติบโตเหมาะสมกับสภาพท้องถิ่น ได้แนะนำและรณรงค์ส่งเสริม การนำไปใช้ประโยชน์ จำนวน 10 พันธุ์ แบ่งเป็นหญ้าแฝกลุ่ม 4 พันธุ์ และหญ้าแฝกดอน 6 พันธุ์

นอกจากพันธุ์หญ้าแฝกในประเทศไทยแล้ว มีการนำหญ้าแฝกกลุ่มจากต่างประเทศเข้ามาหลายพันธุ์ เช่น พันธุ์ศรีลังกา พันธุ์อินเดียเหนือ (พระราชทาน) พันธุ์อินเดียใต้ (เขาค้อ) พันธุ์อินโดนีเซีย พันธุ์ไทปิง

พันธุ์ญี่ปุ่น พันธุ์บราซิล พันธุ์แก้วเตมาลา พันธุ์มอนโตและพันธุ์ฟิจิ ซึ่งพันธุ์ต่าง ๆ เหล่านี้ มีอยู่ 2 พันธุ์ที่เหมาะสมและนำมาใช้ส่งเสริมเพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์ดินและน้ำทางภาคเหนือ คือ พันธุ์ศรีลังกา และพันธุ์อินเดียเหนือ (พระราชทาน)

การปลูกหญ้าแฝกเพื่อป้องกันการกร่อนของดิน พื้นที่ลาดชัน ควรปลูกเป็นแถวเดี่ยวตามแนวระดับขวางความลาดเทของพื้นที่ เพื่อชะลอการไหลบ่าของน้ำ และดักตะกอนดินจากพื้นที่ด้านบน และยังช่วยทำให้น้ำมีโอกาสซึมลงดินมากขึ้น ส่วนระยะห่างระหว่างแถวของหญ้าแฝกขึ้นกับความชันของพื้นที่ ยิ่งพื้นที่ที่มีความชันสูงจะปลูกหญ้าแฝกโดยให้มีระยะระหว่างแถวน้อยลง จำนวนแถวจะถี่ขึ้น หรือปลูกร่วมกับวิธีกล เช่น ปลูกหญ้าแฝกตามแนวขอบขั้นบันไดดินเพื่อให้หญ้าแฝกช่วยลดการกร่อนของดินได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สำหรับพื้นที่ระหว่างแถวหญ้าแฝกสามารถปลูกพืชหลักได้ด้วย

ผลจากการดำเนินงานของกรมพัฒนาที่ดิน พบว่า มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่ดอนและพื้นที่สูง ที่นับว่ามีประสิทธิภาพในการป้องกันตะกอนดินไม่ให้ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ คือ แนวหญ้าแฝกและคูรับน้ำขอบเขา (hillside ditch) ซึ่งจะมีระยะห่างระหว่างแนวอนุรักษ์ผันแปรไปตามระยะห่างในแนวตั้ง (vertical interval, V.I.) แต่เมื่อนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบการปลูกพืชไร่หรือพืชชนิดต่าง ๆ โดยเฉพาะการปลูกข้าวโพดที่มีความจำเป็นจะต้องมีการไถพรวนดิน พบว่า ระยะระหว่างแถบบนอนุรักษ์ดังกล่าวเป็นอุปสรรคต่อการไถพรวนเพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับปลูกพืช เกษตรกรจึงจำเป็นต้องเอาระบบอนุรักษ์ดินและน้ำนั้นออกจากพื้นที่ นอกจากนี้ ยังพบว่าในพื้นที่ทำการปลูกข้าวโพดที่อยู่ระหว่างแถบบนอนุรักษ์ดินและน้ำ ยังคงเกิดกระบวนการชะล้างพังทลายของผิวดิน จึงทำให้พื้นที่ดังกล่าวสูญเสียความอุดมสมบูรณ์อย่างรวดเร็ว

4. สรุปสาระสำคัญ ขั้นตอนการดำเนินการ และเป้าหมายของงาน

4.1 บทคัดย่อ

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินในระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบมีส่วนร่วมของเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำมวบ ลุ่มน้ำสาขาน้ำยาว (2) ลุ่มน้ำหลักแม่น้ำน่าน บ้านตอง ตำบลแม่จริมอำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน ซึ่งอยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 55 ชุดดินวังสะพุง (Wang Saphung series: Ws) ระยะเวลาดำเนินการระหว่างปี พ.ศ. 2559-2561 วัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินตามกลุ่มเนื้อดิน ศึกษาการสูญเสียดินและธาตุอาหารพืชเมื่อมีการใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน และศึกษาเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในพื้นที่มีระบบ และไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำวางแผนการทดลองแบบ Split Plot in Randomized Complete Block Design จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วยปัจจัยหลักคือ ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ สำหรับปัจจัยรองประกอบด้วย 4 วิธีการ ดังนี้ 1) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 2) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์+เงาะ 3) ข้าวไร่ และ 4) ข้าวไร่+เงาะ

ผลการศึกษาพบว่า ลักษณะดินในพื้นที่เป็นดินเนื้อละเอียด เนื้อดินเป็นดินร่วนปนดินเหนียว ดินมีสภาพการระบายน้ำดี การซึมผ่านได้ของน้ำอยู่ในระดับปานกลาง การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินเร็ว ดินลึกปานกลางถึงชั้นหินพื้น เศษหิน ก้อนกรวดหรือลูกรัง ทำให้เกิดขาดแคลนน้ำ และเกิดการชะล้าง

พังทลายสูญเสียหน้าดินในพื้นที่ลาดชัน สมบัติทางเคมีของดิน มีค่าพีเอชของดิน ที่ระดับกรดจัดถึงกรดจัดมาก (pH 4.6-5.2) มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูงมาก มีค่าเท่ากับ 63.5-76.92 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ เท่ากับ 99.33-172.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในเกณฑ์ระดับสูงถึงสูงมาก สำหรับสมบัติทางกายภาพของดิน พบว่าความหนาแน่นรวมของดิน ในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (ลดลงจาก 1.83 เป็น 1.23 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) มีค่าต่ำกว่าพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (ลดลงจาก 1.73 และ 1.31 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลอง ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่า 1.29-1.32 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ความหนาแน่นของอนุภาคดิน พื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (ลดลงจาก 2.32 เป็น 2.24 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) มีค่าต่ำกว่าพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (เพิ่มขึ้นจาก 2.24 เป็น 2.34 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) ความพรุนรวมของดิน ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าลดลงจาก 48.36 เป็น 42.86 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีค่าลดลงน้อยกว่าในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ลดลงจาก 49.20 เป็น 40.18 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จะเห็นได้ว่าการใช้คูรับน้ำขอบเขา จะส่งผลต่อค่าความพรุนรวมของดินดีกว่าพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ทั้งนี้ค่าความพรุนรวมของดิน ที่สูงจะเป็นค่าที่ดี เป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถของดินในการกักเก็บน้ำและอากาศ จะส่งผลต่อการระบายน้ำ การถ่ายเทอากาศ การซึมผ่านของน้ำ และการเจริญเติบโตของพืช เมื่อวัดการสูญเสียดินและธาตุอาหาร ในพื้นที่ศึกษา มีความลาดชัน 37 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการใช้หมุดปัก (Erosion stake) นั้น พบว่าวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำในระบบการปลูกพืชต่าง ๆ มีการสูญเสียดินเฉลี่ย 8.73 ต้นต่อไร่ต่อปี เป็นการสูญเสียดินระดับปานกลาง ตามเกณฑ์การแบ่งอัตราการสูญเสียดินของกรมพัฒนาที่ดิน (มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์) ในขณะที่การปลูกพืชแบบไม่มีวิธีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีการสูญเสียดินเฉลี่ย 23.04 ต้นต่อไร่ต่อปี มีการสูญเสียดินระดับรุนแรงมาก สำหรับการสูญเสียดินและธาตุอาหารพืชเมื่อมีการใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน การสูญเสียธาตุอาหารที่ติดไปกับตะกอนดิน ถ้ามีวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 12.00 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป ในรูปของ P_2O_5 เท่ากับ 3.78 กิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมในรูปของ K_2O เท่ากับ 4.70 กิโลกรัม แต่หากไม่มีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำจะมีค่าเฉลี่ยการสูญเสียธาตุอาหารในดินมากกว่า คือ ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 32.14 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป ในรูป P_2O_5 เท่ากับ 11.19 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมในรูปของ K_2O เท่ากับ 14.41 กิโลกรัมต่อไร่ มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสูญเสียธาตุอาหารหลักของพืชในดินของพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (คูรับน้ำขอบเขา) คิดเป็นจำนวนเงิน 708 บาทต่อไร่ ในขณะที่พื้นที่ไม่มีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ การสูญเสียมีมูลค่ามากกว่า คิดเป็นจำนวนเงิน 2,019 บาทต่อไร่ การศึกษานี้เป็นการศึกษาเบื้องต้นในด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจและข้อมูลปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียไป จึงเลือกวิธีการปลูกข้าวโพดที่มีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ จะให้ผลตอบแทนรายได้ที่คุ้มต่อการลงทุนมากที่สุด ได้ผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร 2,869 บาทต่อไร่ การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบมีส่วนร่วม ในการลดการสูญเสียดินและธาตุอาหาร พร้อมทั้งเพิ่มผลตอบแทนทาง

เศรษฐกิจอย่างมีนัยสำคัญ ทั้งนี้ การศึกษาเชิงลึกด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจจึงมีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อพัฒนาระบบการเกษตรบนพื้นที่สูง ให้มีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

4.2 Abstract

The study of Physical Soil Properties under Participatory Soil and water conservation System in Nam Muap and Nam Yao (2) Sub-watershed, Mae Nam Nan Basin, Ban Thong, Mae Jarim District, Nan Province, which was conducted during the year 2016-2018 in soil series group No. 55 (Wang Saphung Series: Ws). The objectives were to examine the physical and chemical properties of soil according to soil texture groups, assess soil and plant nutrients loss under different land uses, and compare the economic returns between areas with and without soil and water conservation systems. The experimental design followed a split-plot in a Randomized Complete Block Design with three replications. The main factors were the areas with and without soil and water conservation systems. The sub-factors included four cropping methods: (1) maize, (2) maize + rambutan, (3) upland rice, and (4) upland rice + rambutan.

The results found that the soil in the study area is fine-textured, clay loam, well-drained, with moderate soil permeability, rapid surface runoff, and moderate soil depth to bedrock, rock fragments, gravel, or laterite. These conditions contribute to water shortages and soil erosion, especially in steep areas. The chemical properties of the soil include: soil reaction is very strongly to strongly acid (pH 4.6-5.2), available phosphorus is very high, 63.5-76.92 mg/kg, extractable potassium is 99.33-172.33 mg/kg, which is in the high to very high level. The soil physical properties showed that the bulk density in the area without conservation systems decreased from 1.83 to 1.23 g/cm³, which was lower than the area with soil and water conservation systems (decreased from 1.73 to 1.31 g/cm³). A statistically significant difference was observed when comparing the experimental designs. In the area with soil and water conservation systems, the value was 1.29-1.32 g/cm³, with no statistically significant difference. Soil particle density in areas without conservation systems (decreased from 2.32 to 2.24 g/cm³) was lower than in areas with conservation systems (increased from 2.24 to 2.34 g/cm³). The soil porosity in areas with conservation systems decreased from 48.36 to 42.86 percent by volume, which was less than in areas without conservation systems, which decreased from 49.20 to 40.18 percent by volume. These findings suggest that the hillside ditch positively affects soil porosity than areas without conservation systems. High soil porosity is beneficial, indicating the soil's ability to retain water and air, which supports

drainage, aeration, infiltration, and plant growth. Measuring soil and nutrient loss in the study area on slopes averaging 37 percent by using the Erosion stake method found that soil and water conservation methods in various cropping systems resulted in average soil loss of 8.73 tons/rai/year, which is a moderate level according to Land Development Department soil loss criteria (statistically significant at the 95 percent confidence level). In contrast, area without conservation systems experienced severe soil loss, averaging 23.04 tons/rai/year. Soil and plant nutrient loss attached to soil sediment in different land uses was also assessed: the area with conservation system had an amount of nitrogen (Total N) loss of 12.00 kg/rai, phosphorus loss in the form of P_2O_5 of 3.78 kg/rai, and potassium loss in the form of K_2O of 4.70 kg/rai. While the area without conservation systems has a higher amount of average nutrient loss, the amount of nitrogen loss (Total N) is 32.14 kg/rai, phosphorus loss (P_2O_5) is 11.19 kg/rai, and potassium loss (K_2O) is 14.41 kg/rai. The economic value of primary soil plant nutrients loss in the area with conservation systems (Hillside ditches) was estimated at 708 baht/rai. However, in an area without conservation systems, the loss is greater, amounting to 2,019 baht per rai. This study is a preliminary study of economic returns and sediment loss, which determined that the corn with soil and water conservation systems provides the most worthwhile return on investment, with a return above variable costs of 2,869 baht per rai. This study highlights the effectiveness of participatory soil and water conservation systems in reducing soil and nutrient loss and improving economic returns. Further in-depth economic analysis is essential for developing efficient highland agricultural systems in the future.

4.3 หลักการและเหตุผล

4.3.1 ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

กรมพัฒนาที่ดินปี พ.ศ.2566 ดำเนินงานวางแผนการใช้ที่ดินระดับตำบลแม่จริม อำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน มีพื้นที่ประมาณ 262 ตารางกิโลเมตร หรือ 163,472 ไร่ ลักษณะพื้นที่ทั่วไปส่วนใหญ่เป็นพื้นที่สูงชัน สภาพพื้นที่ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย ลูกคลื่นลอนลาด ลูกคลื่นลอนชัน และพื้นที่สูงชัน พื้นที่ตำบลเป็นภูเขาสลับซับซ้อนและสูงชันสลับกับที่ราบเชิงเขาลุ่มน้ำมวบ พื้นที่ตอนกลางของตำบลตั้งอยู่ในอุทยานแห่งชาติดอยภูคา เป็นส่วนหนึ่งของลุ่มน้ำน่าน มีแหล่งน้ำที่สำคัญ เช่น น้ำมวบ น้ำมวบ น้ำฟ้า ห้วยกลาง ห้วยแม่จริม สภาพการใช้ที่ดิน ส่วนใหญ่เป็นภูเขาและที่สูง พื้นที่ป่าไม้ มีเนื้อที่ 133,449 ไร่ หรือร้อยละ 81.63 ของพื้นที่ตำบล พื้นที่เกษตรกรรมมีเนื้อที่ 28,401 ไร่ หรือร้อยละ 17.38 ของพื้นที่ตำบล ปลูกพืชเชิงเดี่ยว ไร่หมุนเวียน มีเนื้อที่ 13,292 ไร่ หรือร้อยละ 8.14 ของพื้นที่ตำบล ได้แก่ ไร่หมุนเวียนร้าง ข้าวโพด (ไร่หมุนเวียน) และข้าวโพด (ไร่หมุนเวียน) ข้าวไร่ (ไร่หมุนเวียน) โดยพื้นที่ดังกล่าว มีโอกาสที่จะทำให้เกิดการพังทลายหน้าดินสูง เมื่อเข้าสู่ฤดูกาลเพาะปลูก เกษตรกรจะทำการบุกเบิกพื้นที่ มักใช้วิธีการเผาพื้นที่ป่าเดิม หรือพื้นที่การเกษตรเดิม เนื่องจากสะดวก ประหยัดแรงงาน ใช้เวลารวดเร็ว หลังจากนั้นจะเข้าไปทำการเพาะปลูก ทำให้เกิดการทำลายสิ่งแวดล้อม และนำมาซึ่งความเสื่อมโทรมของดิน จากการชะล้างพังทลาย ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ และคาร์บอนในรูปอินทรีย์วัตถุในดินไปกับกระแส น้ำ กรมพัฒนาที่ดิน มีโครงการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ การปรับปรุงบำรุงดิน และส่งเสริมการปลูกไม้ยืนต้น ในพื้นที่บ้านตอง ตำบลแม่จริม อำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน แต่เกษตรกรในชุมชนยังขาดความรู้ ความเข้าใจในการดูแลและการมีส่วนร่วมในการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมกับพื้นที่ เพื่อให้โครงการนี้เกิดความยั่งยืน ดังนั้นควรมีการศึกษาข้อมูลพื้นฐานสมบัติทางกายภาพของดิน ซึ่งสามารถ บ่งบอกถึงปริมาณการสูญเสียดิน และปริมาณธาตุอาหารจากการพังทลายของดินในพื้นที่ ผลตอบแทนทาง เศรษฐกิจ ด้านการมีส่วนร่วมกับเกษตรกรที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน รวมทั้งให้เกษตรกรสร้างความตระหนักในการอนุรักษ์ดินและน้ำ มีการใช้ที่ดินให้เกิดประสิทธิภาพยั่งยืน

4.3.2 การชะล้างพังทลายของดิน

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดิน มีทั้งปัจจัยจากกิจกรรมการใช้ที่ดินของมนุษย์ และปัจจัยทางธรรมชาติ ได้แก่ สภาพอากาศ ปริมาณน้ำฝน ลักษณะภูมิประเทศความลาดชันของพื้นที่ ลักษณะพืชพรรณที่ขึ้นปกคลุมพื้นที่คุณสมบัติของดินและการจัดการดิน ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้มีผลต่อการ สูญเสียอนุภาคของดินจากพื้นที่เป็นอย่างมากน้ำฝนและน้ำไหลบ่าหน้าดินเป็นตัวการที่สำคัญที่ทำให้เกิด กระบวนการชะล้างพังทลายของดิน ซึ่งความรุนแรงของเม็ดฝนทำให้อนุภาคของดินแตกกระจายและน้ำไหล บ่าหน้าดินจะเป็นตัวพัดพาเอาอนุภาคของดินที่แตกกระจายออกไปจากพื้นที่ (สมเจตน์, 2522) สมการสูญเสีย ดินสากล (USLE) ยังคงมีการใช้กันอย่างกว้างขวางมากในการประเมินปริมาณการสูญเสียดินและการวางแผน อนุรักษ์ดินให้เหมาะสมกับอัตราการสูญเสียดิน และชนิดของพืชที่ปลูก ช่วยในการปรับปรุงและบำรุงดิน ซึ่งสมการดังกล่าวก็สามารถใช้ประเมินอัตราการชะล้างพังทลายของดินรายปีได้ดีเป็นที่น่าพอใจ แม้ว่าใน

ปัจจุบันจะมีการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปที่ใช้ในการประเมินการสูญเสียดินที่มีรายละเอียด ในการพิจารณาประเมินแตกต่างกันออกไป แต่หลักการก็ยังคงอยู่กับปัจจัยที่อ้างถึงในสมการสูญเสียดินสากล (USLE) กรมพัฒนาที่ดิน ได้มีการกำหนดจากข้อพิจารณาทั้งหมดข้างต้นสามารถกำหนดปริมาณการสูญเสียดินสูงสุดที่ยอมรับได้สำหรับดินในประเทศไทยเป็น 2 ตันต่อไร่ต่อปี หรือเทียบเท่ากับ 0.96 มิลลิเมตรต่อปี การสูญเสียในระดับนี้จะไม่ทำให้สมรรถนะของดินสำหรับการเกษตรเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลา 25 ปี ค่าการสูญเสียดินที่สูงกว่าระดับนี้จะมีผลเสียหายต่อคุณภาพดินและผลผลิตพืชในระยะยาว (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

การประเมินอัตราการกร่อนของดินสามารถทำได้ 2 วิธีการ ได้แก่ วิธีการแรกคือ การประเมินด้วยวิธีทางตรง โดยการวัดหาปริมาณตะกอนดินที่เกิดจากการกร่อนและชะพาของน้ำในแปลงศึกษา วิธีการนี้ให้ผลการศึกษาที่ค่อนข้างแม่นยำ แต่มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินการสูงและการปฏิบัติค่อนข้างยุ่งยาก จึงเหมาะสำหรับพื้นที่ศึกษาขนาดเล็ก วิธีการที่สองคือ การประเมินด้วยวิธีทางอ้อม หากต้องการประเมินอัตราการกร่อนของดินในพื้นที่ขนาดใหญ่ มักใช้การคำนวณด้วยสมการการสูญเสียดินสากล ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลในการคำนวณสำหรับตัวแปรหลายตัว และหากต้องการผลการคำนวณที่มีความแม่นยำสูงอาจต้องมีการปรับแก้ค่าตัวแปรในสมการ ซึ่งมีความซับซ้อน (สุเมท และภัทรารุณ, 2559) ต่อมาในระยะหลังได้มีการศึกษาโดยใช้หมุด (erosion pin หรือ erosion stake) ที่ทำขึ้นมาจากโลหะปลอดสนิมฝังลงในดินบริเวณที่ต้องการศึกษา ซึ่งตั้งแต่ปี พ.ศ. 2493 ได้มีการวัดการสูญเสียดินโดยวิธีการใช้หมุดนี้เป็นเครื่องมือวัดการกร่อนของดินในพื้นที่ที่มีความลาดชัน และถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Schumm (1956) อ้างโดย Goudie *et al.* (1990) โดยเริ่มแรกหมุดที่ใช้สร้างขึ้นจากไม้ และพัฒนามาเป็นการใช้แท่งเหล็กมากขึ้น เนื่องจากมีความแข็งแรงและทนทานมากกว่า ทั้งนี้หมุดควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5 มิลลิเมตร แท่งเหล็กความยาว 60 เซนติเมตร และไม่สีกกร่อน นอกจากนี้ควรปักหมุดลงในดินให้ลึกมากพอเพื่อลดความเสี่ยงและการถูกรบกวนโดยสัตว์ในดินและมนุษย์ โดยอาณู และสุธาสิณี (2554) ได้ศึกษาการสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกยางพารา อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง ใน 3 พื้นที่ที่มีความลาดชันแตกต่างกัน คือ พื้นที่ที่มีความลาดชันเฉลี่ย 37.23 46.89 และ 52.69 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการใช้หมุดปัก (erosion stake) เป็นระยะเวลา 1 ปี พบว่า สวนยางพาราที่มีความลาดชันเฉลี่ย 52.69 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียดินสูงถึง 137.6 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ซึ่งถือว่าเป็นการสูญเสียดินระดับสูงตามเกณฑ์อัตราการสูญเสียดินของกรมพัฒนาที่ดิน รองลงมาคือสวนยางพาราที่มีความลาดชันเฉลี่ย 46.89 และ 37.23 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณการสูญเสียดิน 80.2 และ 60.2 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ ซึ่งถือว่าเป็นการสูญเสียดินระดับปานกลาง และสวนยางพาราที่มีความลาดชันเฉลี่ย 52.69 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียธาตุอาหารรวม (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม) เฉลี่ยต่อปีมากที่สุด 238.1 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี หรือคิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจเท่ากับ 3,097.50 บาทต่อเฮกตาร์ต่อปี รองลงมาคือ สวนยางพาราที่มีความลาดชันเฉลี่ย 46.89 และ 37.23 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียธาตุอาหารรวม 154.9 และ 86.26 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี หรือคิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจเท่ากับ 1,933.01 และ 1,111.95 บาทต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ

4.3.3 การสูญเสียธาตุอาหารจากการปลูกพืชไร่

ปัทมา (2547) รายงานการสูญเสียธาตุอาหาร (N P และ K) ของแปลงมันสำปะหลังแปลงย่อย ในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่ลูกคลื่นของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนี้คือ ปริมาณธาตุอาหารหลักมีสูงในตะกอนดิน (0.2-15 กก.ต่อเฮกตาร์ต่อปี สำหรับ N และ 0.1-3 กก.ต่อเฮกตาร์ต่อปี สำหรับ P) มากกว่าในน้ำไหลบ่า นอกจาก K ที่สูงกว่าในน้ำไหลบ่า โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่มีปริมาณในน้ำไหลบ่ามากที่สุดในการใช้ที่ดินทุกประเภท (10-90 กิโลกรัมต่อเฮกตาร์ต่อปี)

ธนภูมิ (2552) ได้ศึกษาผลของรูปแบบวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่สูงต่อการลดน้ำไหลบ่าบนผิวดิน และลดการคายระเหยภายใต้รูปแบบการปลูกพืชเชิงอนุรักษ์ตามแนวระดับ 5 วิธี คือ (1) ปลูกพืชตามแนวระดับแบบเกษตรกรรม (Conventional Contour Planting, CP) (2) ปลูกพืชตามวิธีที่ (i) แล้วคลุมด้วยไม้ไผ่สานแบบห่าง (Contour Planting Mulched with Wide Screen Bamboo Mat, CP-BM) (3) ปลูกพืชในร่องตามแนวระดับแล้วคลุมดินในร่องด้วยกระเบื้องหญ้าคาในปีที่ 1 และไม้ไผ่สานแบบถี่ในปีที่ 2 (Contour Furrow Cultivation with Mulching, CF-M) (4) ปลูกพืชในร่องตามแนวระดับระหว่างแถบอนุรักษ์ไม้ผลผสมถั่วสโตโล (Contour Furrow Cultivation in Alley Cropping, CF-AL) และ (5) ปลูกพืชในร่องแล้วคลุมดินตามวิธีที่ (3) ระหว่างแถบอนุรักษ์ไม้ผลตามวิธีที่ (4) (Contour Furrow Cultivation with Mulching in Alley Cropping, CF-M-AL) ผลการศึกษาพบว่า การจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในวิธี CF-M-AL เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุด เนื่องจากส่งผลต่อสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณช่องว่างที่มีการระบายอากาศดี ปริมาณมวลเม็ดดินที่เสถียรทั้งหมด และอัตราการซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินคงที่อยู่ในเกณฑ์ที่ดี พืชมีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูง ส่งผลให้ผลผลิตมีค่าสูงที่สุด

ธนกร (2552) ได้ศึกษาขบวนการของน้ำและปริมาณผลผลิตภายใต้ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำสำหรับเขตรน้ำฝนบนที่สูง ได้แก่ น้ำที่ไหลบ่าบนผิวดิน (Surface Runoff, Ro) ปริมาณน้ำที่ค้างบนผิวใบพืช แล้วระเหยกลับสู่บรรยากาศ (Interception, In) และปริมาณน้ำที่ซึมลึกเลयरากพืช (Deep Drainage, Dp) ซึ่งพบว่า การปลูกพืชในร่องระหว่างแถบอนุรักษ์ไม้ผลผสมถั่วสโตโล แล้วคลุมดินในร่องด้วยหญ้าแฝก เป็นวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ให้ผลผลิตข้าวโพดสูงที่สุด มีการกักเก็บน้ำ การซึมน้ำเข้าสู่ผิวดินที่คงที่สูงสุด และมีน้ำที่ไหลบ่าบนผิวดินต่ำที่สุด แต่ก็มีปริมาณน้ำที่สูญเสียไปกับการซึมลึกเลयरากพืชสูงที่สุด

4.3.4 การสูญเสียธาตุอาหารจากการปลูกพืชสวน

การเปรียบเทียบการสูญเสียดินและน้ำจากแปลงปลูกพืชระบบวนเกษตรกับการใช้ที่ดิน 3 รูปแบบ ได้แก่ แปลงควบคุม (ปล่อยว่างเปล่าในปีแรก) แปลงปลูกพืชเกษตร และแปลงปลูกสร้างสวนป่า บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภูเวียง จังหวัดขอนแก่น พบว่ารูปแบบของแปลงควบคุมมีการสูญเสียดินมากที่สุดคือ 22.3 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี รองลงมาได้แก่ แปลงปลูกพืชเกษตร แปลงปลูกพืชระบบวนเกษตร และแปลงปลูกสร้างสวนป่า มีการสูญเสียดินเท่ากับ 12.0 9.5 และ 0.7 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ ส่วนการสูญเสียน้ำพบว่า แปลงควบคุมมีการสูญเสียน้ำมากที่สุดเท่ากับ 271.3 มิลลิเมตรต่อปี รองลงมาได้แก่ แปลงปลูกพืชเกษตร แปลงปลูกพืชระบบวนเกษตร และแปลงปลูกสร้างสวนป่า โดยมีปริมาณการสูญเสียน้ำเท่ากับ 262.3 151.4

และ 56.4 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ (ศุภมิตร, 2539) และสอดคล้องกับงานของ Pansak *et al.*, 2008 โดยการปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวตามระดับขวางความลาดชัน จะเห็นผลดียิ่งขึ้นเมื่อหญ้าแฝกมีการเจริญและแตกกอขึ้นเต็มตลอดแนวจนไม่มีช่องว่าง ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพสูงสุด เพราะเมื่อมีน้ำไหลบ่าหรือมีการพัดพาดินไปกระทบแถวของหญ้าแฝก แฝกจะทำหน้าที่ชะลอความเร็วของน้ำลง และดักเก็บตะกอนดินไว้ เช่นเดียวกับ สุเมท และภัทรารุช (2559) รายงานการประเมินอัตราการสูญเสียดิน ปริมาณธาตุอาหารหลักของพืช และมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งเป็นผลมาจากการสูญเสียธาตุอาหารหลักของพืชในดิน รวมทั้งปริมาณผลผลิตและมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ศึกษาในบริเวณพื้นที่สูงจังหวัดน่าน ซึ่งมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำที่แตกต่าง พบว่าพื้นที่ศึกษาอัตราการสูญเสียดินในระดับรุนแรง แม้จะมีการดำเนินการอนุรักษ์ดินและน้ำในระบบคันดินแบบคูรับน้ำขอบเขา หรือระบบคันดินร่วมกับการปลูกหญ้าแฝก คือ ในดำรับการทดลองการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับระบบคันดิน มีการสูญเสียดินเฉลี่ย 8,224 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี (8.2 ตันต่อไร่ต่อปี) ขณะที่ดำรับการทดลองการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับระบบคันดิน แบบคูรับน้ำขอบเขา พร้อมปลูกหญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา มีการสูญเสียดินเฉลี่ย 5,577 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี (5.6 ตันต่อไร่ต่อปี)

ศุภมิตร (2539) ที่ได้เปรียบเทียบการสูญเสียดินและน้ำจากแปลงปลูกพืชระบบวนเกษตรกับการใช้ที่ดิน 3 รูปแบบ ได้แก่ แปลงควบคุม (ปล่อยว่างเปล่าในปีแรก) แปลงปลูกพืชเกษตร แปลงปลูกสร้างสวนป่า บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภูเวียง จังหวัดขอนแก่น พบว่า รูปแบบของแปลงควบคุมให้ค่าการสูญเสียดินมากที่สุดคือ 22.3 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี รองลงมาได้แก่ แปลงปลูกพืชเกษตร แปลงปลูกพืชระบบวนเกษตร และแปลงปลูกสร้างสวนป่า มีค่าการสูญเสียดินเท่ากับ 12.0, 9.5 และ 0.7 ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี ตามลำดับ ส่วนการสูญเสียน้ำพบว่า แปลงปลูกพืชเกษตรให้ค่าการสูญเสียน้ำมากที่สุดเท่ากับ 271.3 มิลลิเมตรต่อปี รองลงมาได้แก่แปลงปลูกพืชระบบวนเกษตร และแปลงปลูกสร้างสวนป่า โดยมีค่าปริมาณการสูญเสียน้ำเท่ากับ 262.3 151.4 และ 56.4 มิลลิเมตรต่อปี ตามลำดับ และสอดคล้องกับงานของ Shrestha *et al.* (2010) รายงานว่า การปลูกพืชเชิงเดี่ยวได้แก่ อ้อย ยูคาลิปตัส มีปริมาณการสูญเสียดิน ประมาณ 0.8 ตันต่อไร่ต่อปี และการปลูกพืชให้มีความหลากหลาย ได้แก่ การปลูกไม้ผลผสม มีปริมาณการสูญเสียดิน 0.08 ตันต่อไร่ต่อปี นอกจากนี้ (สมภัทร และคณะ, 2547) ได้ประเมินการสูญเสียดินในพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแ้ง-คลองพืด จังหวัดตราด ซึ่งมีพื้นที่สวนผลไม้ สวนยางพารา ทุ่งหญ้าไร่ร้าง และสับปะรด รวมประมาณ 26,744 เฮกตาร์ พบว่า มีการสูญเสียดินทั้งที่เคลื่อนย้ายอยู่ภายในลุ่มน้ำ (on site) และออกไปนอกลุ่มน้ำ (off site) รวมทั้งหมดประมาณ 50,230 ตันต่อปี และเมื่อนำตัวอย่างฟาร์มวนเกษตรที่ได้ศึกษาไปประยุกต์ใช้พบว่าช่วยลดการสูญเสียดินในพื้นที่ลุ่มน้ำได้ประมาณ 10,844 ตันต่อปี หรือลดลงประมาณ 21.6 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่สำนักงานกองทุนสงเคราะห์การทำสวนยางได้มีข้อเสนอแนะสำหรับเกษตรกรในการปลูกพืชแซมยาง หมายถึงพืชที่ปลูกระหว่างแถวยางในขณะที่ต้นยางมีอายุไม่เกิน 3 ปี ได้แก่ ข้าวไร่ ข้าวโพด สับปะรด ถั่วต่าง ๆ เป็นต้น การปลูกพืชแซมยางเป็นการเพิ่มรายได้ให้แก่เจ้าของสวนในขณะที่ยางยังไม่ให้ผลผลิต ทำให้เจ้าของสวนได้มีเวลาในการดูแลสวนยางมากและบ่อยครั้งขึ้น เป็นการเสริมรายได้ช่วง 3 ปีแรก และยังเป็นการเพิ่มชั้นเรือนยอดพืชปกคลุมดิน ซึ่งจะช่วยลดแรงกระแทกของน้ำฝนทำให้ลดการกร่อนดินได้อีกทางหนึ่ง นอกจากนี้การปลูกข้าวโพดบนพื้นที่ลาดชันสูงภายใต้ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ร่วมกับปลูกพืชตระกูลถั่ว (*Canavalia*

ensiformis) และมีการไถพรวนน้อยครั้ง พบว่า ในปีที่ 3 แปลงที่มีการปลูกข้าวโพดรวมกับการปลูกพืชตระกูลถั่วและมีการปลูกหญ้าแฝก เกิดการกร่อนดินลดน้อยลงเมื่อเทียบกับปีที่ 1 (Pansak *et al.*, 2008) การปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวตามระดับความลาดชัน การปลูกแบบนี้จะเห็นผลดียิ่งเมื่อหญ้าแฝกมีความเจริญและแตกกอขึ้นเต็ม ตลอดแนวจนไม่มีช่องว่างซึ่ง ถือว่ามีประโยชน์สูงสุด เพราะเมื่อน้ำไหลบ่าหรือมีการพัดพาดินไปกระทบแถวของหญ้าแฝก แฝกจะทำหน้าที่ชะลอความเร็วของน้ำลง และดักเก็บตะกอน ดินไว้ ส่วนน้ำจะไหลบ่าซึมลง ไปสู่ดินชั้นล่าง ได้มากขึ้น อันจะเป็นการเพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ดินเบื้องล่างและน้ำที่ผิวดิน ก็ไหลผ่านแนวต้นหญ้าแฝกไปได้ ส่วนรากหญ้าแฝกนั้น ก็หยั่งลึกลงไปดินอาจลึกถึง 3 เมตร ซึ่งสามารถยึดดิน ป้องกันการชะล้างได้เป็นอย่างดี ไม่ว่าจะเป็น การชะล้างแบบเป็นหน้ากระดาน หรือเป็นร่องลึก และแบบอุโมงค์เล็กใต้ดินเมื่อแถวหญ้าแฝก ทำหน้าที่ดักตะกอนดินเป็นระยะเวลานานขึ้น ก็จะเกิดการสะสมทับถมกันของตะกอนดิน บริเวณหน้าแถว หญ้าแฝกเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี กลายเป็นคันดินธรรมชาติในที่สุด

4.3.5 ความเสื่อมโทรมของดินเนื่องจากระบบการปลูกพืชแบบต่าง ๆ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เจริญเติบโตได้ดีในดินแทบทุกชนิด โดยเฉพาะในดินร่วนปนทรายที่มีการระบายน้ำดี และมีปริมาณธาตุอาหารพืชอุดมสมบูรณ์ มีค่าพีเอชของดินระหว่าง 5.5-7.0 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่า 1.0 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสไม่ต่ำกว่า 10.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมไม่ต่ำกว่า 100.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความต้องการใช้น้ำตลอดฤดูปลูก ประมาณ 500-600 มิลลิเมตร หรือประมาณ 800-900 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ แต่ไม่ชอบน้ำท่วมขัง การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในสภาพไร้อายุจะปลูกในช่วงฤดูฝน อุณหภูมิที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้มีช่วงกว้างระหว่าง 10-40 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงสามารถปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ตลอดทั้งปีและเกือบทุกภาคของประเทศไทย พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในทางภาคเหนือส่วนมากมีลักษณะเป็นพื้นที่มีความลาดชันสูง ทำให้มีการชะล้างและสูญเสียปุ๋ยไนโตรเจนได้ง่ายกว่าพื้นที่ลุ่ม เช่นเดียวกับ Buschiazzi *et al.* (2000) พบว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในพื้นที่ดอนจะทำให้เกิด การสูญเสียอินทรีย์คาร์บอน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในบริเวณเขตร้อนชื้นของโลก นอกจากนี้ ปริมาณน้ำฝนที่มากเกินไปจะทำให้ไนโตรเจนสูญเสียไปโดยการชะล้างและกระบวนการ denitrification ได้ง่าย ทำให้การดูดใช้ไนโตรเจนในดินของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลดลง ส่งผลให้ผลผลิตต่ำ และยังทำให้การดูดใช้ฟอสฟอรัสในดินลดลงอีกด้วย ซึ่งเป็นผลมาจากปริมาณน้ำฝนที่มากเกินไปมีผลต่อการจำกัดการเจริญของรากและการหายใจของราก (Fosu-Mensah and Mensah, 2016)

การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เตรียมดินโดยการตัดถางและทำการเผาวัชพืชและเศษซากพืช ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหลายๆ ด้าน ได้แก่ การชะล้างพังทลายของหน้าดิน ดินเสื่อมสภาพ และมีผลโดยตรงต่อการลดลงของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Giller *et al.*, 1997) นอกจากนี้การเผาเศษเหลือทิ้งยังเป็นการทำลายวัสดูดซับดินและอินทรีย์วัตถุซึ่งเป็นแหล่งกักเก็บธาตุอาหารพืชและน้ำในดิน อีกทั้งยังเป็นการทำลายของสิ่งมีชีวิตในดินด้วย จากสาเหตุดังกล่าวทำให้ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกบนพื้นที่สูงลดลงจากรายงานของ Giardina *et al.* (2000) พบว่าการเผาเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรทำให้สูญเสียธาตุอาหารที่จะปลดปล่อยในดิน และการทำลายเศษซากพืช ทำให้ธาตุอาหารที่กลับลงสู่ดินมีน้อยลง และส่งผลต่อ

ผลผลิตในฤดูกาลถัดไป เช่นเดียวกับรายงานของ Osinnam and Meppe (1996) พบว่าผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปีที่ 2 จะลดลงมากที่สุด 50 เปอร์เซ็นต์ เมื่อมีการเผาเตรียมพื้นที่ปลูก นอกจากนี้การเตรียมพื้นที่ เช่น การไถพรวน การเผา รวมถึงระบบการปลูกพืชหมุนเวียนยังส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในดินโดยตรง (Gardi and Jeffery, 2009) โดยรายงานของ Brussaard *et al.* (2007) พบว่าการปลูกพืชหมุนเวียนและการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินส่งผลให้จำนวนชนิดของสิ่งมีชีวิตในดินเพิ่มขึ้น การเผาเศษซากพืชที่คลุมดินยังส่งผลให้อัตราการชะล้างพังทลายหน้าดินสูงขึ้น การสูญเสียดินจะเกิดขึ้นมากในช่วงแรกของการเพาะปลูก หลังไถพรวนและเผาเศษพืชเพื่อเตรียมพื้นที่เพาะปลูก (จุไรรัตน์, 2542) และ Kwaad *et al.* (1998) รายงานว่าการทิ้งเศษฟางข้าวไว้ในแปลงทำให้ปริมาณน้ำไหลบ่าและการชะล้างพังทลายหน้าดินลดลงถึง 46.5-89.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับแปลงที่ไม่มีเศษวัสดุคลุมดิน จากสาเหตุดังกล่าวส่งผลให้เพิ่มการสูญเสียธาตุอาหารพืชและลดความสามารถในการกักเก็บน้ำในดิน ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของดินเสื่อมโทรม ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ และกักเก็บน้ำฝนได้น้อย (Boonlertnirun and Jompuk, 2011)

ข้าวไร่เป็นข้าวที่ปลูกได้ทั้งที่ราบและลาดชันบริเวณที่เหมาะสมกับการปลูกข้าวไร่ควรมีปริมาณน้ำฝน 130-140 มิลลิเมตรต่อเดือน ในช่วงเวลา 4-6 เดือนติดต่อกัน การเตรียมดินปลูกทำในขณะดินแห้งพอประมาณ นิยมปลูกกันมากในบริเวณที่ราบสูงตามไหล่เขาทั้งทางภาคเหนือ ใต้ ตะวันออก และตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ คิดเป็นเนื้อที่ปลูกประมาณร้อยละ 10 ของเนื้อที่ปลูกข้าวทั่วประเทศ ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวไร่ ควรมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินประมาณ 5.0-6.5 การปลูกข้าวไร่ต้องอาศัยความชื้นจากน้ำฝน โดยปลูกช่วงต้นฤดูฝน ในเดือน พฤษภาคม ถึง มิถุนายน ขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และการเริ่มต้นของฤดูฝนในแต่ละพื้นที่ ที่ระดับความสูง 850 เมตรจากระดับน้ำทะเล สำหรับการเตรียมดินในการปลูกข้าวไร่บนที่สูงที่มีความลาดชัน ถ้าสามารถหลีกเลี่ยงการขุดพลิกดินและย่อยดินได้จะเกิดผลดีในแง่ของการอนุรักษ์ดินและน้ำ ควรทำร่องระบายน้ำเพื่อกันไม่ให้ น้ำไหลบ่าลงแปลง เนื่องจากลักษณะของดินบนพื้นที่สูงจะมีลักษณะและความอุดมสมบูรณ์ของดินตามธรรมชาติแตกต่างกันออกไปแล้วแต่ชนิดของหินต้นกำเนิดดิน ในสภาพทั่วไปจะเป็นแบบดินภูเขาที่มีความเป็นกรดเป็นด่างผันแปรระหว่าง 4.5-5.6 ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงร้อยละ 3.5-5.0 ปริมาณฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ที่เป็นประโยชน์อยู่ในเกณฑ์ต่ำมาก ไม่เพียงพอความต้องการในการเจริญเติบโตของข้าว แต่ในขณะเดียวกันปริมาณโพแทสเซียมและแมงกานีสที่แลกเปลี่ยนได้ดีมาก เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนมีความหนาแน่นรวมของดินประมาณ 1.0 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งถือว่าต่ำมากแสดงว่ามีความโปร่งพรุน อัตราการแทรกซึมสูงและซังน้ำได้ไม่นาน (สมชาย และปฏิกาน, 2542) โดยทั่วไปสภาพพื้นที่ปลูกข้าวไร่ส่วนมากมีความลาดชัน ลักษณะของดินเป็นดินเหนียวตั้งแต่ดินร่วนจนถึงดินร่วนปนทราย หน้าดินตื้น ระบายน้ำได้ดีมาก จะเป็นดินที่ผ่านการใช้ทำการเกษตรจนเป็นดินขาดความอุดมสมบูรณ์ เกษตรกรปลูกข้าวไร่แล้วมักจะไม่มี การปฏิบัติดูแลรักษา ผลผลิตโดยทั่วไปอยู่ในระดับต่ำ การเพิ่มผลผลิตทำได้โดยการเพิ่มพื้นที่ปลูกหรือย้ายไปปลูก ในพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินมากกว่า ทำให้เกิดการบุกรุกทำลายป่าและการทำไร่เลื่อนลอย

จากการศึกษาสถานะความอุดมสมบูรณ์ของดินข้าวไร่ในภาคเหนือตอนบน ของประพิศ และ วิศิษฐ์ (2533) พบว่าปฏิกิริยาของดินส่วนใหญ่มีค่าเป็นกรดเล็กน้อยจนถึงเกือบเป็นกลาง (pH 4.8-6.3)

ในบริเวณที่มี pH ของดินสูงนั้นอาจเนื่องมาจากการเผาพื้นที่ก่อนปลูกพืช เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย และดินร่วนเหนียว ซึ่งเม็ดดินยึดเกาะกันอย่างหลวม ๆ ง่ายต่อการชะล้างพังทลายดิน มีความสามารถในการดูดซับประจุบวกอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (12.89 ± 3.21 me/100 g) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินระดับปานกลาง 3.18 ± 1.67 และสูงกว่าค่าเฉลี่ยของดินนาภาคเหนือทั่วไป ซึ่งมีค่าประมาณร้อยละ 2.35 ปริมาณไนโตรเจนอยู่ในระดับต่ำและมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับอินทรีย์วัตถุในดิน ($r=0.953^{**}$ และ $y=0.0342+0.339x$) ดังนั้นเมื่อทราบปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินก็สามารถประเมินปริมาณไนโตรเจนในดินได้ ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (Bray II) มีค่าต่ำจนถึงสูง 2.8-42.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ดังนั้นในบริเวณที่มีค่าสกัดฟอสฟอรัสต่ำกว่าระดับวิกฤติ (10-17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยฟอสเฟต สำหรับปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส ทองแดง และสังกะสีมีค่าในระดับสูงเพียงพอกับการเจริญเติบโตของข้าว

เงาะ (ชื่อวิทยาศาสตร์: *Nephelium lappaceum* Linn.) เป็นไม้ผลเมืองร้อนขนาดกลาง ในวงศ์ Sapindaceae เป็นผลไม้พื้นเมืองของประเทศมาเลเซีย [1] [2] และประเทศอื่น ๆ ในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ [3] โดยทั่วไปเงาะเป็นไม้ผลที่เจริญเติบโตได้ดีในบริเวณที่มีความชื้นค่อนข้างสูง เงาะในประเทศไทย จึงนิยมปลูกในบริเวณภาคตะวันออกและภาคใต้ อาทิ พันธุ์สีทอง พันธุ์น้ำตาลกรวด พันธุ์สีชมพู พันธุ์โรงเรียน และพันธุ์เงาะแดง เป็นต้น แต่พันธุ์เงาะที่นิยมปลูกเป็นการค้า มีแค่ 3 พันธุ์ คือ พันธุ์โรงเรียน พันธุ์สีทอง และพันธุ์สีชมพู ส่วนพันธุ์อื่น ๆ จะมีปลูกกันบ้างประปรายและโดยมากมักใช้เพื่อบริโภคในครัวเรือน หรือใช้ประโยชน์ เพื่อการศึกษาทางวิชาการ [4] ในอดีตประเทศที่ผลิตและส่งออกขายได้แก่ ไทย มาเลเซีย และอินโดนีเซีย แต่ปัจจุบันพบว่าประเทศผู้ผลิตใหม่ เช่น ออสเตรเลีย และฮอนดูรัส ได้เข้ามามีส่วนแบ่งในตลาด [5] เพิ่มมากขึ้น เงาะเป็นไม้ผลยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ชอบอากาศร้อนชื้น อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 25-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์สูงประมาณ 75-85 เปอร์เซ็นต์ ดินปลูกที่เหมาะสมควรมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (ค่า pH) ของดินประมาณ 5.5-6.5 และที่สำคัญควรเลือกแหล่งปลูกที่มีน้ำเพียงพอตลอดปี เงาะเป็นไม้ผลที่มีระบบรากหาอาหารลึกประมาณ 60-90 เซนติเมตรจากผิวดิน จึงต้องการสภาพแสงก่อนออกดอกติดต่อกัน ประมาณ 21-30 วัน เมื่อต้นเงาะผ่านสภาพแสงและมีการจัดการน้ำอย่างเหมาะสม เงาะจะออกดอก ช่วงพัฒนาการของดอก (ผลิตดอก-ดอกแรกเริ่มบาน) ประมาณ 10-12 วัน ดอกเงาะจะทยอยบานจากโคนช่อไปหาปลายช่อ ใช้เวลาประมาณ 25-30 วัน จึงจะบานหมดช่อ ดอกเงาะมี 2 ชนิด คือ ดอกตัวผู้และดอกสมบูรณ์เพศ ต้นที่มีดอกตัวผู้จะไม่ติดผล ส่วนต้นที่มีดอกสมบูรณ์เพศนั้นเกสรตัวผู้ไม่ค่อยแข็งแรง ต้องปลูกต้นตัวผู้แซมในสวน เพื่อเพิ่มละอองเกสร หรือฉีดพ่นฮอร์โมนพืช เพื่อช่วยให้เกสรตัวผู้แข็งแรงขึ้น จำนวนการปลูกประมาณ 25-40 ต้นต่อไร่ ในระยะปลูก 6-8X6-8 เมตร ถ้าใช้ระยะปลูกชิด 6X6 เมตร จะตัดแต่งกิ่งเพื่อควบคุมทรงพุ่มอย่างใกล้ชิดไม่ให้ทรงพุ่มชนและบังแสงกัน สำหรับสวนที่ใช้เครื่องจักรกลแทนแรงงาน ควรเว้นระยะระหว่างแถวให้ห่างพอที่เครื่องจักรกลจะเข้าไปทำงานแต่ให้ระยะระหว่างต้นชิดขึ้นปลูกในเดือนเมษายน

<https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B9%80%E0%B8%87%E0%B8%B2%E0%B8%B0>

รายงานการสูญเสียดินจากการศึกษาของสมคิด (2546) พบว่าการสูญเสียดินและน้ำจากการใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกัน ได้แก่ ยางพารา เงาะ ขนุน มะม่วงหิมพานต์ สับปะรด ไร่ร้าง สวนป่าอินทนิลบก ป่าธรรมชาติ และพื้นที่โล่ง บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำห้วยแล้ง-คลองพืด ในอำเภอบ่อไร่และอำเภอเมืองตราด จังหวัดตราด แปลงทดลองยางพารา ขนาดแปลง 8x20 เมตร ความลาดชัน 25 เปอร์เซ็นต์ ระยะปลูก 4x4 เมตร อายุยาง 7 ปี โดยเก็บผลในช่วงฤดูฝน ระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงกรกฎาคม 2545 พบว่า แปลงทดลองสับปะรด มีการสูญเสียดินและน้ำมากที่สุด ส่วนในแปลงทดลองยางพารา มีปริมาณการสูญเสียดิน 0.98 ตันต่อไร่ ปริมาณการสูญเสียน้ำ 13 มิลลิเมตร และเมื่อนำมาประเมินการสูญเสียดินโดยใช้สมการสูญเสียดินสากล มีค่าเท่ากับ 38.8 ตันต่อไร่ต่อปี โดยเสวต และคณะ (2554) ได้ศึกษาการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทยด้วยสมการสูญเสียดินสากล เพื่อประเมินการสูญเสียธาตุอาหารพืชในลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน ซึ่งมีพื้นที่เท่ากับ 899.58 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 79.48 ของพื้นที่ลุ่มน้ำทั้งหมด พบว่าปริมาณการชะล้างพังทลายของดินเท่ากับ 513,994 ตันต่อปี จัดอยู่ในเกณฑ์การชะล้างพังทลายของดินระดับน้อยมาก ส่วนผลการวิเคราะห์การสูญเสียธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม คิดเป็น 283.43, 3.55 และ 34.64 ตันต่อปี ตามลำดับ นอกจากนี้ และรายงานของ ปัทมา (2547) พบว่าการสูญเสียธาตุอาหารของแปลงมันสำปะหลังและแปลงอ้อยในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กในพื้นที่ลูกคลื่นของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คือ ปริมาณธาตุอาหารหลักมีปริมาณสูงในตะกอนดิน 0.2-15.0 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี สำหรับไนโตรเจน และ 0.1-3.0 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี สำหรับฟอสฟอรัส) มากกว่าในน้ำไหลบ่า นอกจากโพแทสเซียมที่สูงกว่าในน้ำไหลบ่า โดยโพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่มีในน้ำไหลบ่าปริมาณมากที่สุดในการใช้ที่ดินทุกประเภท (10-90 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ต่อปี)

ทงศักดิ์ และคณะ (2554) ศึกษาวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพของปุ๋ยเคมีในการผลิตข้าวโพดชุดดินหนองมด (Nm) กลุ่มชุดดินที่ 29 อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย พบว่าวิธีการลดต้นทุนในการผลิตข้าวโพดบนพื้นที่ดอนเหมาะสมที่สุด โดยลดปริมาณการใช้ปุ๋ย 25 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณที่เกษตรกรใช้ในพื้นที่ผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ 1,541-1,642 กิโลกรัมต่อไร่ ต่ำกว่าที่ 5 ลดต้นทุนการผลิตได้ 50 เปอร์เซ็นต์ของค่าลงทุนในการซื้อปุ๋ยของเกษตรกร ผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ 1,309-1,835 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยแบบหยอดหลุมเป็นวิธีการที่ทำให้ปุ๋ยเกิดประโยชน์ต่อข้าวโพดมากกว่าการใส่ปุ๋ยแบบหยอดบนหน้าดิน เนื่องจากสามารถลดปริมาณการใช้ปุ๋ยเคมีลงได้ 25-50 เปอร์เซ็นต์ของที่เกษตรกรใช้อยู่ในพื้นที่ โดยไม่มีผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิต แต่ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ในดิน ยกเว้นปริมาณโพแทสเซียมที่สามารถสกัดได้ในพื้นที่ที่มีการสะสมอย่างต่อเนื่อง

4.4 วัตถุประสงค์

- 4.4.1 ศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินตามกลุ่มเนื้อดิน
- 4.4.2 ศึกษาการสูญเสียดินและธาตุอาหารพืชเมื่อมีการใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน
- 4.4.3 ศึกษาเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในพื้นที่มีระบบและไม่มีการบำรุงรักษาดินและน้ำ

4.5 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาผลของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และการใช้ที่ดิน ที่มีต่อการกร่อนของดิน การเปรียบเทียบ ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางด้านเคมี และกายภาพ ที่สำคัญของดินเมื่อมีการจัดการดินต่างกัน

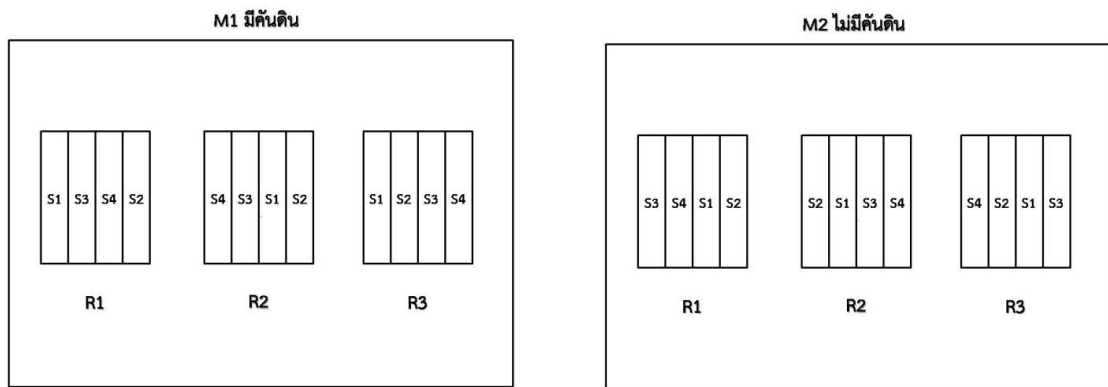
4.6 ขั้นตอนการดำเนินการ

4.6.1 อุปกรณ์

- 1) กล้องส่องระดับ พร้อมอุปกรณ์ เทปวัดระยะ สสำรวจและคัดเลือกตัดเลือกเกษตรกรที่ปลูกพืชเชิงเดี่ยวเช่น ข้าวโพด ข้าวไร่ พื้นที่แปลงทดลอง หมู่ที่ 5 บ้านตอง ตำบลแม่จริม อำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน พื้นที่ทำการทดลอง เป็นพื้นที่สูง มีความลาดชัน 37 เปอร์เซ็นต์
- 2) การใช้ปุ๋ยเคมีในแปลงทดลอง คือปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 และสูตร 15-15-15
- 3) เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดพันธุ์ C.P.888
- 4) เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ พันธุ์พื้นเมือง
- 5) ต้นกล้าชนิดพืชไม้ผลที่ปลูกคือ เงาะพันธุ์โรงเรียน
- 6) อุปกรณ์ในการเตรียมแปลง ได้แก่ เทปวัดระยะ จอบ พลั่ว แห้งพิน
- 7) อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน ได้แก่ จอบ พลั่ว core ถังเก็บตัวอย่างดิน
- 8) อุปกรณ์เก็บตัวอย่างพืช ได้แก่ ถังเก็บตัวอย่างพืช เครื่องชั่งน้ำหนัก มีด กรรไกร GPS

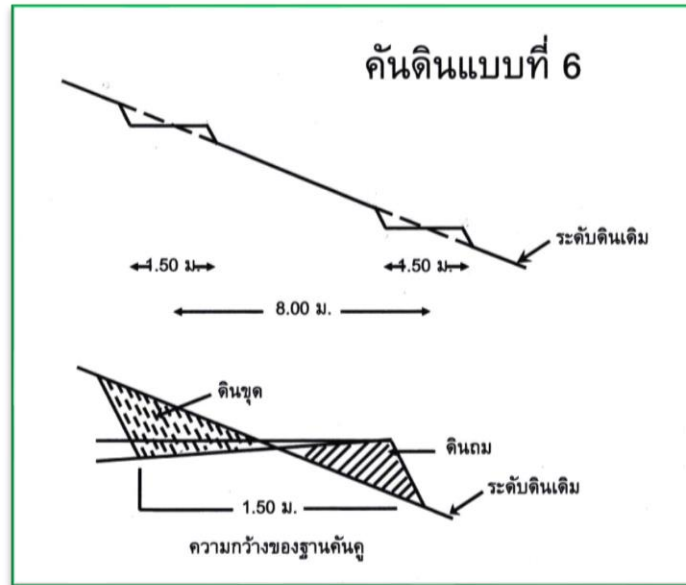
4.6.2 วิธีการดำเนินงาน

- 1) การวางแผนการทดลองแบบ Split plot in RCBD (Split plot in Randomized Complete Block Design) มี 3 ซ้ำ ซึ่งมีวิธีการทดลองที่ใช้ ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย
 - Main plot คือ มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ
 - Main plot 1 คือ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ
 - Main plot 2 คือ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ
 - Sub plot คือ การใช้ที่ดิน
 - Sub plot 1 ปลูกข้าวโพด
 - Sub plot 2 ปลูกข้าวโพด+ปลูกเงาะ
 - Sub plot 3 ปลูกข้าวไร่
 - Sub plot 4 ปลูกข้าวไร่ +ปลูกเงาะ



ภาพที่ 2 แผนผังแปลงวิจัย

สำรวจและคัดเลือกพื้นที่แปลงทดลอง หมู่ที่ 5 บ้านตอง ตำบลแม่จริม อำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน คัดเลือกพื้นที่ที่เกษตรกรที่ปลูกข้าวโพด ข้าวไร่ Main plot 1 ดำเนินการในแปลงจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งมีความลาดชันประมาณ ประมาณ 37 เปอร์เซ็นต์ แต่ละแปลงมีความกว้าง 6 เมตร และยาวประมาณ 25 เมตร ครอบคลุมคันดิน 3 ชั้น แต่ละแปลงมีระยะห่างจากกัน 1 เมตร และมีการจัดทำคันดินแบบคูรับน้ำรอบเขาตามแนวระดับ แบบที่ 6 เพื่อลดอัตราการกร่อนของดินไว้ ลักษณะคันดินมีความกว้างประมาณ 1.5 เมตร แต่ละชั้นมีระยะห่างประมาณ 8-10 เมตร ปริมาตรดินขุดดินถม ประมาณ 0.2 ลูกบาศก์เมตรต่อเมตร ซึ่งแบบคันดินแบบคูรับน้ำขอบเขา แบบที่ 6 แสดงดังภาพที่ 3 นี้เหมาะกับพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ Main plot 2 ดำเนินการในแปลงไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พื้นที่ศึกษา มีการเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้ที่ดินจากพื้นที่ไร่เหล้า เป็นพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตั้งอยู่บนพื้นที่ภูเขาซึ่งมีความลาดชันประมาณ ประมาณ 37 เปอร์เซ็นต์ แต่ละแปลงมีความกว้าง 6 เมตร และยาวประมาณ 25 เมตร แต่ละแปลงมีระยะห่างจากกัน 1 เมตร



ภาพที่ 3 แบบคูรับน้ำขอบเขา (Hill side Ditch) แบบที่ 6

2) การเตรียมแปลงทดลอง กำจัดวัชพืชโดยใช้จอบฉาด และเก็บเศษวัชพืชออกจากพื้นที่ แบ่งแปลงย่อยขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 25 เมตร ทั้งหมด 24 แปลง ระยะห่างระหว่างแปลง 1 เมตร แต่ละแปลงใช้สังกะสีแผ่นเรียบล้อมรอบ 3 ด้านคือ ด้านบน ด้านข้างทั้ง 2 ด้าน โดยฝังสังกะสี ลงไปในดินลึก 20 เซนติเมตร และอยู่เหนือดิน 25 เซนติเมตรด้านล่างของแปลงเปิดไว้ให้น้ำไหลบ่า และตะกอนดินลงสู่ร่องเก็บตะกอนดิน ซึ่งต่อท่อสายยางกับถังพลาสติกขนาด 150 มิลลิเมตร ขุดฝังไว้บริเวณท้ายแปลงห่างจากมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ 1 เมตร

4.6.3 การปลูกพืช

ข้าวโพด

ในเดือน พฤษภาคม ถึงเดือน มิถุนายน ทำการกำจัดวัชพืชโดยใช้จอบฉาดและเก็บเศษวัชพืชออกจากแปลง ไถเตรียมดิน ปลูกข้าวโพดโดยใช้วิธีกระทุ้งแล้วปลูกใช้ระยะปลูก 25x75 เซนติเมตร ปลูกเป็นแถวขวางความลาดชันของพื้นที่ ใช้ข้าวโพดพันธุ์ C.P.888 ปลูกข้าวไร้โดยใช้วิธีกระทุ้งแล้วปลูกใช้ระยะปลูก 25x25 เซนติเมตร ใช้ข้าวไร้พันธุ์พื้นเมือง การปลูกเงาะพันธุ์โรงเรียน ใช้ระยะปลูก 3x8 เมตร

การใส่ปุ๋ยข้าวโพด ข้าวไร้ ใส่ปุ๋ยเคมีตามชนิดและอัตราที่เกษตรกรใช้ หลังปลูก 20 และ 40 วัน สูตร 15-15-15 ผสมกับ สูตร 46-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ โดยวิธีโรยข้างแถว การใส่ปุ๋ยเงาะ ร่องกันหลุมด้วยปุ๋ยหมัก อัตรา 0.5 กิโลกรัมต่อต้น และหลังปลูก 20 วัน ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 20 กรัมต่อต้น การใส่ปุ๋ยเคมีสำหรับพืชชนิดต่างๆ เป็นข้อตกลงการมีส่วนร่วมของเกษตรกร ไม่มีการคิดค่าเช่าที่ดิน แต่ให้ผู้วิจัยสนับสนุนปุ๋ยเคมี โดยมีปริมาณเพียงพอต่อความต้องการของพืช

การป้องกันกำจัดวัชพืชข้าวโพดกำจัดวัชพืชตามวิธีของเกษตรกร เก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพด ข้าวไร้ ในเดือน กันยายน

4.6.4 การเก็บข้อมูลดิน

เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกและหลังปลูก ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดิน แยกตามวิธีการ เก็บบริเวณบริเวณด้านบนของแปลง บริเวณส่วนกลางของแปลง และบริเวณท้ายแปลง แล้วนำมาคลุกเคล้ารวมกัน (composite sample) เลือกมา 1 กิโลกรัม เพื่อเป็นตัวแทนของแต่ละวิธีการส่ง วิเคราะห์ หาสมบัติทางเคมีของดิน คือ ค่าพีเอช ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็น ประโยชน์ (Avai. P) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extr. K) ดังนี้

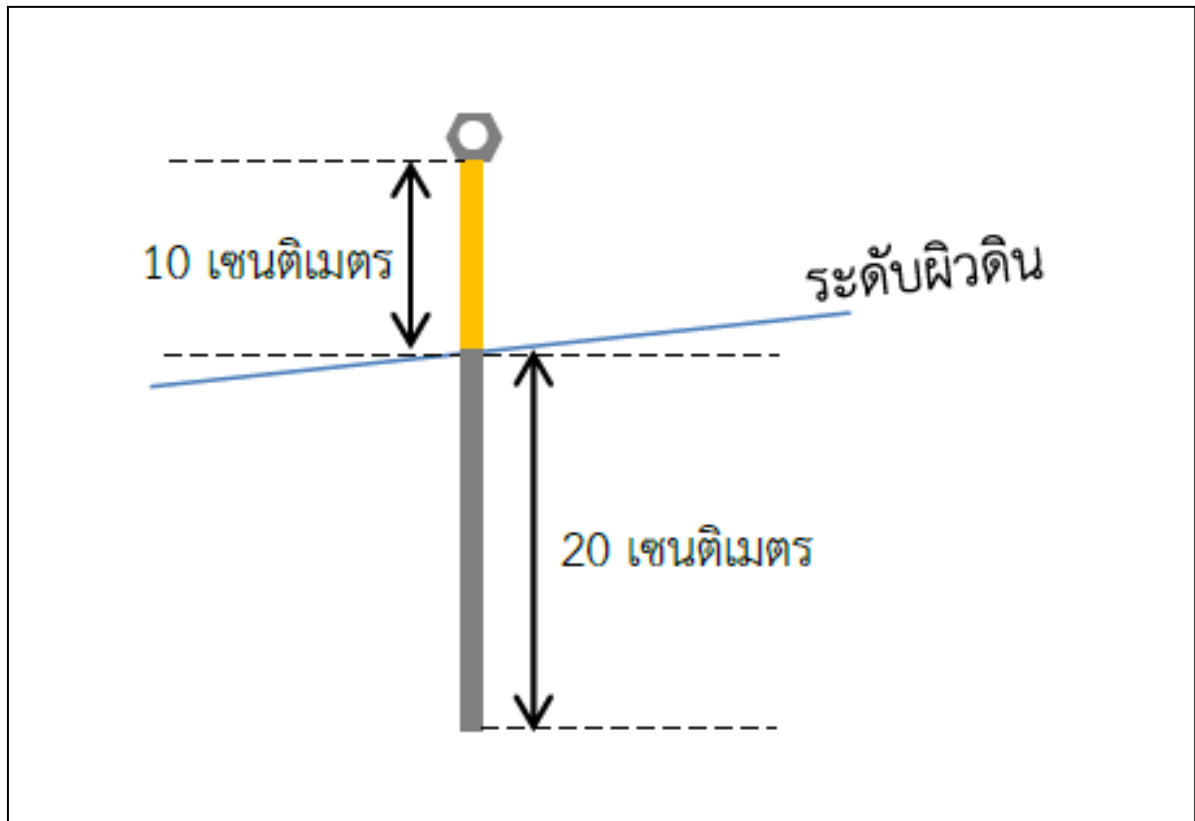
วิเคราะห์หาความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (ค่าพีเอช) วิเคราะห์โดยใช้เครื่อง pH meter ใช้ ดิน:น้ำอัตราส่วน 1:1

วิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) วิเคราะห์โดยใช้วิธีของ (Walkley and Black, 1947)

วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avai.P) วิเคราะห์โดยใช้น้ำยาสกัด Bray II (Bray and Kurt, 1945)

ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extr. K) วิเคราะห์โดยใช้น้ำยาสกัด NH_4OAc 1N pH 7 (สำนัก วิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2547) และเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูก เพื่อวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของ ดิน ความหนาแน่นอนุภาค ความพรุนของดิน รวมทั้งหมด 24 แปลงย่อย

4.6.5 การเก็บข้อมูลการกร่อนดินโดยวิธีการปักแท่งเหล็ก ในแต่ละแปลงทดลอง ทำการ ปักแท่งเหล็ก ซึ่งมีความยาว 30 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร เพื่อศึกษาการกร่อนของดิน โดยปักแท่งเหล็กระหว่างคันดินแต่ละชั้น ชั้นละ 3 แท่ง ทั้งนี้ ทำการปักแท่งเหล็กลงในดินในแนวดิ่ง ลึก 20 เซนติเมตร โดยให้ขีดเครื่องหมายที่ทำไว้ที่แท่งเหล็กเสมอกับผิวดินเพื่อเป็นระดับอ้างอิง เมื่อปักแล้ว จะมี ส่วนที่อยู่ในดิน 20 เซนติเมตร และส่วนที่อยู่เหนือผิวดิน 10 เซนติเมตร แสดงดังภาพที่ 4 และภาพที่ 5 การปัก หมุดโดยวัดระดับการเปลี่ยนแปลงของหน้าดิน คือ ระยะห่างระหว่างขีดเครื่องหมายบนแท่งเหล็กซึ่งเป็นระดับ อ้างอิงก่อนฤดูฝน กับผิวดิน เมื่อสิ้นฤดูฝน ข้อมูลที่ได้รับนำไปใช้คำนวณหาอัตราการกร่อนของดิน



ภาพที่ 4 ความลึกของการปักแท่งเหล็กลงในดิน



ภาพที่ 5 การปักแท่งเหล็กในแปลงทดลอง

อัตราการกร่อนของดิน (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) = ความหนาของหน้าดินที่สูญเสียไป (เมตร) × ความหนาแน่นรวมของดิน (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) × ขนาดของพื้นที่ (ไร่)

การประเมินการสูญเสียธาตุอาหารหลักของพืชในดิน

การประเมินการสูญเสียธาตุอาหารหลักของพืชในดิน ดำเนินการโดยนำข้อมูลอัตราการกร่อนของดิน และข้อมูลปริมาณธาตุอาหารในดิน มาคำนวณหาอัตราการสูญเสียธาตุอาหารหลัก ของพืชในดิน จากสูตรคำนวณดังนี้

อัตราการสูญเสียธาตุอาหารหลักของพืชในดิน (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) = ปริมาณธาตุอาหารในตัวอย่างดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) × อัตราการกร่อนของดิน (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี)

ทั้งนี้ การประเมินมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ ของการสูญเสียธาตุอาหารพืชในดิน โดยการคำนวณจากข้อมูลปริมาณธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สูญเสียไปเทียบกับราคา แม่ปุ๋ย ได้แก่ ธาตุไนโตรเจน ประเมินจากราคาของปุ๋ยยูเรีย (46 เปอร์เซ็นต์ N) ราคา 675 บาทต่อ 50 กิโลกรัม ธาตุฟอสฟอรัส ประเมินจากราคาของปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (46 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5) ราคา 980 บาทต่อ 50 กิโลกรัม และธาตุโพแทสเซียม ประเมินจากราคาของปุ๋ย โพแทสเซียมคลอไรด์ (60 เปอร์เซ็นต์ K_2O) ราคา 1,250 บาทต่อ 50 กิโลกรัม มูลค่าของธาตุอาหารในดินที่สูญเสีย โดยใช้ข้อมูลจากปริมาณของธาตุอาหารในตัวอย่างดิน และประเมินมูลค่าของธาตุอาหารที่สูญเสียไป โดยธาตุไนโตรเจนใช้ราคาของปุ๋ยยูเรีย 46 เปอร์เซ็นต์ N ธาตุฟอสฟอรัสใช้ราคาปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต 46 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5 ธาตุโพแทสเซียมใช้ราคาของปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ 60 เปอร์เซ็นต์ K_2O

4.6.6 การเก็บข้อมูลพืช

ข้าวโพด

- 1) วัดความสูงของต้นข้าวโพดหลังปลูก 120 วัน จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย
- 2) น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดในระยะเก็บเกี่ยว พื้นที่เก็บตัวอย่าง 3x5 เมตร
- 3) ผลผลิตข้าวโพดในพื้นที่เก็บตัวอย่าง 3x5 เมตร

ข้าวไร่

- 1) วัดความสูงของต้นข้าว หลังปลูก 120 วัน จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย
- 2) น้ำหนักแห้งของต้นข้าวไร่ ในระยะเก็บเกี่ยว พื้นที่เก็บตัวอย่าง 3x5 เมตร
- 3) ผลผลิตข้าวไร่ในพื้นที่เก็บตัวอย่าง 3x5 เมตร

เงาะ

วัดความสูงของต้นเงาะ ก่อนปลูกเดือน มิถุนายน และเดือน ธันวาคม ของทุกปี
จำนวน 3 ต้นต่อแปลงย่อย

4.6.7 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนประกอบด้วยปริมาณน้ำฝนรายวัน ปริมาณน้ำฝนรวมรายเดือน และรายปี โดยเก็บข้อมูลจากเครื่องวัดน้ำฝนแบบกระบอกตวง ซึ่งติดตั้งไว้บริเวณแปลงทดลอง

4.6.8 ขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

1) การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบสิ่งทดลองโดยใช้วิธี ใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ค่าความเชื่อมั่น $P \leq 0.05$ ทำการวิเคราะห์ โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ STAR

2) ANOVA หรือ Analysis of Variance เป็นการทดสอบที่ใช้เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มต่างๆ ของข้อมูลการวิจัยว่ามีความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยหรือไม่ ซึ่งการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงถึงระดับที่ค่าตัวเลขของตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยโดยรวม โดยข้อมูลที่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ได้ จะต้องกำหนดให้ตัวแปรตามเป็นตัวแปรเชิงปริมาณ (มาตรอัตราภาคหรือมาตรอัตราส่วน) และตัวแปรอิสระต้องเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ (มาตรนามบัญญัติหรือมาตรเรียงลำดับ)

3) การทดสอบ Tukey's multiple comparison เป็นการทดสอบที่นิยมที่สุดของการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทุกคู่ในทุกระดับของตัวแปร เพื่อทดสอบว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มใดแตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ ที่เหลือ วิธีการ Tukey's ถูกเรียกใช้หลังจาก ANOVA เมื่อมีตัวแปรอิสระส่งผลต่อตัวแปรตาม และสามารถใช้เพื่อสร้างช่วงความเชื่อมั่น สำหรับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างคู่ ในแต่ละระดับของปัจจัย ในขณะที่ควบคุมอัตราความผิดพลาดของกลุ่ม (family error rate) ให้อยู่ในระดับที่ผู้วิจัยกำหนด

ข้อตกลงเบื้องต้น

- (1) ตัวอย่างทั้งสองจะต้องเป็นตัวอย่างสุ่มของประชากรที่สุ่มมา
- (2) ตัวอย่างที่สุ่มทั้งสองจะต้องเป็นอิสระกันและไม่เกิดร่วมกัน
- (3) ข้อมูลจากตัวอย่างสุ่มทั้งสองอย่างน้อยต้องวัดมาจากมาตราอันดับ
- (4) ฟังก์ชันการแจกแจงของทั้งสองประชากร จะแตกต่างกันเฉพาะพารามิเตอร์

ที่เกี่ยวข้องตำแหน่ง เท่านั้น

4) Pearson Correlation เป็นการวัดมาตรฐานของความสัมพันธ์ในทางสถิติ แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างข้อมูลสองชุด ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะถูกแทนค่าด้วย “r” ซึ่งใช้ไว้แสดงถึงขนาดของความสัมพันธ์และทิศทาง ของความสัมพันธ์ระหว่างสองตัวแปรที่วัดด้วยจำนวนจริง โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่า ระหว่าง -1 และ +1 โดย -1 หมายถึงการที่ตัวแปรมีความสัมพันธ์กันในทางลบแบบสมบูรณ์ 0 หมายถึงตัวแปรไม่มีความสัมพันธ์กันเลย และ +1 หมายถึงตัวแปรมีความสัมพันธ์ในทางบวกแบบสมบูรณ์ การที่ตัวแปรมีความสัมพันธ์กันในทางบวก หมายถึงเมื่อตัวแปรหนึ่งขึ้นหรือลดลงอีกตัวแปรก็มีทิศทางขึ้นหรือลดลงในทางเดียวกัน ในขณะที่การที่ตัวแปรมีความสัมพันธ์กันในทางลบนั้น หมายถึง เมื่อตัวแปรตัวหนึ่งเพิ่มขึ้นอีกตัวแปรมีทิศทางในทางตรงกันข้ามคือลดลง

4.7 ผลการศึกษาและวิจารณ์

4.7.1 สมบัติทางกายภาพของดิน

1) สันฐานวิทยาของดิน

การสำรวจดินบริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า จำแนกได้เป็นชุดดินวังสะพุง (Wang Saphung Series: Ws) ซึ่งกรมพัฒนาที่ดินอธิบายลักษณะที่สำคัญของชุดดิน วังสะพุง ไว้ดังนี้

เป็นดินที่เกิดจากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่หรือเคลื่อนย้ายมาเป็นระยะทางใกล้ ๆ โดยแรงโน้มถ่วงของโลก ของวัสดุพวกหินตะกอนหรือหินแปรเนื้อละเอียด พวกหินดินดาน หรือหินในกลุ่ม พบบนภูมิสัณฐานที่เป็นที่ลาดเชิงเขา ภูเขา หรือพื้นที่ที่เหลื่อมค้ำจากการกัดกร่อน มีสภาพพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบถึงเนินเขา (ความลาดชัน 1-35 เปอร์เซ็นต์)

มีลักษณะดินที่สำคัญ คือ เป็นดินที่มีการระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินปานกลางถึงเร็ว การซึมผ่านได้ของน้ำเร็ว เป็นกลุ่มดินเหนียวละเอียด ดินลึกปานกลางถึงชั้นหินพื้นผิ ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินร่วน ดินร่วนปนดินเหนียว หรือดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง สีนํ้าตาลเข้มถึงสีนํ้าตาลปนเทาเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง (pH 6.0-7.0) ดินล่างตอนบนเป็นดินเหนียว สีแดงปนเหลืองถึงสีแดง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 5.0-6.0) ดินล่างตอนล่างเป็นดินเหนียวมีเศษหินปะปนหนาแน่น สีนํ้าตาลปนแดงหรือสีนํ้าตาลปนเหลือง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดมากถึงเป็นกรดเล็กน้อย (pH 4.5-6.5) พบชั้นหินพื้นผิภายในความลึก 50-100 เซนติเมตร จากผิวนํ้าดิน

ความอุดมสมบูรณ์ของดินพบว่า ดินบน (0-25 เซนติเมตร) อยู่ในระดับปานกลางคือ มีอินทรีย์วัตถุปานกลาง มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนปานกลาง ความอิ่มตัวเบสและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูง ขณะที่ดินล่าง (25-100 เซนติเมตร) ความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับปานกลางเหมือนกัน โดยมีอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ความอิ่มตัวเบสอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำถึงสูง

สามารถจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดิน (Soil taxonomy, USDA, 2024)) ได้เป็น Fine, mixed, active, isohyperthermic Typic Haplustalfs จากการตรวจสอบสภาพแวดล้อมและลักษณะทางสันฐานวิทยาของดินโดยการเจาะสำรวจดิน (ภาพที่ 6) บริเวณพื้นที่ศึกษา พบว่า เป็นชุดดินวังสะพุง (Ws) ที่อยู่บนภูมิสัณฐานที่เป็นเขาหรือภูเขา มีสภาพพื้นที่สูงชันหรือมากกว่า (ความลาดชันมากกว่า 35 เปอร์เซ็นต์) เป็นดินที่เกิดจากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่ของหินตะกอนเนื้อละเอียดพวกหินดินดาน มีลักษณะดินที่สำคัญ คือ เป็นดินที่มีการระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินเร็ว การซึมผ่านได้ของน้ำปานกลาง เป็นกลุ่มดินเหนียวละเอียด ดินลึกปานกลางถึงชั้นหินพื้นผิ ดินบน (0-30 เซนติเมตร) มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว สีนํ้าตาลปนเทาเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดปานกลาง (pH 4.3-5.8) ดินล่างตอนบน (30-50 เซนติเมตร) มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว สีแดง ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลางถึงเป็นกลาง (pH 6.0-7.0) ดินล่างตอนล่าง

(50-90 เซนติเมตร) มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนเศษหิน สีแดง ปฏิกริยาดินเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง (pH 6.5-7.0) พบชั้นที่เป็นหินพื้นๆ ที่ความลึก 90 เซนติเมตร ลงไป



ภาพที่ 6 หน้าตัดดินในพื้นที่ศึกษา ชุดดินวังสะพุง (Wang Saphung Series: Ws)

4.7.2 สมบัติทางกายภาพของดินก่อนปลูกพืช

1) ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density, Db)

ก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2559 ทำการเก็บตัวอย่างดินชั้นบนที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร โดยใช้ soil core เพื่อนำมาหาความหนาแน่นรวมของดิน พบว่าดินก่อนปลูกในพื้นที่แปลงมีระบบอนุรักษดินและน้ำ มีค่าความหนาแน่นรวมของดิน 1.73 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดินก่อนปลูกในพื้นที่แปลงไม่มีระบบอนุรักษดินและน้ำ มีค่าความหนาแน่นรวมของดิน 1.83 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ตารางที่ 15) สอดคล้องกับรายงานของกองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน ค่าความหนาแน่นรวมของดินจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เนื้อดิน โครงสร้างของดิน และการเขตกรรม ดินบนที่เป็นดินร่วนปนดินเหนียว มีค่าความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในช่วง 1.20-1.80 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (กลุ่มกายภาพดิน, 2537)

ความหนาแน่นรวมของดิน เป็นดัชนีชี้ถึงการอัดแน่นของดิน มีค่าผันแปรระหว่าง 1.10-1.50 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับดินไร่ที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกทั่ว ๆ ไป จะมีค่าประมาณ 1.30-1.50 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับดินดานได้ชั้นไถพรวนในดินนา มีค่าประมาณ 1.60-1.80 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และค่าวิกฤตที่สูงกว่า 1.80 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จะขัดขวางการไหลของน้ำและการหยั่งรากของพืชไร่ทั่ว ๆ ไป ความหนาแน่นรวมของดินอาจผันแปรตามระดับความชื้นของดิน ดังนั้นจึงนิยามวัดเมื่อระดับความชื้นของดินประมาณความจุความชื้นสนาม (field capacity) จะเป็นระดับความชื้นของดินหลังจาก

ที่ดินอึดตัวด้วยน้ำและน้ำส่วนเกินได้ไหลลงไปในดิน ทำให้ดินยังคงเก็บกักน้ำไว้ในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับพืช ค่าความจุความชื้นสนามที่เหมาะสมสำหรับพืชส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 21-80 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม ระดับความชื้นที่เหมาะสมที่สุดจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและชนิดของดิน เช่น พืชไร่จะชอบความชื้นในดินระหว่าง 21-40 เปอร์เซ็นต์ ในดินที่ให้ผลผลิตสูง จะมีค่าความหนาแน่นรวมของดินอยู่ระหว่าง 1.00-1.50 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ในดินเนื้อปานกลางจนถึงเนื้อดินละเอียด จะมีค่าความหนาแน่นรวมของดินอยู่ระหว่าง 1.10-1.65 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ในดินเนื้อหยาบ ค่าความหนาแน่นรวมที่สูงเกินไปจะขังการเจริญเติบโตของรากพืช ทำให้พืชดูดซึมน้ำและธาตุอาหารได้จำกัด พืชอาจแคระแกรนและให้ผลผลิตต่ำ (มัตติกา, 2551)

ความหนาแน่นรวมของดิน (Db) เป็นตัวบ่งชี้อย่างหนึ่งของระดับการอัดตัวของอนุภาคของดิน ดินที่มีค่า Db เท่ากับ 2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นดินที่มีการอัดตัวแน่น ทำให้รากของพืชไม่สามารถงอกขึ้นได้ง่าย พืชจึงเจริญเติบโตได้ไม่สมบูรณ์ ส่วนดินหยาบมีค่า Db เท่ากับ 1.20-1.80 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนดินละเอียด มีค่า Db เท่ากับ 1.00-1.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

(http://elearning.nsruc.ac.th/web_elearning/soil/lesson_3_4.php)

ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density, Db) ความหนาแน่นรวมของดิน หมายถึงสัดส่วนระหว่างมวลของสารกับปริมาตรของดินสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังต่อไปนี้คือ ความหนาแน่นอนุภาคดิน (partial density, Ds) และความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density, Db) ความหนาแน่นของดินเป็นตัวบ่งชี้อย่างหนึ่งของระดับการอัดตัวของอนุภาคของดิน ดินที่มีค่า Db เท่ากับ 2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นดินที่มีการอัดตัวแน่นทำให้รากของพืช ไม่สามารถงอกขึ้นได้ง่ายพืชจึงเจริญเติบโตได้ไม่สมบูรณ์ ส่วนดินหยาบมีค่า Db เท่ากับ 1.20-1.80 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนดินละเอียดมีค่า Db เท่ากับ 1.00-1.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548ก) เนื้อดินสัมพันธ์กับความหนาแน่นรวม เนื้อดินร่วนปนดินเหนียว (Clay loam) ค่า $Db \geq 1.55 \text{ g/cm}^3$ เนื้อดินร่วนปนดินทรายแป้ง (Silt loam) ค่า $Db \geq 1.65$ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เนื้อดินร่วนปนทรายละเอียด (fine sandy loams) ค่า $Db \geq 1.80$ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และเนื้อดินทรายละเอียดปนร่วน (loamy fine sands) ค่า $Db \geq 1.85$ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และความแน่นทึบ (compaction) มีความสัมพันธ์กับช่องว่างในดิน (pore space) สำหรับค่า $Db \leq 1.3$ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่เป็นอุปสรรคขัดขวางการเจริญเติบโตของพืช หากค่า $Db \geq 2.1$ กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรจะเป็นอุปสรรคขัดขวางการเจริญเติบโตของพืชอย่างมาก

ค่าความหนาแน่นรวมของดิน สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดการกร่อนดินได้ดี โดยดินที่มีค่าความหนาแน่นรวมของดินปานกลางในช่วง 1.40-1.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร บางพื้นที่เริ่มแน่นทึบในดินร่วนและแน่นทึบมากในดินเหนียว จะจำกัดการงอกขึ้นของรากพืช (Hunt and Gilkes, 1992) ดินที่มีค่าความหนาแน่นในช่วงนี้ส่งผลต่อการเกิดการกร่อนดินได้เนื่องจากไม่มีรากพืชในชั้นดินนี้ การซบซึมน้ำต่ำ เม็ดดินแตกหักได้ง่ายเกิดการเคลื่อนตัวของมวลดินได้เมื่อดินมีความชื้นเพิ่มมากขึ้น ซึ่งหากมีปัจจัยปริมาณน้ำฝนเป็นตัวเร่งก็อาจส่งผลให้พื้นที่มีศักยภาพเกิดดินถล่มได้ง่าย และการศึกษาของ Bidyashwari *et al.* (2017) ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินที่มีผลต่อเสถียรภาพของลาดดิน พื้นที่มีการพยุ่งจากหินดินดานและเนื้อดิน

มีปริมาณทรายแป้งสูง ในประเทศอินเดีย พบว่า เสถียรภาพของลาดดินมีความไม่ปลอดภัย มีศักยภาพความถี่ในการเกิดดินถล่มได้มาก ดินมีความหนาแน่นรวม อยู่ในช่วง 1.57 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีค่าความพรุนรวมของดิน 52.72 เปอร์เซ็นต์ และมีการซาบซึมน้ำสูง ดังนั้นการรักษาสภาพดินให้มีค่าความหนาแน่นรวมให้อยู่ในช่วง 1.20-1.40 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จะช่วยลดการซาบซึมน้ำไม่ให้เกิดขึ้นเร็วเกินไปหรือช้าเกินไป จนเกิดการไหลบ่า จะช่วยลดการกร่อนดินที่รุนแรง และลดศักยภาพในการเกิดดินถล่มได้ต่อไป

2) ความหนาแน่นของอนุภาคดิน (particle density) หมายถึง สัดส่วนโดยมวลของอนุภาคแข็งเมื่อแห้งสนิท ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร โดยไม่รวมช่องว่างระหว่างอนุภาคดิน ความหนาแน่นของอนุภาคดินอาจใช้บ่งชี้ถึงองค์ประกอบทางแร่ของดินได้บ้างอย่างคร่าว ๆ ซึ่งหากแร่ที่ทำให้กำเนิดดินส่วนใหญ่ เป็นแร่ที่มีความถ่วงจำเพาะสูง ก็จะทำให้ค่าความหนาแน่นของอนุภาคดินสูง หากดินมีอินทรีย์วัตถุสูง ค่าความหนาแน่นของอนุภาคดินย่อมมีค่าต่ำ เพราะอินทรีย์วัตถุมีความถ่วงจำเพาะต่ำ ค่าความหนาแน่นของอนุภาคดินแร่โดยทั่วไปมีค่าประมาณ 2.65 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (มัตติกา, 2551)

ความหนาแน่นของอนุภาคดิน คือ สัดส่วนระหว่างมวลดินแห้ง ต่อหน่วยปริมาตรของแข็ง เมื่อพิจารณาค่าความหนาแน่นรวมของดิน และค่าความหนาแน่นของอนุภาคดิน เทียบกันสำหรับดินเดียวกัน จะเห็นว่าความหนาแน่นรวมของดิน จะมีค่าต่ำกว่าความหนาแน่นของอนุภาคดินเสมอ ทั้งนี้ความหนาแน่นรวมของดินเดียวกัน จะมีค่าสูงหรือต่ำขึ้นกับว่าดินนั้นมีปริมาตรช่องมากหรือน้อย ถ้าอนุภาคดินเรียงตัวกันแล้วได้ปริมาตรช่องมาก ความหนาแน่นรวมของดินจะมีค่าต่ำ และกลับกันถ้าดินมีปริมาตรช่องน้อยความหนาแน่นรวมของดินจะมีค่าสูง มวลของดินแห้งต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรดิน ซึ่งไม่รวมปริมาตรของช่องว่างในดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพี, 2548) พบว่าดินก่อนปลูกในพื้นที่แปลงที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีความหนาแน่นรวม 2.24 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดินก่อนปลูกในพื้นที่แปลงที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีความหนาแน่นรวม 2.32 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดินที่มีความหนาแน่นอนุภาคสูง บ่งบอกว่าดินนั้นเกิดจากวัตถุดิบกำเนิดดินซึ่งมีแร่ที่มีความหนาแน่นสูง สำหรับดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูงจะมีความหนาแน่นอนุภาคต่ำ

3) ความพรุนของดิน (soil porosity) เป็นสมบัติที่บ่งชี้ว่าดินนั้น ๆ มีปริมาตรช่องว่างอยู่เท่าไร โดยเทียบเป็นร้อยละ หรือสัดส่วนของปริมาณดินทั้งหมด ช่องในดินมีหน้าที่ กักเก็บน้ำ และอากาศรวมทั้งเป็นทางระบายน้ำและอากาศของดิน ความพรุนรวมของดิน (total porosity) เป็นสมบัติของดินที่บ่งชี้ว่าดินนั้น ๆ มีปริมาตรช่องว่างทั้งหมด ทั้งส่วนที่มีน้ำและไม่มีน้ำ (มีอากาศ) คิดเป็นร้อยละหมายถึง ปริมาณของช่องว่างในดินใน 1 หน่วยปริมาตร หรือ 100 หน่วยปริมาตรของดิน ความพรุนรวมของดิน จะมีความสำคัญต่อพืชมากในแง่ของการใช้ประโยชน์จากน้ำในดิน (available water storage) (มัตติกา, 2551) ในการทดลองครั้งนี้ได้ศึกษาถึง ความพรุนรวมของดิน (total porosity, E) ซึ่งหมายถึง สัดส่วนระหว่างปริมาตรของช่องในดิน (pore volume, V_p) และปริมาตรรวมของดิน (bulk volume, V_b) ความพรุนรวมของดินจะบอกให้ทราบว่า ถ้าตวงดินแห้งมาโดยให้มีปริมาตรรวมเท่ากับ 1 หน่วย ในระหว่างอนุภาคแข็งเหล่านั้นจะมีช่อง ซึ่งบรรจุอากาศอยู่ เป็นสัดส่วนเท่าใด ความพรุนรวมของดิน เป็นความสามารถของดินในการกักเก็บอากาศและน้ำไว้ในหน้าตัดดิน รวมทั้งความสามารถของดินในการระบายอากาศ น้ำ และความร้อนซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนเพาะปลูกและการให้น้ำแก่พืช พบว่าดินก่อนปลูกในพื้นที่แปลงที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าความ

พรวนรวมของดิน 48.36 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ดินก่อนปลูกในพื้นที่แปลงไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีความพรวนของดิน 49.20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ดินที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกพืชโดยทั่วไป ควรมีช่องว่างหรือความพรวนของดินประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร สำหรับเป็นที่อยู่ของน้ำและอากาศ โดยช่องว่างขนาดใหญ่จะเป็นที่อยู่ของอากาศ ส่วนช่องว่างขนาดเล็กจะเป็นที่อยู่ของน้ำ ความพรวนของดิน เป็นสมบัติของดินซึ่งถูกควบคุมโดยปริมาตรและขนาดของช่องในดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ดินทางกายภาพก่อนปลูกพืช

สมบัติทางกายภาพของดิน ก่อนปลูกพืช	มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ
ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	1.73	1.83
ความหนาแน่นของอนุภาคดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)	2.24	2.32
ความพรวนรวมของดิน (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)	48.36	49.20

4) การตรวจสอบประเภทของเนื้อดิน (soil texture)

จากการเก็บตัวอย่างดินชั้นบนที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เพื่อตรวจวิเคราะห์ประเภทของเนื้อดิน (soil texture) โดยกลุ่มวิจัยกายภาพดิน สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน พบว่าเนื้อดินในแปลงวิจัย ดินมีปริมาณทราย (sand) 14.8 เปอร์เซ็นต์ อนุภาคดินทราย เป็นอนุภาคที่มีขนาดใหญ่ที่สุด และให้ความรู้สึกสากมือ และเนื้อดิน “หยาบ” ขนาด 2.00-0.05 มิลลิเมตร (USDA1) ปริมาณทรายแป้ง (silt) 36.13 เปอร์เซ็นต์ อนุภาคดินทรายแป้ง เป็นอนุภาคขนาดปานกลาง และให้ความรู้สึกนุ่ม ลื่นมือ หรือ “ลักษณะคล้ายแป้ง” ขนาด 0.05-0.002 มิลลิเมตร (USDA) และดินเหนียว (clay) 49.15 เปอร์เซ็นต์ อนุภาคดินเหนียวเป็นอนุภาคขนาดเล็กที่สุด และให้ความรู้สึก “เหนียว” และแน่นยากที่จะบีบ ขนาด <0.002 มิลลิเมตร (USDA) จากค่าทั้ง 3 แสดงว่าดินในพื้นที่แปลงวิจัย มีปริมาณกลุ่มขนาดดินเหนียวมากจะเป็นประเภทเนื้อละเอียด (fine textural class) เป็นดินลึกลับปานกลาง มีการระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง เป็นกลุ่มดินเหนียวละเอียด ดินลึกลับปานกลางถึงชั้นหินพื้นผิ ดินบน (0-30 เซนติเมตร) มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 ผลการวิเคราะห์ดินทางกายภาพประเภทของเนื้อดิน (soil texture)

ประเภทของเนื้อดิน	พื้นที่แปลงวิจัย
% sand (ปริมาณทราย)	14.80 %
% silt (ปริมาณทรายแป้ง)	36.13 %
% clay (ปริมาณดินเหนียว)	49.15 %

4.7.3 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของดินหลังการทดลอง

จากผลตรวจวัดความหนาแน่นรวมของดินในพื้นที่แปลงทดลอง ซึ่งเป็นชุดดินวังสะพุง เป็นดินสีปนกลาง พื้นที่ที่มีความลาดชัน 37 เปอร์เซ็นต์ เพื่อใช้อธิบายสมบัติทางกายภาพของดิน ก่อนการทดลอง ปี พ.ศ. 2559 พบว่า ความหนาแน่นรวมของดินในพื้นที่แปลงมีระบบอนุรักษดินและน้ำ และแปลงไม่มีระบบอนุรักษดินและน้ำ ก่อนปลูกพืชมีความหนาแน่นรวมของดิน เท่ากับ 1.73 และ 1.83 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (ตารางที่ 15)

หลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2559 เมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างพื้นที่มีระบบอนุรักษดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษดินและน้ำ พบว่าดินมีสมบัติทางกายภาพมีแนวโน้มดีขึ้น กล่าวคือ ความหนาแน่นรวมของดินมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย มีค่าเท่ากับ 1.69 และ 1.81 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลองในพื้นที่มีระบบอนุรักษดินและน้ำ พบว่าค่าความหนาแน่นรวมของดินมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 1.64-1.74 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลองในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษดินและน้ำ พบว่าค่าความหนาแน่นรวมของดินมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 1.65-1.71 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 17) โดยรวมแล้วในพื้นที่แปลงมีระบบอนุรักษดินและน้ำ และพื้นที่แปลงไม่มีระบบอนุรักษดินและน้ำ ค่าความหนาแน่นรวมของดินมีแนวโน้มลดลงในทุกวิธีการ เป็นผลเนื่องมาจากทุกวิธีการ ไม่มีการเผาเศษพืช เมื่อมีการกำจัดวัชพืช จะนำเอาเศษวัชพืชคลุมแปลงไว้เพื่อรักษาความชุ่มชื้น เมื่อมีการย่อยสลายก็จะกลายเป็นอินทรีย์วัตถุในดิน ทุกวิธีการจะช่วยลดการกร่อนของดิน เมื่อไม่มีการเผาเศษพืช ทำให้ดินมีอินทรีย์วัตถุเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ดินมีความหนาแน่นรวมลดลง การเพิ่มอินทรีย์วัตถุ และปรับปรุงโครงสร้างของดินทำให้ดินโปร่งขึ้น การเพิ่มอินทรีย์วัตถุมีผลทำให้มีการสร้างเม็ดดินที่เสถียรภาพเพิ่มขึ้นความหนาแน่นรวมของดินลดลงระบายน้ำได้ดีขึ้นเก็บความชื้นที่ประโยชน์ต่อพืชได้มากขึ้น ลดแรงต้านทานและการยืดขยายของรากพืช (Tiark et al.,1974) ความหนาแน่นรวมของดิน เป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับการอัดตัวของอนุภาคของดิน ดินที่มีค่าความหนาแน่นรวมเท่ากับ 2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ถือว่าเป็นดินที่มีการอัดตัวแน่น ทำให้รากของพืชไม่สามารถงอกขึ้นได้ง่าย พืชจึงเจริญเติบโตได้ไม่สมบูรณ์ ส่วนดินหยาบมีค่าความหนาแน่นรวม เท่ากับ 1.20-1.80 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร และดินละเอียดมีค่าความหนาแน่นรวม เท่ากับ 1.00-1.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (คณาจารย์ ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548ก)

หลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2560 เมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าดินมีสมบัติทางกายภาพดีขึ้น กล่าวคือ ความหนาแน่นรวมของดินเฉลี่ยมีค่าลงเท่ากับ 1.30 และ 1.26 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรตามลำดับ ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลองในพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าค่าความหนาแน่นรวมของดินมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 1.21-1.37 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธีการที่ 3 การปลูกข้าวไร่ ความหนาแน่นรวมของดินมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 1.21 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร รองลงมาคือวิธีการที่ 4 การปลูกข้าวไร่ร่วมกับการปลูกเงาะบนคันดิน ให้ค่าความหนาแน่นรวมของดินเฉลี่ย 1.25 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนวิธีการที่ 2 การปลูกข้าวโพดร่วมกับการปลูกเงาะบนคันดิน ให้ค่าความหนาแน่นรวมของดินเฉลี่ยสูงสุด 1.36 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลองในพื้นที่ที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าค่าความหนาแน่นรวมของดินมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 1.20-1.34 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธีการที่ 1 การปลูกข้าวโพด ความหนาแน่นรวมของดินมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 1.20 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร รองลงมาคือวิธีการที่ 2 การปลูกข้าวโพดร่วมกับการปลูกเงาะบนคันดิน ให้ค่าความหนาแน่นรวมของดินเฉลี่ย 1.25 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนวิธีการที่ 4 การปลูกข้าวไร่ร่วมกับการปลูกเงาะบนคันดิน ให้ค่าความหนาแน่นรวมของดินเฉลี่ยสูงสุด 1.34 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แต่โดยรวมแล้วในทุกวิธีการ ที่ปลูกพืชในพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ให้ค่าความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานไม่แตกต่างกันทางสถิติ และมีค่าที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของพืชไร่และไม้ผล (ตารางที่ 18) ความหนาแน่นรวมของดินเป็นดัชนีชี้ถึงการอัดแน่นของดิน มีค่าผันแปรระหว่าง 1.10-1.50 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สำหรับดินไร่ที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกทั่ว ๆ ไป จะมีค่าประมาณ 1.30-1.50 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (มัตติกา, 2551)

หลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2561 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าดินมีสมบัติทางกายภาพดีขึ้น กล่าวคือ ความหนาแน่นรวมของดินมีค่าใกล้เคียงปีที่ 2 (ปี พ.ศ. 2560) ของการทดลอง มีค่าเท่ากับ 1.31 และ 1.23 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรตามลำดับ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพื้นที่ที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นรวมของดินมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 1.23 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลอง ในพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าค่าความหนาแน่นรวมของดินมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 1.29-1.32 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 19) และการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลองในพื้นที่ที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าค่าความหนาแน่นรวมของดินมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 1.19-1.29 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยความหนาแน่นรวมของดิน มีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยหลังการทดลองเมื่อเปรียบเทียบกับปีที่ 2 ซึ่งความหนาแน่นรวมของดิน เป็นตัวบ่งชี้ถึงระดับการอัดตัวของอนุภาคของดิน ดินที่มีค่าความหนาแน่นรวมเท่ากับ 2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ถือว่าเป็นดินที่มีการอัดตัวแน่น ทำให้รากของพืชไม่สามารถชอนไชได้ง่าย พืชจึงเจริญเติบโตได้ไม่สมบูรณ์ ส่วนดินหยาบมีค่าความหนาแน่นรวม เท่ากับ 1.20-1.80 กรัมต่อลูกบาศก์

เซนติเมตร และดินละเอียดมีค่าความหนาแน่นรวม เท่ากับ 1.00-1.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548ก)

โดยรวมแล้วในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ทุกวิธีการ ค่าความหนาแน่นรวมของดินมีค่าลดลง เป็นผลเนื่องจากการไม่มีการเผาเศษพืช เมื่อมีการกำจัดวัชพืช จะนำเอา เศษวัชพืชคลุมแปลงไว้เพื่อรักษาความชุ่มชื้น ให้มีการย่อยสลายก็จะกลายเป็นอินทรีย์วัตถุในดิน จะช่วยลด การกร่อนของดิน ไม่มีการเผาเศษพืช จึงทำให้ดินมีอินทรีย์วัตถุเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ดินมีความหนาแน่นรวม ลดลง ปัจจัยที่ส่งผลทำให้ค่าความหนาแน่นรวมของดินแตกต่างกันในแต่ละปีคือ วิธีการกำจัดวัชพืชโดยใช้แรง คนตัดหญ้าบริเวณแปลงทดลอง ไม่มีการเผาเศษซากพืช แล้วนำเอาเศษซากพืชคลุมแปลงไว้ เพื่อรักษาความ ชุ่มชื้น เมื่อมีการย่อยสลายก็จะกลายเป็นอินทรีย์วัตถุในดิน วิธีการปลูกพืชในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ค่าความหนาแน่นรวมของดินจะปรับตัวลดลงในแต่ละปี โดยวิธีการที่ไม่มี ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ จะส่งผลให้มีค่าความหนาแน่นรวมของดินปรับตัวลดลงได้ดีกว่าวิธีการมีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ อาจเป็นผลมาจากในพื้นที่ที่มีการขุดคุ้ยน้ำขอบเขา จะสูญเสียพื้นที่พืชคลุมดินไปบางส่วน และเป็นการพลิกหน้าดินจากดินล่างขึ้นมาเป็นดินถมของคันดิน ทำให้พืชคลุมดินที่จะขึ้นตามธรรมชาติมีน้อย กว่าวิธีการไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ เมื่อมีการกำจัดวัชพืชที่ใช้คลุมดินจึงได้เศษพืชมาก และจะมีการย่อย สลายเป็นอินทรีย์วัตถุได้มากกว่า จึงส่งผลให้ค่าความหนาแน่นรวมของดินปรับลดลงได้ดีกว่า การไม่เผาเศษ พืช ต่อซังข้าวไร่ ต่อซังข้าวโพด และปล่อยให้คลุมดินจนถึงฤดูปลูกปีต่อไป บางส่วนจะย่อยสลายลงไปในดิน ช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดิน ทำให้ความหนาแน่นของดินลดลง (Alexander, 2001; Fullen and Catt, 2004) การเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดิน จะช่วยพัฒนาโครงสร้างของดินให้ดีขึ้น จนได้โครงสร้างดินที่มีเสถียรภาพและ ทนต่อการกร่อนของดิน (Tisdall and Oades, 1982)

สอดคล้องกับงานวิจัย การศึกษามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในแปลงปลูกมะคาเดเมีย ที่มีผลต่อ การสูญเสียดินและความชื้นของดินบนพื้นที่สูงในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำแม่จันทอนบน ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ดำเนินการที่บ้านดงจาโล หมู่ที่ 13 ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ชุดดินดอยปุ๋ย พื้นที่ที่มีความลาดชัน 25 เปอร์เซ็นต์ ปี พ.ศ. 2556-2559 เพื่อศึกษาผลของ มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อการการสูญเสียดิน ปริมาณน้ำในดิน สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน ที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของ มะคาเดเมียบนพื้นที่สูง วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) มี 6 วิธีการ 3 ซ้ำ ดังนี้ 1. ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ 2. ใช้แถบหญ้าแฝก V.I.2.5 เมตร 3. ใช้คุ้ยรับน้ำขอบเขา V.I.4 เมตร 4. ใช้คุ้ยรับน้ำขอบเขา V.I.4 เมตร ร่วมกับ แถบหญ้าแฝกด้านนอกคุ้ยรับน้ำขอบเขา 5. ใช้ฐานปลูกไม้ผลเฉพาะต้น 6. ใช้คุ้ยรับน้ำขอบเขา V.I.8 เมตร เป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2557 ความหนาแน่นรวมของดิน ที่ระดับ 0-15 เซนติเมตร มีค่าระหว่าง 1.49-1.55 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ หลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2557 ความหนาแน่นรวมของดิน ที่ระดับ 0-15 เซนติเมตรมีค่าลดลง มีค่าระหว่าง 1.21-1.47 กรัมต่อ ลูกบาศก์เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง หลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2558 ค่าความหนาแน่น รวมของดิน ที่ระดับ 0-15 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ มีค่าระหว่าง 1.10-1.28 กรัมต่อ

ลูกบาศก์เซนติเมตร และหลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2559 ค่าความหนาแน่นรวมของดินลดลงเฉลี่ยต่ำสุด 1.10-1.13 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรตามลำดับ ไม่แตกต่างกันทางสถิติการใช้คูรับน้ำขอบเขาร่วมกับแถบหญ้าแฝกด้านนอก คูรับน้ำขอบเขา จะส่งผลดีต่อความหนาแน่นรวมของดิน การใช้ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีกลร่วมกับวิธีพืช จะเป็นการส่งเสริมกันในเรื่องของการป้องกันการกร่อนของดินได้เป็นอย่างดี อีกทั้งแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา จะช่วยซับหน้าดินและป้องกันของคันดินไม่ให้พังทลาย จึงมีประสิทธิภาพในการลดการกร่อนของหน้าดินได้ดี ส่งผลให้มีการสะสมเศษซากพืชได้มากขึ้น การกร่อนของหน้าดินก็จะลดลง (ศรีบุญวงศ์, 2559) จากรายงานของ Wischmeier (1975) การปลูกพืชคลุมดินโดยพืชคลุมดินจะช่วยลดการถูกกระแทกของดินจากเม็ดฝน ทำให้การตกกระทบและแตกกระจายของเม็ดดินลดน้อยลง ส่งผลให้น้ำไหลบ่าหน้าดินลดลงอีกด้วย นอกจากนี้รายงานของ พบว่าพืชคลุมดินทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินเพิ่มขึ้น Hatfield and Stewart (1994) อ้างโดย ภรภัทร และคณะ (2561) เป็นปัจจัยสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของดิน การแทรกซึมน้ำในดิน การเพิ่มช่องว่างขนาดใหญ่ในดิน และช่วยลดการแน่นทึบของผิวหน้าดินได้ ทั้งนี้เนื่องจากพืชปกคลุมดินจะช่วยการกร่อนของดิน และชะลอการไหลบ่าของน้ำบริเวณผิวดิน ประกอบกับการไม่เผาพื้นที่เพื่อเตรียมปลูกพืช และปล่อยให้เศษซากพืชคลุมดินจนถึงฤดูปลูกพืชในปีถัดไป ซึ่งเศษซากพืชบางส่วนจะย่อยสลายลงไปในดิน ช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดิน ทำให้ความหนาแน่นของดินลดลง (Alexander, 2001)

ตารางที่ 17 ผลวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดินหลังการทดลองปี พ.ศ. 2559

วิธีการ	ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)		เฉลี่ย
	M1	M2	
	มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	
S1 ปลูกข้าวโพด	1.74	1.67	1.71
S2 ปลูกข้าวโพด+เงาะ	1.70	1.71	1.71
S3 ปลูกข้าวไร่	1.64	1.65	1.65
S4 ปลูกข้าวไร่+เงาะ	1.67	1.70	1.69
เฉลี่ย	1.69	1.68	

C.V. (a) = 3.46 % C.V. (b) = 8.11 %

ตารางที่ 18 ผลวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดินหลังการทดลองปี พ.ศ. 2560

วิธีการ	ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)		เฉลี่ย
	M1	M2	
	มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	
S1 ปลุกข้าวโพด	1.36ab	1.20b	1.28
S2 ปลุกข้าวโพด+เงาะ	1.37a	1.25ab	1.31
S3 ปลุกข้าวไร่	1.21c	1.26ab	1.24
S4 ปลุกข้าวไร่+เงาะ	1.25bc	1.34a	1.30
เฉลี่ย	1.30	1.26	

C.V. (a) = 6.63 % C.V. (b) = 4.94 %

ตารางที่ 19 ผลวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดินหลังการทดลองปี พ.ศ. 2561

วิธีการ	ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)		เฉลี่ย
	M1	M2	
	มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	
S1ปลุกข้าวโพด	1.29	1.19	1.24
S2ปลุกข้าวโพด+เงาะ	1.31	1.26	1.29
S3ปลุกข้าวไร่	1.32	1.19	1.26
S4ปลุกข้าวไร่+เงาะ	1.32	1.29	1.31
เฉลี่ย	1.31a	1.23b	

C.V. (a) = 2.10 % C.V. (b) = 8.22%

จากผลตรวจวัดความพรุนรวมของดิน (total porosity) ในพื้นที่แปลงทดลอง ซึ่งเป็นชุดดินวังสะพุง เป็นดินลิกปานกลาง ลักษณะและสมบัติดิน: จากการสำรวจในพื้นที่ดำเนินการโดยจุดตรวจสอบชุดดินนี้พบว่า เป็นดินลิกปานกลาง ดินบนหนาประมาณ 15-25 เซนติเมตร มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียว พื้นที่ที่มีความลาดชัน 37 เปอร์เซ็นต์ เพื่อใช้อธิบายสมบัติทางกายภาพของดิน

ก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2559 พบว่า ความพรุนรวมของดิน (total porosity) ในพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าเท่ากับ 48.36 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ส่วนในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ความพรุนรวมของดิน ในพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าเท่ากับ 49.20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ลักษณะดินในพื้นที่เป็นดินร่วนปนดินเหนียว สอดคล้องกับรายงานความพรุนรวมของดิน หรือความพรุนทั้งหมดของดินชนิดต่าง ๆ และอินทรีย์วัตถุที่เป็นองค์ประกอบของดิน พบว่าชนิดของดิน ดินร่วนมีเม็ดดินที่เสถียรมาก ความพรุนรวมของดิน จะมีค่าอยู่ระหว่าง 47.17-62.26 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ชนิดของดินที่เป็น ดินเหนียว (clay) ความพรุนรวมของดิน จะมีค่าโดยประมาณ 52.83 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (Hillel, 1980a) ทั้งนี้ดินก่อนการทดลองในพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งเป็นดินร่วนปนดินเหนียว มีค่าความพรุนรวมของดิน (48.36 และ 49.20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรตามลำดับ) (ตารางที่ 15) ความพรุนรวมของดิน (total porosity, E) ซึ่งหมายถึง สัดส่วนระหว่างปริมาตรของช่องในดิน (pore volume, V_p) และปริมาตรรวมของดิน (bulk volume, V_b) ความพรุนรวมของดินจะบอกให้ทราบว่า ถ้าดวงดินแห้งมาโดยให้มีปริมาตรรวมเท่ากับ 1 หน่วย ในระหว่างอนุภาคแข็งเหล่านั้นจะมีช่อง ซึ่งบรรจุอากาศอยู่ เป็นสัดส่วนเท่าใด ความพรุนรวมของดินเป็นความสามารถของดินในการกักเก็บอากาศและน้ำไว้ในหน้าตัดดิน รวมทั้งความสามารถของดินในการระบายอากาศ น้ำ และความร้อนซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนเพาะปลูกและการให้น้ำแก่พืช พบว่าดินก่อนปลูกในพื้นที่แปลงมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าความพรุนรวมของดิน 48.36 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ดินก่อนปลูกในพื้นที่แปลงไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีความพรุนของดิน 49.20 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ดินที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูกพืชโดยทั่วไป ควรมีช่องว่างหรือความพรุนของดินประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร สำหรับเป็นที่อยู่ของน้ำและอากาศ โดยช่องว่างขนาดใหญ่จะเป็นที่อยู่ของอากาศ ส่วนช่องว่างขนาดเล็กจะเป็นที่อยู่ของน้ำ ความพรุนของดิน เป็นสมบัติของดินซึ่งถูกควบคุมโดยปริมาตรและขนาดของช่องในดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพี, 2548ก) และสอดคล้องกับงานวิจัย ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของดินกรณีศึกษาพื้นที่เพาะปลูกข้าว ในจังหวัดฉะเชิงเทรา และจังหวัดชลบุรี ผลการวิเคราะห์ความพรุนรวมของดิน ในอำเภอนันทนาค จังหวัดชลบุรี พบว่าดินชั้นบนมีความพรุนรวมของดินเฉลี่ย 49.25 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ส่วนดินชั้นล่างมีความพรุนรวมของดินเฉลี่ย 44.19 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรของความพรุนรวมของดิน บริเวณดินนาชั้นบนกับดินนาชั้นล่าง พบว่าความพรุนรวมของดินดินนาชั้นบนสูงกว่าดินนาชั้นล่าง (โอภาส, 2558)

หลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2561 พบว่า ความพรุนรวมของดิน (total porosity) ในพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าลดลงจากก่อนการทดลองจาก 48.36 เป็น 42.86 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (มีค่าลดลง 5.50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร) และในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าลดลงจากก่อนการ

ทดลองจาก 49.20 เป็น 40.18 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (มีค่าลดลง 9.02 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร) โดยรวมแล้วในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ค่าความพรุนรวมของดินมีแนวโน้มลดลงทั้ง 2 พื้นที่ และมีค่าความพรุนของดินใกล้เคียงกัน สอดคล้องกับรายงานของมัตติกา (2551) ความพรุนของดิน (soil porosity) เป็นสมบัติที่บ่งชี้ว่าดินนั้น ๆ มีปริมาตรช่องว่างอยู่เท่าไร (น้ำและอากาศ) คิดเป็นร้อยละ หรือสัดส่วนเท่าไรของปริมาตรดิน ร้อยหน่วยปริมาตร หรือสัดส่วนของปริมาณดินทั้งหมด ช่องในดินมีหน้าที่กักเก็บน้ำและอากาศ รวมทั้งเป็นทางระบายน้ำและอากาศของดิน ความพรุนรวมของดิน (total porosity) เป็นสมบัติของดินที่บ่งชี้ว่าดินนั้น ๆ มีปริมาตรของช่องทั้งหมด ทั้งส่วนที่มีน้ำและไม่มีน้ำ (มีอากาศ) คิดเป็นร้อยละหมายถึง ปริมาณของช่องว่างในดินใน 1 หน่วยปริมาตร หรือ 100 หน่วยปริมาตรของดิน ความพรุนรวมของดิน จะมีความสำคัญต่อพืชมาก ในแง่ของการใช้ประโยชน์จากน้ำในดิน (available water storage) ปัจจัยที่มีผลต่อความพรุนรวมของดินคือ เนื้อดิน ดินที่มีเนื้อละเอียดมากจะมีความพรุนสูง แต่มีการระบายอากาศไม่ดี โครงสร้างดิน ดินที่มีโครงสร้างดีจะมีช่องขนาดใหญ่ มีความหนาแน่นต่ำ มีรูพรุนมาก มีการระบายอากาศดี อินทรีย์วัตถุ เป็นสิ่งที่ปรับปรุงโครงสร้างและมีผลต่อความหนาแน่นรวมของดิน ทำให้ดินโปร่ง ความหนาแน่น การเซตกรรม หรือวิธีการจัดการใด ๆ ก็ตาม ที่ลดความหนาแน่นรวมของดิน จะส่งผลให้ความพรุนรวมของดินมีค่าเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัย การศึกษาผลของสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินบริเวณสถานีวิจัยลุ่มน้ำปากพนัง อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าความพรุนรวมของดินบริเวณลุ่มน้ำปากพนัง มีค่าอยู่ในช่วง 45.31-59.30 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โดยดินบนมีค่า 45.31-59.30 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ส่วนในดินล่างมีค่า 49.03-58.91 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ส่วนใหญ่มีแนวโน้มลดลงตามความลึกของดิน สัมพันธ์กับความหนาแน่นรวมของดินที่เพิ่มขึ้น และปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ลดลง (อาจิ้นและคณะ, 2540)

เมื่อพิจารณาถึงความพรุนรวมของดิน (total porosity) หลังการทดลองในปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2561 จะต้องพิจารณาถึงความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน หลังการทดลองในปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2561 ซึ่งพบว่าในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าเฉลี่ย 4.17 เปอร์เซ็นต์ (อยู่ในระดับสูง high) มีค่าสูงกว่าพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ซึ่งปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าเฉลี่ย 3.66 เปอร์เซ็นต์ (อยู่ในระดับสูง high) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 19)

จะเห็นได้ว่าหลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2561 แสดงดังตารางที่ 20 พื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ จะส่งผลให้มีค่าความพรุนของดินปรับตัวลดลงน้อยกว่า (มีค่าลดลง 5.50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร) พื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (มีค่าลดลง 9.02 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร) เป็นผลเนื่องมาจากพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (ใช้คูรับน้ำขอบเขา หรือคันดินแบบที่ 6) โดยการขุดคันดินแบบระดับหลังการทดลองปีที่ 3 ดินขุดดินถมของคูรับน้ำขอบเขาเริ่มยึดตัวกันอย่างเหนียวแน่น และเป็นระยะห่างของคูรับน้ำขอบเขาที่สมดุลกับระบบพืช คูรับน้ำขอบเขาสามารถลดความเร็วของน้ำไหลบ่า และลดการกร่อนของหน้าดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีให้กับข้าวโพด และข้าวไร่ โดยการหว่านปุ๋ยข้างแถวข้าวโพดและข้าวไร่แล้วพรวนกลบ และเจาะมีการใส่ปุ๋ยรอบทรงพุ่ม ในส่วนของการกำจัดวัชพืชในแปลงทดลอง โดยใช้แรงคนมีการนำเศษพืชมาคลุมแปลงทดลอง และปล่อยย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุ เมื่อมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพด

ข้าวไร่ ไม่มีการเผาตอซังข้าวโพดและตอซังข้าวไร่ จะปล่อยให้มีการย่อยสลายตามธรรมชาติ จึงส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้น ในส่วนในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ถึงแม้ว่าจะปล่อยให้มีการชะล้างดินตามธรรมชาติ แต่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่จะช่วยชะลอการไหลบ่าของน้ำฝน จึงเกิดการกร่อนของหน้าดินไหลลงไปสู่ด้านล่างของแปลงทดลอง สอดคล้องกับ ศรัณยุพงศ์ (2557) งานวิจัยการศึกษาประสิทธิภาพของแถบพืชเป็นมาตรการอนุรักษ์ดิน เพื่อการปลูกข้าวโพดบนพื้นที่ดอน ในพื้นที่จังหวัดพะเยา ดำเนินการที่ บ้านธาตุสันติธรรม หมู่ที่ 8 ตำบลพระธาตุซาง อำเภอจุน จังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2554 2555 และ 2556 ในชุดดินเชียงคาน (Chiang Khan series: Ch) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design มี 5 วิธีการ 3 ซ้ำ ดังนี้ 1. วิธีการไม่มีระบบอนุรักษ์ดิน 2. ปลูกข้าวร่วมกับเศษพืชเป็นแถบพืชอนุรักษ์ดิน 3. ปลูกกาแฟร่วมกับเศษพืชเป็นแถบพืชอนุรักษ์ดิน 4. ปลูกมะนาวร่วมกับเศษพืชเป็นแถบพืชอนุรักษ์ดิน 5. ปลูกน้อยหน่าร่วมกับเศษพืช เป็นแถบพืชอนุรักษ์ดิน พบว่าฟอสฟอรัส (P) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) ก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2554 ความพรุนรวมของดิน ไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ระหว่าง 32.83–38.74 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร หลังการทดลองปี พ.ศ. 2556 ค่าความพรุนรวมของดิน ที่ระดับ 0-15 เซนติเมตร มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าระหว่าง 42.38-49.43 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร โดยวิธีการที่ 5 ปลูกน้อยหน่าร่วมกับเศษพืช ค่าของความพรุนรวมของดินมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 49.43 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ส่วนวิธีการที่ 1 วิถีเกษตรกรรม ไม่มีระบบอนุรักษ์ดิน ค่าของความพรุนรวมของดินมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 42.38 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ความพรุนรวมของดิน ที่ระดับ 0-15 เซนติเมตร มีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธีการปลูกน้อยหน่าร่วมกับเศษพืช เป็นแถบพืชอนุรักษ์ดิน ส่งผลให้ความพรุนรวมของดินมีค่าสูงสุด (49.43 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร) โดยทุกวิธีการจะมีการไถกลบตอซังข้าวโพด ลงไปในดินทุกครั้ง หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต เป็นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุ และปรับปรุงโครงสร้างของดินทำให้ดินโปร่งขึ้น เมื่อมีการสะสมเป็นเวลาราว 3 ปี ก็จะมีลักษณะคล้ายกับคันดินที่มีการยกคันขึ้นสูง 20 เซนติเมตร ซึ่งจะช่วยชะลอการไหลบ่าของน้ำบริเวณผิวดิน ได้เป็นอย่างดี และจะช่วยดักเศษซากพืชไม่ให้ไหลลงสู่บ่อตกตะกอนดินได้ เมื่อมีการชะลอความเร็วของน้ำ จะส่งผลให้น้ำมีการซึมลงไปในดินได้ดีขึ้น เศษซากพืชไม่ถูกชะล้างลงสู่บ่อตกตะกอนดิน ส่วนหนึ่ง จะสะสมอยู่ในแปลง และย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุให้กับดิน จึงส่งผลต่อความพรุนรวมของดิน ที่ระดับ 0-15 เซนติเมตร มีค่าสูงสุด และสอดคล้องกับงานวิจัยการศึกษามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในแปลงปลูกมะคาเดเมียที่มีผลต่อการสูญเสียดินและความชื้นของดินบนพื้นที่สูงในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำ น้ำแม่จันตอนบน ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ดำเนินการที่ บ้านตองจางไฮ หมู่ที่ 13 ตำบลแม่สลองนอก อำเภอ แม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ชุดดินดอยปู่ พื้นที่ที่มีความลาดชัน 25 เปอร์เซ็นต์ ปี พ.ศ. 2556-2559 เพื่อศึกษาผลของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อการการสูญเสียดิน ปริมาณน้ำในดินสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของมะคาเดเมียบนพื้นที่สูง วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) มี 6 วิธีการ 3 ซ้ำ ดังนี้ 1. ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ 2. ใช้แถบหญ้าแฝก V.I.2.5 เมตร 3. ใช้คูรับน้ำขอบเขา V.I.4 เมตร 4. ใช้คูรับน้ำขอบเขา V.I.4 เมตร ร่วมกับแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา 5. ใช้ฐานปลูกไม้ผลเฉพาะต้น 6. ใช้คูรับน้ำขอบเขา V.I.8 เมตร เป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ความพรุนรวมของดิน (total porosity)

ที่ระดับ 0-15 เซนติเมตร ก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2557 ความพรุนรวมของดิน ที่ระดับ 0-15 เซนติเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 41.50–43.63 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ หลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2559 ความพรุนรวมของดิน ที่ระดับ 0-15 เซนติเมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 51.19-57.47 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยวิธีการที่ 4 ปลุกไม้ผล ใช้คูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I.4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขาเป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ค่าความพรุนรวมของดินมีค่าสูงสุด 57.47 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ส่วนวิธีการที่ 1 ปลุกไม้ผล ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ความพรุนรวมของดิน มีค่าต่ำสุด 51.19 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จะเห็นได้ว่าการใช้คูรับน้ำขอบเขาร่วมกับแถบหญ้าแฝกด้านนอก คูรับน้ำขอบเขา จะส่งผลดีต่อค่าความพรุนรวมของดินมากที่สุด การใช้ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยวิธีกล ร่วมกับวิธีพืช จะเป็นการส่งเสริมกันในเรื่องของการป้องกันการกร่อนของดินได้เป็นอย่างดี อีกทั้งแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา จะช่วยซับหน้าดินและป้องกันคันดินไม่ให้พังทลาย จึงมีประสิทธิภาพในการลด การกร่อนของหน้าดินได้ดี ส่งผลให้มีการสะสมเศษซากพืชได้มากขึ้น การกร่อนของหน้าดินก็จะลดลง จะส่งผลให้ค่าความพรุนรวมของดินเพิ่มขึ้น (ศรัญญพงศ์, 2559)

ตารางที่ 20 ผลวิเคราะห์ความพรุนรวมของดิน (total porosity) ก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2559 และหลัง การทดลองปี พ.ศ. 2561

สมบัติทาง กายภาพของดิน	ช่วงเวลา	แปลงมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)	แปลงไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)
ความพรุนรวม ของดิน (เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร)	ก่อน ปี พ.ศ. 2559	48.36	49.20
	หลัง ปี พ.ศ. 2561	42.86	40.18
ความแตกต่าง		- 5.50	- 9.02

4.7.4 สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2559

ผลวิเคราะห์ดินก่อนเริ่มดำเนินการทดลองในปี พ.ศ. 2559 โดยเก็บตัวอย่างดินแบบ composite sample ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่ามีค่าพีเอช เท่ากับ 4.2 ดินมีสภาพเป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับ ค่อนข้างต่ำ (moderately low) คือ 1.37 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 2 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับต่ำมาก (very low) มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ เท่ากับ 65.00 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (medium) และในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่ามีค่าพีเอช เท่ากับ 4.4 ดินมีสภาพเป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับ ปานกลาง (medium) คือ 1.72 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับต่ำ (low) มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ เท่ากับ 47.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับต่ำ (low) (ตารางที่ 21)

ตารางที่ 21 ผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีก่อนปลูกพืช

วิธีการ	ค่าพีเอช	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัสที่เป็น ประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)	โพแทสเซียมที่ สกัดได้ (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)
M1 : คุ้รับน้ำขอบเขา แบบที่ 6	4.2	1.37	2	76
M2 : ไม่มีระบบอนุรักษ์ฯ	4.4	1.72	8	47

4.7.5 สมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลอง

1) ค่าพีเอชของดินหลังการทดลองปีที่ 1

ผลวิเคราะห์ดินก่อนเริ่มดำเนินการทดลองในปี พ.ศ. 2559 โดยเก็บตัวอย่างดินแบบ composite sample ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่ามีค่าพีเอชของดิน เท่ากับ 4.2 ดินมีสภาพเป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) และในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่ามีค่าพีเอชของดิน เท่ากับ 4.4 ดินมีสภาพเป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid)

หลังการทดลองปีที่ 1 ปี 2559 มีการเก็บตัวอย่างดิน ทุกแปลงย่อย จำนวน 24 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าค่าพีเอชของดินมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เท่ากับ 5.97 และ 5.91 ตามลำดับ เป็นกรดปานกลาง (moderately acid) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลองในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าค่าพีเอชของดินมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 5.87-6.06 มีค่าเป็นกรดปานกลาง (moderately acid) ไม่มีความแตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ และการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลองในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่า ค่าพีเอชของดิน มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 5.90-6.03 มีค่าเป็นกรดปานกลาง (moderately acid) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 22)

ค่าพีเอชของดินก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2559 ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าพีเอชเท่ากับ 4.2 และ 4.4 ดินมีสภาพเป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) หลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2559 ทั้งสองพื้นที่ค่าพีเอชของดิน มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเป็นกรดปานกลาง (moderately acid) (5.97 และ 5.91 ตามลำดับ) วิธีการทดลองในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าเป็นกรดปานกลาง (moderately acid) (มีค่า 5.87-6.06) และระหว่างวิธีการทดลองในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าเป็นกรดปานกลาง (moderately acid) (มีค่า 5.90-6.03) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 22)

แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชของดิน (pH) ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในทุกวิธีการทดลอง กล่าวได้ว่า วิธีการมีระบบอนุรักษ์ดิน และวิธีการไม่มีระบบอนุรักษ์ดิน ไม่มีผลต่อค่าพีเอชของดิน สาเหตุที่ค่าพีเอชของดิน (pH) เพิ่มขึ้นจากสภาพกรดจัดเปลี่ยนแปลงเป็นกรดปานกลาง (moderately acid) เกิดขึ้นจากดินมีสมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น โดยโครงสร้างของดินมีเสถียรภาพ ความหนาแน่นรวมของดินต่ำ ความพรุนรวม ของดินมีค่าเพิ่มสูงขึ้นในทุกวิธีการ และสอดคล้องกับรายงานของ ยงยุทธ และคณะ (2551) โครงสร้างของดินที่มีเสถียรภาพ ความหนาแน่นรวมของดินต่ำ ความพรุนรวมของดินสูง การแทรกซึมน้ำและการซึมซับน้ำ ของดินสะดวก การระบายน้ำและการถ่ายเทอากาศดี ส่งเสริมให้ระบบรากพืชพัฒนา และแพร่กระจายได้กว้างและลึก จึงมีโอกาสดูดธาตุอาหารและน้ำไปใช้ประโยชน์ได้มากกว่าเดิม ธาตุอาหารพืชไม่ถูกตรึงจึงทำให้พีเอชของดินปรับสภาพสูงขึ้นตาม

ตารางที่ 22 ผลวิเคราะห์ค่าพีเอชของดินหลังการทดลองในปี พ.ศ. 2559

วิธีการ	ค่าพีเอชของดิน		เฉลี่ย
	M1 มีระบบ	M2 ไม่มีระบบ	
	อนุรักษ์ดินและน้ำ	อนุรักษ์ดินและน้ำ	
S1 ปลุกข้าวโพด	5.93	5.90	5.92
S2 ปลุกข้าวโพด+เงาะ	6.00	5.80	5.90
S3 ปลุกข้าวไร่	6.06	5.90	5.98
S4 ปลุกข้าวไร่+เงาะ	5.87	6.03	5.95
เฉลี่ย	5.97	5.91	

C.V. (a) = 18.06 % C.V. (b) = 19.48 %

2) ค่าพีเอชของดินหลังการทดลองปีที่ 2

ในการเปรียบเทียบค่าพีเอชของดินหลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2560 จะใช้ผลของค่าพีเอชของดินหลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2559 เป็นตัวเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงพีเอชของดิน ซึ่งค่าพีเอชของดิน ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าเท่ากับ 5.97 และ 5.91 ตามลำดับ มีสภาพเป็นกรดปานกลาง (moderately acid)

หลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2560 มีการเก็บตัวอย่างดินทุกแปลงย่อย จำนวน 24 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าค่าพีเอชของดินมีค่าลดต่ำลงเท่ากับ 4.63 และ 4.55 ตามลำดับ มีสภาพเป็นกรดจัดมาก (very strongly acid) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลองในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าค่าพีเอชของดินมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 4.56-4.67 มีสภาพเป็นกรดจัดมาก (very strongly acid) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลองในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่า ค่าพีเอชของดินมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 4.37-4.73 มีสภาพเป็นกรดจัดมาก (very strongly acid) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 23)

จากการวิเคราะห์ในเรื่องสภาพพื้นที่ ที่ทำแปลงทดลองเป็นพื้นที่สูง มีความลาดชัน 37 เปอร์เซ็นต์ ในปีที่สองของการทดลอง ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ยังเกิดการกร่อนของหน้าดินอยู่ การกร่อนของหน้าดินจะทำให้เนื้อดิน อินทรีย์วัตถุ และธาตุอาหารพืชบริเวณผิวดินถูกชะล้างออกไป พื้นที่ที่มีการชะล้างของหน้าดินสูง จะส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดมากขึ้น (ภัทรารุณ, 2555)

จะเห็นว่าในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ยังมีการกร่อนของหน้าดินอยู่ ประกอบกับการมีการใช้ปุ๋ยเคมีในปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2559 และปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2560 ของการทดลอง โดยมีการใส่ปุ๋ยเคมีในแปลงข้าวโพด ข้าวไร่ สูตร 15-15-15 ผสมกับ สูตร 46-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ วิธีโรยข้างแถวข้าวโพด ข้าวไร่ และใส่ปุ๋ยให้กับต้นเงาะ อัตรา 0.5 กิโลกรัมต่อต้น และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 20 กรัมต่อต้น การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่อง และไม่มีการปรับสภาพดินโดยการไถพรวน และไม่มีการปรับปรุงบำรุงโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก เป็นต้น จึงส่งผลให้ดินในพื้นที่แปลงทดลองยังคงมีสภาพเป็นกรดจัดมาก (very strongly acid) การกร่อนของดินอย่างรุนแรง ทำให้สมบัติในด้านเคมีและกายภาพของดินเลวลง ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ผลจากการการกร่อนของดินอย่างรุนแรงมีผลทำให้เป็นด่าง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นธาตุอาหารพืช ที่มีอยู่ในปริมาณต่ำ เมื่อถูกชะล้างออกไป จึงทำให้ดินมีฤทธิ์เป็นกรด (สุรชัยและคณะ, 2535) สอดคล้องกับผลการศึกษาประสิทธิภาพปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทดแทนปุ๋ยเคมี เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จังหวัดลำปาง ก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2552 ค่าพีเอชของดินเฉลี่ย 6.1 หลังการทดลอง ค่าพีเอชของดินเฉลี่ยลดลงเป็น 5.7 เกิดจากปุ๋ยที่ใส่ลงไปคงเหลือตกค้างอยู่ในดินเกินความจำเป็น (กรวิกา, 2552) และสอดคล้องกับผลการศึกษาปริมาณการสูญเสียดินและน้ำไหลบ่า ในพื้นที่สูงจากการปลูกมะคาเดเมีย ผสมพืชไร่ร่วมกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ในชุดดินบ้านจ้อง พื้นที่ดำเนินการบ้านห้วยน้ำขาว หมู่ที่ 1 ตำบล เข็กน้อย อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ มีความลาดชันของพื้นที่ 32 เปอร์เซ็นต์ มีวิธีการดังนี้ 1) ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับข้าวไร่ และไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ 2) ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับข้าวไร่ และมีคูรับน้ำขอบเขา 3) ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝก 4) ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับถั่วแดงหลวง มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝก 5) ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับถั่วพุ่ม มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝก การเปลี่ยนแปลงพีเอชของดิน ก่อนดำเนินการทดลองปี 2561 ค่าพีเอชของดิน มีสภาพเป็นกรดจัด (pH 4.66) หลังการทดลองปี พ.ศ. 2562 ค่าพีเอชของดินมีค่าลดลง มีสภาพเป็นกรดรุนแรง (pH 4.24-4.51) หลังการทดลองปี พ.ศ. 2563 ค่าพีเอชของดินมีค่าลดลง มีสภาพเป็นกรดรุนแรง (pH 4.27-4.37) (บุญเดี้ยว และคณะ, 2566)

ตารางที่ 23 ผลวิเคราะห์ค่าพีเอชของดินหลังการทดลองในปี พ.ศ. 2560

วิธีการ	ค่าพีเอชของดิน		เฉลี่ย
	M1 มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ	M2 ไม่มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ	
S1 ปลุกข้าวโพด	4.67	4.73	4.70
S2 ปลุกข้าวโพด+เงาะ	4.60	4.60	4.60
S3 ปลุกข้าวไร่	4.67	4.37	4.52
S4 ปลุกข้าวไร่+เงาะ	4.56	4.50	4.53
เฉลี่ย	4.63	4.55	

C.V. (a) = 3.36 %

C.V. (b) = 2.50 %

3) ค่าพีเอชของดินหลังการทดลองปีที่ 3

ในการเปรียบเทียบค่าพีเอชของดิน หลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2561 จะใช้ผลของค่าพีเอชของดิน หลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2560 เป็นตัวเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงพีเอชของดิน ซึ่งค่าพีเอชของดินในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าเท่ากับ 4.63 และ 4.55 ตามลำดับ มีสภาพเป็นกรดจัดมาก (very strongly acid)

หลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2561 มีการเก็บตัวอย่างดินทุกแปลงย่อย จำนวน 24 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ค่าพีเอชของดินมีค่าลดลงเล็กน้อยเป็น 4.60 มีสภาพเป็นกรดจัดมาก (very strongly acid) ไม่แตกต่างกับก่อนการทดลอง และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ค่าพีเอชของดินมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 5.12 มีสภาพเป็นกรดจัด (strongly acid) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงตารางที่ 24

ค่าพีเอชของดินมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 4.17-5.17 เป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) ถึงเป็นกรดจัด (strongly acid) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ค่าพีเอชของดินมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 4.37-5.63 เป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) ถึงเป็นกรดปานกลาง (moderately acid) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 23)

จากการเปรียบเทียบถึงการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของดิน หลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2561 ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ค่าพีเอชของดินมีค่าเฉลี่ย 4.60 มีสภาพเป็นกรดจัดมาก (very strongly acid) ซึ่งไม่แตกต่างกับก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2561 (ค่าพีเอชของดินมีค่าเฉลี่ย 4.63)

ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ จะมีการใช้ปุ๋ยเคมีให้กับแปลงข้าวโพดอย่างเดียว แปลงข้าวโพดร่วมกับเงาะ แปลงข้าวไร่อย่างเดียว และแปลงข้าวไร่ร่วมกับเงาะ มีการใช้ปุ๋ยเคมีต่อเนื่องกัน ทั้ง 3 ปี โดยมีการใส่ปุ๋ยเคมีในแปลงข้าวโพด ข้าวไร่ สูตร 15-15-15 ผสมกับ สูตร 46-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัม ต่อไร่วิธีโรยข้างแถวข้าวโพด ข้าวไร่ และใส่ปุ๋ยให้กับต้นเงาะ อัตรา 0.5 กิโลกรัมต่อต้น และใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15 อัตรา 20 กรัมต่อต้น การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่อง และไม่มีการปรับสภาพดินโดยใช้ปูน และไม่มีการปรับปรุงบำรุงด้วยปุ๋ยอินทรีย์ การใช้พื้นที่อย่างต่อเนื่องก่อให้เกิดการกร่อนของดิน ส่งผลทำให้ค่าพีเอชของดินมีค่าลดลง อาจเป็นผลจากการที่พื้นที่ทำการทดลองมีใช้ปุ๋ยเคมีอย่างต่อเนื่อง ซึ่งถ้าใช้ในปริมาณมากหรือบ่อยครั้ง เมื่อใส่ลงไปดินจะมีผลตกค้างทำให้ดินเป็นกรด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) และในพื้นที่แปลงทดลอง เป็นพื้นที่สูงมีความลาดชัน 37 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งยังเกิดการกร่อนของหน้าดินอยู่ การกร่อนของหน้าดินจะทำให้เนื้อดิน อินทรีย์วัตถุ และธาตุอาหารพืชบริเวณผิวดินถูกชะล้างออกไป พื้นที่ที่มีการชะล้างของหน้าดินสูง จะส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดมากขึ้น (ภัทรารุณ, 2555) วิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ค่าพีเอชของดิน ก่อนการทดลองปีแรก ปี พ.ศ. 2559 ที่มีค่าพีเอช 5.91 มีสภาพเป็นกรดปานกลาง (moderately acid) และหลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2560 ค่าพีเอชมีค่าลดลงเท่ากับ 4.55 มีสภาพเป็นกรดจัดมาก (very strongly acid) หลังการทดลองปีที่ 3 ปี 2561 มีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 5.12 มีสภาพเป็นกรดจัด (strongly acid) เมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 3 ปีที่ทำการทดลอง มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับวิธีการที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ อาจเป็นผลมาจากในพื้นที่ที่มีการขุดคุ้ยน้ำขอบเขา จะสูญเสียพื้นที่พืชคลุมดินไปบางส่วน และเป็นการพลิกหน้าดินจากดินล่างขึ้นมาเป็นดินถมของคันดิน ทำให้พืชคลุมดินที่จะขึ้นตามธรรมชาติมีน้อยกว่าวิธีการไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ เมื่อมีการกำจัดวัชพืชที่ใช้คลุมดินในวิธีการไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำจะได้เศษพืชมาก และมีการย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุได้มากกว่า และเนื่องจากไม่มีการเผาเศษวัชพืช มีการนำเศษพืชคลุมแปลงไว้ เมื่อมีการย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุ โดยอินทรีย์วัตถุหรือฮิวมัส จะทำให้เกิดการต้านทาน การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างอย่างฉับพลัน ของดิน ทำให้ดินมีสภาวะที่เป็นกลางเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเป็นผลดีต่อการเจริญเติบโตของพืช และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน สารที่ได้จากการหมักอินทรีย์วัตถุ จะมีความจุฟฟเฟอร์ (buffering capacity) ตามธรรมชาติสูงจะทำให้ค่าพีเอชของดินปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในช่วง 6.0-7.0 (ยงยุทธ และคณะ, 2551) สอดคล้องกับการศึกษาของอาจิน และคณะ (2540) พบว่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินบริเวณลุ่มน้ำปากพนัง มีค่าเป็นกรดแก่ถึงกรดจัด (pH 4.6-5.5) (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) โดยดินบนมีค่าพีเอชของดิน 4.6-5.5 และดินล่างมีค่าพีเอชของดิน 4.8-5.3 การที่ค่าพีเอชของดินมีค่าสภาพเป็นกรด เนื่องจากกระบวนการผุพังเน่าเปื่อยของซากพืชที่ร่วงหล่นทำให้เกิดกรดอินทรีย์ต่าง ๆ รวมทั้งกรดที่เกิดขึ้นจากการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ถูกปลดปล่อยออกมาเมื่ออินทรีย์วัตถุสลายตัว กรดเหล่านี้จะให้ H^+ สะสมอยู่ที่ผิวดิน เข้าไปไล่ที่ไอออนบวกที่เป็นต่างประเภทยับยั้งอิทธิพลของการชะล้าง ทำให้สูญเสียประจุบวกที่เป็นต่างไปจากหน้าดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2536; ผการ์ตน์, 2535; Foth, 1990) และสัมพันธ์กับงานวิจัย การศึกษามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในแปลงปลูก มะคาเดเมียที่มีผลต่อการสูญเสียดินและความชื้นของดินบนพื้นที่สูงในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำแม่จันทอนบน ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ค่าพีเอชของดินก่อนการทดลอง

ปี พ.ศ. 2557 ดินมีสภาพเป็นกรดปานกลาง (moderately acid) ค่าพีเอชของดินมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 6.03-6.06 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และหลังการทดลองปี พ.ศ. 2559 ค่าพีเอชของดินปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid) ค่าพีเอชของดิน มีค่าอยู่ระหว่าง 6.16-6.36 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ศรีบุญพงศ์, 2559) สอดคล้องกับผลงานวิจัย การศึกษาผลของการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยการทำคูรับน้ำขอบเขาและปลูกหญ้าแฝกกับการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการของดินและผลผลิตข้าวไร่ ในชุดดินด่านซ้าย (Dan Sai series: Ds) ดำเนินการในพื้นที่บ้านต้นขนุน ตำบลน้ำไผ่ อำเภอน้ำปาด จังหวัดอุตรดิตถ์ ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2560 พื้นที่ที่มีความลาดชัน 35 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลองปี พ.ศ. 2559 ค่าพีเอชของดินในช่วงระหว่าง 4.75-4.81 เป็นกรดจัดมาก (very strongly acid) หลังการทดลองปี พ.ศ. 2560 ค่าพีเอชของดิน มีค่าเพิ่มสูงขึ้นช่วงระหว่าง 5.01-5.28 เป็นกรดจัด (strongly acid) ในแปลงทดลอง มีการกำจัดวัชพืชโดยใช้แรงคน ในส่วนของตอซังข้าวมีการตัดแล้วนำไปคลุมไว้ในแปลงทดลองเพื่อให้ย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุ (พัฒน์พงษ์ และคณะ, 2561)

จากการดำเนินงาน 3 ปี ค่าพีเอชของดิน เพิ่มขึ้นทุกวิธีการ เนื่องจากไม่มีการเผาเศษวัชพืช มีการนำเศษพืชคลุมแปลงไว้ เมื่อมีการย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุ โดยอินทรีย์วัตถุหรือฮิวมัสจะทำให้เกิดการต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างอย่างฉับพลันของดิน ทำให้ดินมีสภาพที่เป็นกลางเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเป็นผลดีต่อการเจริญเติบโตของพืช และกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน สารที่ได้จากการหมักอินทรีย์วัตถุ จะมีความจุบัฟเฟอร์ (buffering capacity) ตามธรรมชาติสูงจะทำให้ค่า pH ของดินปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในช่วง 6.0-7.0 (ยงยุทธ และคณะ, 2551) สอดคล้องกับการศึกษาของ อาจันและคณะ (2540) พบว่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินบริเวณลุ่มน้ำปากพนัง มีค่าเป็นกรดแก่ถึงกรดจัด (pH 4.6-5.5) (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) โดยดินบนมี pH 4.6-5.5 และดินล่าง pH 4.8-5.3 การที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินมีค่าเป็นกรด เนื่องจากกระบวนการผุพังเน่าเปื่อยของซากพืชที่ร่วงหล่นทำให้เกิดกรดอินทรีย์ต่าง ๆ รวมทั้งกรดที่เกิดขึ้นจากการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ถูกปลดปล่อยออกมาเมื่ออินทรีย์วัตถุสลายตัว กรดเหล่านี้จะให้ H^+ สะสมอยู่ที่ผิวดิน เข้าไปไล่ที่ไอออนบวกที่เป็นต่างประกอบกับอิทธิพลของการชะล้าง ทำให้สูญเสียประจุบวกที่เป็นต่างไปจากหน้าดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2536 ; ผนการ์ตัน, 2535; Foth, 1990) และสัมพันธ์กับงานวิจัยของ ศรีบุญพงศ์ (2559) การศึกษามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในแปลงปลูกมะคาเดเมียที่มีผลต่อการสูญเสียดินและความชื้นของดินบนพื้นที่สูงในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำแม่จันทอนบน ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ค่าพีเอชของดิน (pH) ก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2557 ดินมีสภาพเป็นกรดปานกลาง (moderately acid) มีค่าพีเอชของดิน อยู่ในช่วง 6.03-6.06 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และหลังการทดลองปี 2559 ค่าพีเอชของดินปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นมีสภาพเป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid) มีค่าพีเอชของดินอยู่ในช่วง 6.16-6.36 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 24 ผลวิเคราะห์ค่าพีเอชดินหลังการทดลองในปี พ.ศ. 2561

วิธีการ	ค่าพีเอชของดิน		เฉลี่ย
	M1 มีระบบ	M2 ไม่มีระบบ	
	อนุรักษ์ดินและน้ำ	อนุรักษ์ดินและน้ำ	
S1 ปลุกข้าวโพด	4.27	5.13	4.70
S2 ปลุกข้าวโพด+เงาะ	4.17	4.37	4.27
S3 ปลุกข้าวไร่	5.17	5.63	5.40
S4 ปลุกข้าวไร่+เงาะ	4.77	5.33	5.05
เฉลี่ย	4.60	5.12	

C.V. (a) = 17.94 % C.V. (b) = 14.73 %

4) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) หลังปลูกพืชในปีที่ 1

ผลวิเคราะห์ดินก่อนเริ่มดำเนินการทดลองในปี พ.ศ. 2559 โดยเก็บตัวอย่างดินแบบ composite sample ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน 1.37 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (moderately low) และในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน 1.72 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับปานกลาง (medium) (ตารางที่ 21)

หลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2559 มีการเก็บตัวอย่างดิน ทุกแปลงย่อย จำนวน 24 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเท่ากับ 3.10 และ 2.61 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับค่อนข้างสูง (moderately high)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลองในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 2.77-3.56 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับค่อนข้างสูง (moderately high) ถึงสูง (high) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลองในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 2.28-2.89 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับปานกลาง (medium) ถึงค่อนข้างสูง (moderately high) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 25)

หลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2559 พื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ในวิธีการที่ 3 การปลูกข้าวไร่อย่างเดียว ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน มีแนวโน้มเฉลี่ยสูงสุด 3.56 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับสูง (high) รองลงมาคือวิธีการที่ 4 การปลูกข้าวไร่รวมกับการปลูกเงาะ ให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเฉลี่ยรองลงมาคือ 3.19 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับค่อนข้างสูง (moderately high) ส่วนวิธีการที่ 3 ปลูกข้าวโพดร่วมกับเงาะ

ให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเฉลี่ยต่ำสุดคือ 3.19 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับค่อนข้างสูง (moderately high) จะเห็นได้ว่าสาเหตุที่ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินทั้ง 4 วิธีการมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้น ในปีแรกของการทดลอง มีการขุดคุ้ยน้ำขอบเขาใหม่ จึงทำให้ดินชุดดินถมยังจับตัวกันหลวม ๆ เมื่อมีฝนตกลงมาจะทำให้คันดินถูกกัดเซาะได้บางส่วน แต่สามารถชะลอความเร็วของน้ำไหลบ่าได้ในระดับหนึ่ง และลดการกร่อนของหน้าดินได้พอสมควร แต่ยังไม่เต็มประสิทธิภาพมากนัก

หลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2559 พื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยวิธีการที่ 3 ปลุกข้าวโพดร่วมกับเงาะ ให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเฉลี่ยต่ำสุดคือ 2.89 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับค่อนข้างสูง (moderately high) รองลงมาคือ วิธีการที่ 4 การปลุกข้าวไร่ร่วมกับการปลุกเงาะ ให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเฉลี่ยรองลงมาคือ 2.85 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับค่อนข้างสูง (moderately high) ส่วนวิธีการที่ 1 การปลุกข้าวโพดอย่างเดียว ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน มีแนวโน้มเฉลี่ยต่ำสุด 2.41 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับค่อนข้างสูง (moderately high)

ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ การเตรียมแปลงทดลองกำจัดวัชพืชโดยใช้จอบถาก และเก็บเศษวัชพืชออกจากพื้นที่ ทำการปลุกข้าวโพดโดยใช้วิธีการทั้งใช้ระยะปลูก 25x75 เซนติเมตร ปลูกเป็นแถวขวางความลาดชันของพื้นที่ และปลูกข้าวไร่โดยใช้วิธีการทั้งใช้ระยะปลูก 25x25 เซนติเมตร ระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวโพด และข้าวไร่ มีการกำจัดวัชพืชและใส่ปุ๋ยด้วยแรงคน ไม่มีการเผาเศษพืช แล้วนำเศษพืชมาคลุมแปลงเพื่อรักษาความชุ่มชื้น ปล่อยให้ย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุ และการดูแลรักษาแปลงข้าวไร่และแปลงข้าวโพด ในการกำจัดวัชพืชและการใส่ปุ๋ยเคมี มีการกำจัดวัชพืชด้วยแรงคน ไม่มีการเผาเศษพืช แล้วนำเศษพืชมาคลุมแปลง หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตของข้าวไร่ และข้าวโพด จะไม่มีการเผาตอซังข้าวไร่ ตอซังข้าวโพด จะปล่อยให้คลุมแปลงไว้และให้ย่อยสลายไปตามธรรมชาติ ทั้งนี้เศษพืชใช้คลุมแปลงเมื่อย่อยสลายแล้ว จะทำให้ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มสูงขึ้น อินทรีย์วัตถุ (organic matter) ได้แก่ส่วนที่เกิดเน่าเปื่อยผุพังหรือการสลายตัวของซากพืชและสัตว์ที่ทับถมกันอยู่บนดิน อินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งกำเนิดธาตุอาหารของพืช และจุลินทรีย์ดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส กำมะถัน และให้พลังงานแก่จุลินทรีย์ดิน ควบคุมสมบัติทางกายภาพสมบัติของดิน (soil tilt) เช่น โครงสร้างดิน ความร่วนซุย การระบายน้ำ และการแลกเปลี่ยนอากาศของดิน ในส่วนประกอบของดิน โดยปริมาตรที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช จะต้องมีสัดส่วนของอินทรีย์วัตถุประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) สอดคล้องกับงานวิจัย ผลของการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยการทำคุ้ยน้ำขอบเขาและปลูกหญ้าแฝกกับการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการของดิน และผลผลิตข้าวไร่ ในชุดดินด่านซ้าย (Dan Sai series: Ds) ดำเนินการในพื้นที่บ้านต้นขนุน ตำบลน้ำเฒ่า อำเภอน้ำปาด จังหวัดอุดรธานี ระหว่างเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือน กันยายน พ.ศ. 2560 พื้นที่ที่มีความลาดชัน 35 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลองปี 2559 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับค่อนข้างสูง (moderately high) คือ 2.41-2.71 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลองปี พ.ศ. 2560 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ยังอยู่ในระดับค่อนข้างสูง (moderately high) คือ 2.50-2.75 เปอร์เซ็นต์ (พัฒน์พงษ์ และคณะ, 2561)

ตารางที่ 25 ผลวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) หลังการทดลองในปี พ.ศ. 2559

วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM)		เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์.)
	M1 มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ	M2 ไม่มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ	
S1 ปลุกข้าวโพด	2.88	2.28	2.58
S2 ปลุกข้าวโพด+เงาะ	2.77	2.89	2.83
S3 ปลุกข้าวไร่	3.56	2.41	2.98
S4 ปลุกข้าวไร่+เงาะ	3.19	2.85	3.02
เฉลี่ย	3.10	2.61	

C.V. (a) = 18.06 % C.V. (b) = 19.48 %

5) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) หลังปลูกพืชในปีที่ 2

ในการเปรียบเทียบค่าพีเอชของดินหลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2560 จะใช้ผลของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินหลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2559 เป็นตัวเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงพีเอชของดินซึ่งปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเท่ากับ 3.10 และ 2.61 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับค่อนข้างสูง (moderately high)

หลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2560 มีการเก็บตัวอย่างดิน ทุกแปลงย่อย จำนวน 24 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเท่ากับ 3.99 และ 4.68 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อยู่ในระดับสูง (high) ถึง สูงมาก (very high) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 26)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลองในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 3.70-4.27 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับสูง (high) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธีการที่ 4 การปลูกข้าวไร่ร่วมกับการปลูกเงาะ ให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเฉลี่ยสูงสุด 4.27 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับสูง (high) รองลงมาคือวิธีการที่ 2 การปลูกข้าวโพดร่วมกับการปลูกเงาะ ให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเฉลี่ย 4.12 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับสูง (high) ส่วนวิธีการที่ 1 การปลูกข้าวโพดอย่างเดียว ให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเฉลี่ยสูงสุด 3.70 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับสูง (high) (ตารางที่ 26)

และเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลองในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินที่สูงกว่า มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 4.23-5.11 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับสูง (high) ถึงสูงมาก (very high) โดยวิธีการที่ 3 การปลูกข้าวไร่อย่างเดียว และวิธีการที่ 3 การปลูกข้าวไร่ร่วมกับการปลูกเงาะ

ให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเฉลี่ยสูงสุด 5.11 และ 5.02 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อยู่ในระดับสูงมาก (very high) รองลงมาคือวิธีการที่ 1 การปลูกข้าวโพดอย่างเดียว และวิธีการที่ 2 การปลูกข้าวโพดรวมกับการปลูกเงาะ ให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเฉลี่ย 4.36 และ 4.23 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อยู่ในระดับสูง (high) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 26)

หลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2560 ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจาก 3.10 เปอร์เซ็นต์ ค่อนข้างสูง (moderately high เป็น 3.99 เปอร์เซ็นต์) อยู่ในระดับสูง (high) ในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าเพิ่มสูงขึ้นจาก 2.61 เปอร์เซ็นต์ ค่อนข้างสูง (moderately high) เป็น 4.68 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับสูง (high) โดยรวมแล้วในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ทุกวิธีการปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าเพิ่มสูงขึ้นเป็นผลเนื่องจากการไม่มีการเผาเศษพืช เมื่อมีการกำจัดวัชพืช จะนำเอาเศษวัชพืชคลุมแปลงไว้เพื่อรักษาความชุ่มชื้น ให้มีการย่อยสลายก็จะกลายเป็นอินทรีย์วัตถุในดิน จะช่วยลดการกร่อนของดิน ไม่มีการเผาเศษพืช จึงทำให้ดินมีอินทรีย์วัตถุเพิ่มสูงขึ้น

สาเหตุที่ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าสูงกว่าพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ เนื่องจากในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีการขุดคูรับน้ำขอบเขา (Hillside Ditch) หรือ คันดินแบบที่ 6 ใช้ค่าระยะห่างในแนวตั้ง (vertical interval, V.I. = 4 เมตร) ในพื้นที่ 1 ไร่ (1,600 ตารางเมตร) จะสูญเสียพื้นที่ต่อไร่ เพื่อใช้ก่อสร้างคูรับน้ำขอบเขาไป 320 ตารางเมตร (ฐานของคันดินกว้าง 1.50 เมตร ความลาดเทผกผันกลับ 0.15 เมตร ปริมาตรดินขุดดินถม ตั้งแต่ 0.2 ลูกบาศก์เมตรต่อเมตร) ดังนั้นพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ จะเสียพื้นที่สำหรับขุดคูรับน้ำขอบเขาไปบางส่วน จึงทำให้มีปริมาณพืชคลุมดินมีน้อยกว่าวิธีไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ดินขุดดินถมของคูรับน้ำขอบเขา อยู่ระหว่างการยึดตัวของโครงสร้างดิน ยังมีการจับตัวกันไม่หนาแน่นมาก เมื่อฝนตกลงมายังมีการกัดเซาะบริเวณดินถม ซึ่งเป็นดินล่างจะมีบางส่วนไหลไปในแปลงปลูกข้าวโพดและข้าวไร่ อีกประการหนึ่งในการขุดคูรับน้ำขอบเขา จะเป็นการพลิกหน้าดินจากดินล่างขึ้นมาเป็นดินถมของคันดิน โดยธรรมชาติแล้วดินล่างที่พลิกขึ้นมาจะมีปริมาณธาตุอาหารที่ต่ำ ทำให้พืชคลุมดินที่จะขึ้นตามธรรมชาติ มีการเจริญเติบโตที่น้อยกว่าพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ เมื่อมีการกำจัดวัชพืชที่ใช้คลุมดินจึงได้เศษพืชมาก และมีการย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุได้มากกว่า จึงส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงกว่า สอดคล้องกับงานวิจัย ผลการศึกษาปริมาณการสูญเสียดินและน้ำไหลบ่าในพื้นที่สูงจากการปลูกมะคาเดเมีย ผสมพืชไร่ร่วมกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ในชุดดินบ้านจ้อง พื้นที่ดำเนินการบ้านห้วยน้ำขาว หมู่ที่ 1 ตำบลเข็กน้อย อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ มีความลาดชันของพื้นที่ 32 เปอร์เซ็นต์ มีวิธีการดังนี้ 1) ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับข้าวไร่ และไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ 2) ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับข้าวไร่ และมีคูรับน้ำขอบเขา 3) ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝก 4) ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับถั่วแดงหลวง มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝก 5) ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับถั่วพุ่ม มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝก การเปลี่ยนแปลงค่าพีเอชของดิน ก่อนดำเนินการทดลองปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับปานกลาง (medium) คือ 1.90 เปอร์เซ็นต์ หลังการ

ทดลองปี พ.ศ. 2562 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) มีค่าเพิ่มสูงขึ้นระหว่าง 2.12-2.11 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับปานกลาง (medium) (บุญเดียว และคณะ, 2566)

ตารางที่ 26 ผลวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) หลังการทดลองใน ปี พ.ศ. 2560

วิธีการ	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM)		เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
	M1 มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ	M2 ไม่มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ	
S1 ปลุกข้าวโพด	3.70b	4.36b	4.03
S2 ปลุกข้าวโพด+เงาะ	4.12ab	4.23b	4.18
S3 ปลุกข้าวไร่	3.87ab	5.11a	4.49
S4 ปลุกข้าวไร่+เงาะ	4.27a	5.02a	4.65
เฉลี่ย	3.99a	4.68b	

C.V. (a) = 18.06 % C.V. (b) = 19.48 %

6) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) หลังปลูกพืชในปีที่ 3

ในการเปรียบเทียบค่าพีเอชของดินหลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2561 จะใช้ผลของปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินหลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2560 เป็นตัวเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงพีเอชของดินซึ่งปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเท่ากับ 3.99 และ 4.68 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อยู่ในระดับสูง (high) ถึงสูงมาก (very high) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2561 มีการเก็บตัวอย่างดินทุกแปลงย่อย จำนวน 24 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเท่ากับ 4.17 และ 3.66 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อยู่ในระดับสูง (high) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 24) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลองในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 3.88-4.47 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับสูง (high) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลองในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินที่สูงกว่า มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 3.38-3.85 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับสูง (high) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

หลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2561 ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 3.99 เปอร์เซ็นต์ ระดับสูง (high) เพิ่มขึ้นเป็น 4.17 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับสูง (high)

ส่วนในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่าลดลงจาก 4.68 เปอร์เซ็นต์ ระดับสูง (high) ลดลงเป็น 3.66 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับสูง (high) จะเห็นได้ว่าในปีที่ 3 ของการทดลอง ปี พ.ศ. 2561 ในพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีการใช้คุ้มน้ำขอบเขา หรือคันดินแบบที่ 6 โดยการขุดคันดินแบบระดับ เพื่อต้องการเก็บน้ำไว้ในแปลง (เนื่องจากปริมาณน้ำฝนมีเพียง 1,339-1,523 มิลลิเมตรต่อปี) ในปีที่ 3 ของการทดลอง ดินขุดดินถมของคุ้มน้ำขอบเขาเริ่มยึดตัวกันอย่างเหนียวแน่น และเป็นระยะห่างของคุ้มน้ำขอบเขาที่สมดุลกับระบบพืช คุ้มน้ำขอบเขาสามารถลดความเร็วของน้ำไหลบ่า และลดการกร่อนของหน้าดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อมีการใส่ปุ๋ยเคมีให้กับข้าวโพดและข้าวไร่ โดยการหว่านปุ๋ยข้างแถบข้าวโพดและข้าวไร่ แล้วพรวนกลบ ในส่วนของการกำจัดวัชพืชในแปลงทดลองโดยใช้แรงคน มีการนำเศษพืชมาคลุมแปลงทดลอง และปล่อยย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุ เมื่อมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดและข้าวไร่ ไม่มีการเผาตอซังข้าวโพดและตอซังข้าวไร่ ปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ จึงส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้น ในส่วนในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ถึงแม้ว่าจะปล่อยให้พืชคลุมดินตามธรรมชาติ แต่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่จะช่วยชะลอการไหลบ่าของน้ำฝน จึงเกิดการกร่อนของหน้าดินไหลลงไปสู่ด้านล่างของแปลงทดลอง การคืนเศษซากพืชที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวลงสู่ดิน โดยอินทรีย์วัตถุ (organic matter) เป็นแหล่งกำเนิดธาตุอาหารของพืช และจุลินทรีย์ดิน เมื่อมีการย่อยสลายกลายเป็นฮิวมัส จะเป็นการเพิ่มธาตุอาหารอาหารลงไปในดิน การพรวนกลบเศษพืชที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวลงไปในดิน จะช่วยเพิ่มไนโตรเจนให้แก่ดินอีกทาง สำหรับไนโตรเจนจากตอซังข้าวโพดและข้าวไร่ ประมาณร้อยละ 5-20 ได้แปรเป็นแอมโมเนียมไอออน ซึ่งเป็นประโยชน์แก่พืชในฤดูถัดมา (Wilhelm et al., 2004)

สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการกร่อนดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีกร่วมกับพืชตระกูลแตง ในพื้นที่บ้านนาสิ่ง ตำบลเหล่ากอหก อำเภอนาหว้า จังหวัดเลย ดำเนินการเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2564 ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการกร่อนดิน การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพด ภายใต้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบต่าง ๆ รวมถึงผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) จำนวน 6 ตำรับการทดลอง 4 ซ้ำ ได้แก่ การปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีคันคุ้มน้ำขอบเขาร่วมกับแถบหญ้าแฝกตามแนวคันดิน และร่วมกับการปลูกพืชตระกูลแตง ได้แก่ พักทอง พักหอม แตงไทย น้ำเต้า และกระดอมตามแนวคันดิน ก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2560 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน 2.59 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับค่อนข้างสูง (moderately high) หลังการทดลองปี พ.ศ. 2563 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้นอยู่ระหว่าง 2.68-3.94 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับค่อนข้างสูง (moderately high) ถึงสูง (high) (สาธิต และคณะ, 2564)

ตารางที่ 27 ผลวิเคราะห์ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) หลังการทดลองใน ปี พ.ศ. 2561

วิธีการ	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM)		เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
	M1 มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ	M2 ไม่มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ	
S1 ปลุกข้าวโพด	4.38	3.69	4.04
S2 ปลุกข้าวโพด+เงาะ	3.83	3.73	3.78
S3 ปลุกข้าวไร่	3.99	3.38	3.69
S4 ปลุกข้าวไร่+เงาะ	4.47	3.85	4.16
เฉลี่ย	4.17a	3.66b	

C.V.(a) = 5.68 % C.V.(b) = 10.74 %

การย่อยสลายอินทรีย์วัตถุโดยจุลินทรีย์ ทำให้ธาตุอาหารที่เป็นองค์ประกอบของสารอินทรีย์ถูกปลดปล่อยออกมา ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีก โดยเฉพาะอย่างยิ่งธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน ซึ่งในอินทรีย์วัตถุจัดว่า เป็นแหล่งอาหารที่สำคัญมากของธาตุเหล่านี้ การย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดิน ยังมีผลทางอ้อมต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช ดังนี้ 1) กรดอินทรีย์หรือกรดคาร์บอนิกที่เกิดขึ้นจากคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งได้จากการย่อยสลาย และยังสามารถช่วยละลายสารประกอบของธาตุอาหารบางชนิด ให้เป็นประโยชน์ต่อพืชได้ 2) การเกิดสารอินทรีย์ที่มีสมบัติเป็นสารคีเลต (chelating agent) จากการละลายตัวของอินทรีย์วัตถุ ที่จะรวมตัวกับไอออนของจุลธาตุ ซึ่งเป็นโลหะกลายเป็นคีเลต (chela) ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืชได้มากขึ้น

สารอินทรีย์ที่ได้จากการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุ จะเป็นแหล่งอาหารหรือพลังงานที่สำคัญสำหรับจุลินทรีย์ส่วนใหญ่ในดินพวก heterotroph ดังนั้นปริมาณหรือคุณภาพของสารอินทรีย์ จึงมีผลกระทบต่อกิจกรรมของสารจุลินทรีย์เหล่านี้โดยตรง เช่น การตรึงไนโตรเจน และ denitrification การเกิดแก๊สมีเทน (CH₄) เป็นต้น เมื่อเศษซากพืชซากสัตว์ถูกทับถมลงไปในดิน ขณะเดียวกันจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในดินจะทำการย่อยสลายแปรสภาพ สารอินทรีย์เหล่านั้นเป็นอาหารโดยการขับเอนไซม์ออกมานอกเซลล์ (extracellular enzyme) ย่อยสลายสารอินทรีย์ให้มีขนาดเล็กจนสามารถซึมผ่านเข้าไปในเซลล์ของจุลินทรีย์ได้แล้ว จึงนำเอาสารเหล่านั้นไปใช้เป็นแหล่งพลังงาน หรือสารอาหารเพื่อการเจริญเติบโต ในที่สุดสารประกอบที่เป็นสิ่งมีชีวิตก็จะสูญสลายไป ถ้าหากมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม มีการถ่ายเทอากาศดีการย่อยสลายค่อนข้างสมบูรณ์ สารประกอบเหล่านั้นก็แปรสภาพเป็นคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และธาตุต่าง ๆ บางส่วนเปลี่ยนไปเป็นองค์ประกอบของเซลล์จุลินทรีย์ อีกส่วนหนึ่งแปรสภาพเป็นสารฮิวมัส (humic substance) ผลที่ได้จากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุจะเป็นจะเป็นสารออกไซด์ เช่น ไนเตรต (NO₃⁻) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) (คณาจารย์ปฐพีวิทยา, 2548ก)

แหล่งที่มาของอินทรีย์วัตถุในดินตามธรรมชาติ ก็ได้จากพืชเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการสลายตัวของเศษซากพืช จึงจัดเป็นกระบวนการหลักที่เกิดขึ้นในดิน อันจะมีผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน การคืนซากพืชลงไปในดิน โดยการพรวนกลบเศษพืชที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวลงไปในดิน จะช่วยเพิ่มไนโตรเจนให้แก่ดินได้อีกทางหนึ่ง อย่างไรก็ตามไนโตรเจนในซากพืช ย่อมแตกต่างกันตามชนิดของพืช กล่าวคือ ซากพืชตระกูลถั่วจะมีความเข้มข้นของไนโตรเจนสูงกว่าพืชตระกูลหญ้า สำหรับไนโตรเจนในต่อขังข้าวโพด และข้าวสาลี ประมาณร้อยละ 5-20 ได้แปรสภาพเป็นแอมโมเนียมไอออน ซึ่งเป็นประโยชน์แก่พืชในฤดูถัดมา (Wilhelm et. Al., 2004)

การเตรียมดินโดยวิธีการไถดินหรือสับกลบ ดังนั้น ซากพืชส่วนมากจึงยังคงอยู่บนผิวดินและในดินชั้นบน ซึ่งเกิดผลดีหลายประการคือ 1) ช่วยเพิ่มไนโตรเจนให้แก่ดินบน ประกอบกับดินมีเศษซากพืชปกคลุม การสูญเสียธาตุอาหารโดยการกร่อนของดินจึงเกิดน้อยลง 2) ลดการสูญเสียความชื้นจากการระเหยที่ผิวดิน จึงช่วยรักษาความชื้นที่มีอยู่ในดินให้เป็นประโยชน์ต่อพืช เมื่อได้จัดการซากพืชและใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเหมาะสมและต่อเนื่องจะเกิดผลดีดังนี้ คือ 1) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินจะสูงและคงที่ เนื่องจากเกิดภาวะสมดุลระหว่างการสูญเสียคาร์บอนในรูปของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กับที่ได้รับกลับคืนจากการไถกลบหรือพรวนกลบซากพืชและใส่ปุ๋ยอินทรีย์ลงไปในดิน 2) ไนโตรเจนในอินทรีย์สารที่ปลดปล่อยออกมาในดินนั้นส่วนมากได้ถูกจุลินทรีย์และพืชดูดไปใช้เพื่อการเจริญเติบโต บางส่วนสูญหายไปกับการชะล้าง การกร่อนของดิน และการสูญเสียในรูปของแก๊ส การรักษาสมดุลไว้เช่นเดียวกับคาร์บอน อาจต้องใช้พืชตระกูลถั่วในระบบพืชหมุนเวียน หรือปลูกเป็นปุ๋ยพืชสด (Mubarak et al., 2003)

ดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูง อาจมีอินทรีย์ไนโตรเจนทั้งหมดประมาณ 300 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ หากสภาพแวดล้อมในดินเหมาะสม แต่ละปีอินทรีย์วัตถุในดินมีศักยภาพที่จะปลดปล่อยไนโตรเจนรูปที่พืชใช้ได้ประมาณร้อยละ 1-3 หรือปีละ 3-9 กิโลกรัมไนโตรเจนต่อไร่ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกิจกรรมของจุลินทรีย์ดิน ซึ่งปัจจัยหลายอย่างที่ควบคุม เช่น อุณหภูมิดิน ความชื้นและการถ่ายเทอากาศ ตลอดจนสภาพการคลุกเคล้าของอินทรีย์สารในดิน ที่เอื้อให้จุลินทรีย์เข้าถึง และเกิดกิจกรรมย่อยสลาย ด้วยเหตุนี้การจัดการดินทางใดทางหนึ่งย่อมมีอิทธิพลอย่างมากต่ออัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนในรูปที่เป็นประโยชน์ (ยงยุทธ และคณะ, 2551)

7) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) หลังการทดลองปีที่ 1

ผลวิเคราะห์ดินก่อนเริ่มดำเนินการทดลองในปี พ.ศ. 2559 โดยเก็บตัวอย่างดินแบบ composite sample ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเท่ากับ 2 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับต่ำมาก (very low) และในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน เท่ากับ 8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ระดับต่ำ (low) (ตารางที่ 25)

หลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2559 มีการเก็บตัวอย่างดิน ทุกแปลงย่อย จำนวน 24 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน เท่ากับ 13.17 และ 10.17 มิลลิกรัม

ต่อกิโลกรัมตามลำดับ อยู่ในระดับต่ำปานกลาง (medium) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 25)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลอง ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 9.00-20.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับต่ำ (low) ถึงสูง (high) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วิธีการทดลองในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน โดยวิธีการที่ 1 การปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน มีแนวโน้มเฉลี่ยสูงสุด 20.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง (high) รองลงมาคือ วิธีการที่ 2 การปลูกข้าวโพดรวมกับการปลูกเงาะ และวิธีการที่ 4 การปลูกข้าวไร่รวมกับการปลูกเงาะ ให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน เฉลี่ยเท่ากันคือ 11.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (medium) ส่วนวิธีการที่ 3 การปลูกข้าวไร่อย่างเดียว ให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน เฉลี่ยต่ำสุด 11.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (medium) (ตารางที่ 28)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลอง พื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน มีค่าเพิ่มสูงขึ้น มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 8.33-13.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับต่ำ (low) ถึงปานกลาง (medium) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วิธีการทดลองในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน โดยวิธีการที่ 4 การปลูกข้าวไร่รวมกับการปลูกเงาะ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน มีแนวโน้มเฉลี่ยสูงสุด 13.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (medium) รองลงมาคือวิธีการที่ 2 การปลูกข้าวโพดรวมกับการปลูกเงาะ ให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเฉลี่ย 10.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับต่ำ (low) ส่วนวิธีการที่ 1 การปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว ให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำสุด 8.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับต่ำ (low) (ตารางที่ 28)

หลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2559 การเปรียบเทียบพื้นที่ในการทดลอง ระหว่างพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินทั้ง 2 พื้นที่แตกต่างกันทางสถิติ สาเหตุที่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน เพิ่มขึ้นทั้ง 2 พื้นที่ เนื่องจากการตกค้างของธาตุอาหารพืชจากปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงไปแปลงทดลองทุกวิธีการ ดังนี้ การใส่ปุ๋ยในแปลงข้าวโพดใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ผสมกับสูตร 46-0-0 อัตรา 50 กก.ต่อไร่ หลังปลูก 20 และ 40 วัน โดยวิธีโรยข้างแถว และการใส่ปุ๋ยในแปลงข้าวไร่ ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ผสมกับสูตร 46-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ หลังปลูก 20 และ 40 วัน โดยวิธีโรยข้างแถว ในส่วนของการใส่ปุ๋ยเคมีให้กับต้นเงาะ โดยการรองก้นหลุมด้วยปุ๋ยหมัก อัตรา 0.5 กิโลกรัมต่อต้น และใส่ปุ๋ยเคมีรอบทรงพุ่มต้นเงาะ สูตร 15-15-15 อัตรา 20 กรัมต่อต้น หลังปลูก 20 วัน จึงส่งผลให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ตกค้างอยู่ในดินระดับปานกลาง (medium) (13.17 และ 10.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัย การศึกษาระยะห่างที่เหมาะสมของคูรับน้ำขอบเขาเพื่อปลูกข้าวไร่บนพื้นที่สูง ในพื้นที่จังหวัดน่าน พบว่าก่อนการทดลอง ปี พ.ศ. 2554 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าอยู่ในระดับต่ำ 2.49-3.04 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังการทดลองปี พ.ศ. 2556 ฟอสฟอรัสในดินมีค่าเพิ่มสูงขึ้นทุกวิธีการอยู่ในระดับสูง มีค่าระหว่าง 15.07-22.58

มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินทุกวิธีการ มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันกับแปลงที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยวิธีการที่ 2 ระยะห่างคูรับน้ำขอบเขาในแนวตั้ง 3 เมตร ปลุกข้าวไร่ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีแนวโน้มเฉลี่ยสูงสุด 22.58 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แสดงให้เห็นว่าการใช้คูรับน้ำขอบเขาในแนวตั้ง 3 เมตร มีแนวโน้มที่ช่วยชะลอการสูญเสียฟอสฟอรัสในดินได้ดีกว่าวิธีการอื่น ๆ และสาเหตุที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินทุกวิธีการมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เป็นผลมาจากปุ๋ยเคมีที่ตกค้าง จากการใส่ลงไปแปลงข้าวไร่ และฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่ไม่เคลื่อนที่ เมื่อข้าวโพดดูดซึมไปใช้ ไม่หมดจึงทำให้ฟอสฟอรัสยังคงเหลืออยู่ในดิน (วันรัก และคณะ, 2558)

ตารางที่ 28 ผลวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) หลังการทดลองปีที่ 1

วิธีการ	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์		เฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
	M1 มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ	M2 ไม่มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ	
S1 ปลุกข้าวโพด	20.33	8.33	14.33
S2 ปลุกข้าวโพด+เงาะ	11.67	10.33	11.00
S3 ปลุกข้าวไร่	9.00	8.67	8.84
S4 ปลุกข้าวไร่+เงาะ	11.67	13.0	12.34
เฉลี่ย	13.17	10.08	

C.V. (a) = 67.48 % C.V. (b) = 43.63 %

8) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) หลังการทดลองปีที่ 2

ในการเปรียบเทียบค่าพีเอชของดินหลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2560 จะใช้ผลของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2559 เป็นค่าเปรียบเทียบ จากการเก็บตัวอย่างดินทุกแปลงย่อย จำนวน 24 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร โดยพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 13.17 และ 10.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ อยู่ในระดับต่ำปานกลาง (medium) ถึงต่ำ (low) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 29)

หลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2560 มีการเก็บตัวอย่างดิน ทุกแปลงย่อย จำนวน 24 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน เท่ากับ 50.42 และ 68.00 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ อยู่ในระดับสูงมาก (very high) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่า

พื้นที่ทำการทดลองทั้ง 2 พื้นที่ ไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน เนื่องจากทั้ง 2 พื้นที่ ในการทดลองครั้งนี้มีการใส่ปุ๋ยเคมีให้กับข้าวโพด ข้าวไร่ ตามชนิดและอัตราที่เกษตรกรใช้ ไม่ได้ใช้ปุ๋ยเคมี ตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือปุ๋ยรายแปลง จึงทำให้มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน เหลือตกค้างในดิน อยู่ในระดับสูงมาก (very high) (ตารางที่ 29)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลอง ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าปริมาณ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 31.66-67.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง (high) ถึงสูงมาก (very high) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วิธีการทดลองในพื้นที่มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน โดยวิธีการที่ 4 การปลูกข้าวไร่ร่วมกับการปลูกเงาะ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีแนวโน้มเฉลี่ยสูงสุด 67.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูงมาก (very high) รองลงมาคือ วิธีการที่ 1 การปลูกข้าวโพดเพียงอย่าง เดียว ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีแนวโน้มเฉลี่ยสูงสุด 60.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ใน ระดับสูงมาก (very high) วิธีการที่ 2 การปลูกข้าวโพดร่วมกับการปลูกเงาะ ให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็น ประโยชน์ในดินเฉลี่ยต่ำสุด 31.66 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง (high) (ตารางที่ 29) จะเห็นได้ว่า วิธีการทดลอง ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่ส่งผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน มีความแตกต่างกันทางสถิติ เกิดจากในแปลงทดลองได้รับปุ๋ยเคมีในอัตราที่สูงเกินความต้องการของทั้ง ข้าวโพด ข้าวไร่ และเงาะ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลอง ในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าปริมาณ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 29.67-110.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับ สูงมาก (very high) ถึงสูง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วิธีการทดลองในพื้นที่มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน โดยวิธีการที่ 4 การ ปลูกข้าวไร่ร่วมกับการปลูกเงาะ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีแนวโน้มเฉลี่ยสูงสุด 110.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูงมาก (very high) รองลงมาคือ วิธีการที่ 3 การปลูกข้าวไร่อย่างเดียว ให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเฉลี่ย 81.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับอยู่ในระดับสูงมาก (very high) ส่วนวิธีการที่ 1 การปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมี แนวโน้มเฉลี่ยสูงสุด 50.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูงมาก (very high) (ตารางที่ 29) จะเห็นได้ว่า วิธีการทดลอง ในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่ส่งผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมี ความแตกต่างกันทางสถิติ เป็นผลมาจากปุ๋ยเคมีที่ตกค้าง จากการใส่ปุ๋ยเคมีลงไปแปลงข้าวไร่ ข้าวโพด และเงาะ

สอดคล้องกับผลงานวิจัย การการศึกษามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในแปลงปลูกไม้ผลที่มีผลต่อ การสูญเสียดินและความชื้นของดินบนพื้นที่สูง ในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำแม่จันทอนบน ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ดำเนินการที่ บ้านตงจาไส หมู่ที่ 13 ตำบลแม่สลองนอก อำเภอ แม่ฟ้าหลวงจังหวัดเชียงราย อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 30 ชุดดินดอยปู (Doi Pui series: Dp) ระยะเวลาดำเนินการ ปี พ.ศ. 2557-2559 โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโต ของไม้ผลบนพื้นที่สูง เพื่อศึกษาผลของมาตราการอนุรักษ์ดินและน้ำกับการปลูกไม้ผลบนพื้นที่สูงที่มีผลต่อการ

การสูญเสียดิน ความชื้นของดิน สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design มีจำนวน 6 วิธีการ 3 ซ้ำ ดังนี้ 1. ปลุกไม้ผลไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ 2. ปลุกไม้ผลใช้แถบหญ้าแฝก (ใช้ค่า V.I.2.5 เมตร) เป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ 3. ปลุกไม้ผลใช้คูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I.4 เมตร) เป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ 4. ปลุกไม้ผลใช้คูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I.4 เมตร) ร่วมกับ แถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขาเป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ 5. ปลุกไม้ผลใช้ฐานปลูกไม้ผลเฉพาะต้น เป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ 6. ปลุกไม้ผลใช้คูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I.8 เมตร) เป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2557 ในวิธีการที่ 4 ปลุกไม้ผล โดยใช้คูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I.4 เมตร) ร่วมกับ แถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา เป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และ มีปริมาณฟอสฟอรัสในดิน 13.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (medium) หลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2558 มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินเฉลี่ยเพิ่มขึ้นเฉลี่ยสูงสุด 23.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของแถบหญ้าแฝก ที่จะช่วยซับธาตุอาหารไว้ในดินได้เป็นอย่างดี และหากมีการใช้ร่วมกันทั้งคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝก จะช่วยในการดูดซับธาตุอาหารไว้ในดินได้ดียิ่งขึ้น (ศรีบุญวงศ์, 2559)

และสอดคล้องกับผลงานวิจัย การปลูกชาร่วมกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูง ดำเนินการระหว่างปี พ.ศ. 2552-2554 บ้านแม่มอญ ตำบลห้วยชมภู อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย วางแผนการทดลองแบบ observation trial มี 5 วิธีการประกอบด้วย 1. ปลูกชาสลับเป็นแถบกับกาแฟ 2. ปลูกชาระหว่างคูรับน้ำรอบเขา ระยะห่างของคูรับน้ำรอบเขาในแนวตั้ง 3 เมตร 3. ปลูกชาบนชั้นบันไดดิน ระยะห่างของชั้นบันไดดินในแนวตั้ง 1 เมตร 4. ปลูกชา ระหว่างแถบหญ้าแฝกระยะห่างของแถบหญ้าแฝก ในแนวตั้ง 3 เมตร 5. ปลูกชาแบบเกษตรกร ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์ดินก่อนการดำเนินงาน (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2552) จากการเก็บตัวอย่างดินหลังจากแบ่งแปลงย่อยแล้วทุกแปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก (0.8-2.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ดินหลังการดำเนินงาน จากการเก็บตัวอย่างดินหลังจากเก็บข้อมูลตะกอนดิน (เดือนมีนาคม พ.ศ. 2555) ในแปลงย่อยที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในแปลงที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง (12-16 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) แต่ในวิธีการที่ไม่มีมาตรการยังคงอยู่ในระดับที่ต่ำมาก (น้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (นคร และสุนิย์รัตน์, 2554)

ตารางที่ 29 ผลวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) หลังการทดลองปีที่ 2

วิธีการ	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์		เฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
	M1 มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ	M2 ไม่มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ	
S1 ปลุกข้าวโพด	60.00	50.67	55.33bc
S2 ปลุกข้าวโพด+เงาะ	31.66	29.67	30.67c
S3 ปลุกข้าวไร่	42.33	81.33	61.83ab
S4 ปลุกข้าวไร่+เงาะ	67.67	110.33	89.00a
เฉลี่ย	50.42	68.00	

C.V. (a) = 77.11 % C.V. (b) = 38.51 %

9) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) หลังการทดลองปีที่ 3

ในการเปรียบเทียบค่าพีเอชของดินหลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2561 จะใช้ผลของปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินหลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2560 เป็นค่าเปรียบเทียบ จากการเก็บตัวอย่างดินทุกแปลงย่อย จำนวน 24 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร โดยพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน เท่ากับ 50.42 และ 68.00 เปอร์เซนต์ตามลำดับ อยู่ในระดับสูงมาก (very high) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 30)

หลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2561 มีการเก็บตัวอย่างดิน ทุกแปลงย่อย จำนวน 24 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน เท่ากับ 76.92 และ 63.50 เปอร์เซนต์ตามลำดับ อยู่ในระดับสูงมาก (very high) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ทำการทดลองทั้ง 2 พื้นที่ ไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน และสาเหตุที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินทุกวิธีการมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เป็นผลมาจากปุ๋ยเคมีที่ตกค้าง จากการใส่เคมีลงไป ในแปลงข้าวไร่ ข้าวโพด และเงาะ (ตารางที่ 30)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลอง ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 67.67-111.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูงมาก (very high) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วิธีการทดลองในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน โดยวิธีการที่ 3 การปลูกข้าวไร่อย่างเดียว ให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีแนวโน้มเฉลี่ยสูงสุด 111.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

อยู่ในระดับอยู่ในระดับสูงมาก (very high) รองลงมาคือ วิธีการที่ 4 การปลูกข้าวไร่รวมกับการปลูกเงาะ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีแนวโน้มเฉลี่ยสูงสุด 110.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูงมาก (very high) ส่วนวิธีการที่ 1 การปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีแนวโน้มเฉลี่ยต่ำสุด 61.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูงมาก (very high) จะเห็นได้ว่าวิธีการทดลองในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่ส่งผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ เป็นผลมาจากปุ๋ยเคมีที่ตกค้าง จากการใส่เคมีลงไปแปลงข้าวไร่ ข้าวโพด และเงาะ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลอง ในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 32.33-95.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง (high) ถึงสูงมาก (very high) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วิธีการทดลองในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน วิธีการที่ 3 การปลูกข้าวไร่อย่างเดียว ให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีแนวโน้มเฉลี่ยสูงสุด 95.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับอยู่ในระดับสูงมาก (very high) รองลงมาคือ โดยวิธีการที่ 4 การปลูกข้าวไร่รวมกับการปลูกเงาะ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเฉลี่ย 88.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูงมาก (very high) ส่วนวิธีการที่ 1 การปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีแนวโน้มเฉลี่ยต่ำสุด 37.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง (high) (ตารางที่ 30) จะเห็นได้ว่าวิธีการทดลอง ในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่ส่งผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีความแตกต่างกันทางสถิติ เกิดจากในแปลงทดลองได้รับปุ๋ยเคมีในอัตราที่สูง และยังคงเหลือตกค้างอยู่ในดินในปริมาณที่สูงมาก สอดคล้องกับงานวิจัย การศึกษาประสิทธิภาพของแถบพืชเป็นมาตรการอนุรักษ์ดิน เพื่อการปลูกข้าวโพดบนพื้นที่ดอน ในพื้นที่จังหวัดพะเยา ดำเนินการที่ บ้านธาตุสันติธรรม หมู่ที่ 8 ตำบลพระธาตุช้างแก อำเภोजุน จังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2554 2555 และ 2556 ในชุดดินเชียงคาน (Chiang Khan series: Ch) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design มี 5 วิธีการ 3 ซ้ำ ดังนี้ 1. วิธีการไม่มีระบบอนุรักษ์ดิน 2. ปลูกข้าวร่วมกับเศษพืช เป็นแถบพืชอนุรักษ์ดิน 3. ปลูกกาแฟร่วมกับเศษพืช เป็นแถบพืชอนุรักษ์ดิน 4. ปลูกมะนาวร่วมกับเศษพืช เป็นแถบพืชอนุรักษ์ดิน 5. ปลูกน้อยหน่าร่วมกับเศษพืช เป็นแถบพืชอนุรักษ์ดิน พบว่า ฟอสฟอรัส (P) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) ก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2554 อยู่ในระดับต่ำ 3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังการทดลองปี พ.ศ. 2556 อยู่ในระดับสูงมาก มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 60.33-76.66 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เป็นผลมาจากปุ๋ยเคมีที่ตกค้าง จากการใส่ปุ๋ยเคมีในแปลงข้าวโพดและแถบพืชอนุรักษ์ดิน (ศรัญญพงศ์, 2557)

ตารางที่ 30 ผลวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) หลังการทดลองปีที่ 3

วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์		เฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
	M1 มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ	M2 ไม่มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ	
S1 ปลุกข้าวโพด	66.33	37.67	52bc
S2 ปลุกข้าวโพด+เงาะ	61.33	32.33	46.84c
S3 ปลุกข้าวไร่	111.67	95.33	103.5a
S4 ปลุกข้าวไร่+เงาะ	68.33	88.67	78ab
เฉลี่ย	76.92	63.50	

C.V. (a) = 23.61 % C.V. (b) = 30.74 %

10) ผลวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) หลังการทดลองปีที่ 1

ผลวิเคราะห์ดินก่อนเริ่มดำเนินการทดลองในปี พ.ศ. 2559 โดยเก็บตัวอย่างดินแบบ composite sample ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า ในพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินเท่ากับ 76 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง (medium) และในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน เท่ากับ 47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ระดับต่ำ (low) (ตารางที่ 31)

หลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2559 มีการเก็บตัวอย่างดิน ทุกแปลงย่อย จำนวน 24 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินเฉลี่ย 72.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (medium) มีค่าลดลงจากก่อนการทดลอง ส่วนพื้นที่ที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินเฉลี่ย 69.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับต่ำปานกลาง (medium) มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลอง และทั้ง 2 พื้นที่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปริมาณโพแทสเซียมในดินที่สกัดได้ที่เหลืออยู่ในดินเป็นผลมาจากปุ๋ยเคมีที่ตกค้างจากการใส่ปุ๋ยลงไปแปลงข้าวโพด แปลงข้าวไร่ และเงาะ (ตารางที่ 31) โพแทสเซียมในดินส่วนมากจะอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่พืชดูดไปใช้ประโยชน์ได้ รากพืชจะดูด K^+ จากดินด้วยกลไกที่มีความจำเพาะเจาะจง โพแทสเซียมในดินทั้งหมดแบ่งออกเป็น 4 ส่วน คือ 1) K^+ ในสารละลายดิน 2) โพแทสเซียมที่ดูดซับบนผิวคอลลอยด์ดิน ที่อยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ 3) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนไม่ได้ จะถูกตรึงอยู่ในหลัของแร่ดินเหนียวพวก 2:1 4) เป็นส่วนประกอบของแร่ที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ดังนั้นในดินที่มีแร่ดินเหนียวเป็นส่วนประกอบจะมีโพแทสเซียมในดินสะสมอยู่ในปริมาณมาก (ยงยุทธ, 2552)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลอง ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 63.33-79.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับต่ำ (low) ถึงสูง (high) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วิธีการทดลองในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน โดยวิธีการที่ 1 การปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีแนวโน้มเฉลี่ยสูงสุด 79.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (medium) รองลงมาคือ วิธีการที่ 3 การปลูกข้าวไร่อย่างเดียว ให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน 74.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนวิธีการที่ 4 การปลูกข้าวไร่รวมกับการปลูกเงาะ ให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน เฉลี่ยต่ำสุด 63.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (medium) วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำและวิธีการปลูกพืชต่าง ๆ ไม่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (ตารางที่ 31)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลอง พื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีค่าเพิ่มสูงขึ้น มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 64.00-78.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (medium) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วิธีการทดลองในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน โดยวิธีการที่ 4 การปลูกข้าวไร่รวมกับการปลูกเงาะ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีแนวโน้มเฉลี่ยสูงสุด 78.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (medium) รองลงมาคือวิธีการที่ 2 การปลูกข้าวโพดรวมกับการปลูกเงาะ ให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินเฉลี่ย 68.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (medium) ส่วนวิธีการที่ 3 การปลูกข้าวไร่อย่างเดียว ให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินเฉลี่ยต่ำสุด 64.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (medium) (ตารางที่ 31)

หลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2559 การเปรียบเทียบพื้นที่ในการทดลอง ระหว่างพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่มีผลทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน ทั้ง 2 พื้นที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน ในวิธีการที่ 1 การปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลองจาก 74.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เป็น 79.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (medium) ส่วนวิธีการอื่น ๆ มีแนวโน้มคงที่และลดลงจากก่อนการทดลองเล็กน้อย ส่วนพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ทุกวิธีการมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นจากก่อนการทดลองในทุกวิธีการ (ตารางที่ 30) ปริมาณโพแทสเซียมในดินที่สกัดได้ที่เหลืออยู่ในดิน เป็นผลมาจากปุ๋ยเคมีที่ตกค้างจากการใส่ลงไปแปลงข้าวโพดแปลงข้าวไร่ และเงาะ ดังนั้น การใส่ปุ๋ยในแปลงข้าวโพด ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ผสมกับสูตร 46-0-0 อัตรา 50 กก.ต่อไร่ หลังปลูก 20 และ 40 วัน โดยวิธีโรยข้างแถว และการใส่ปุ๋ยในแปลงข้าวไร่ ใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ผสมกับสูตร 46-0-0 อัตรา 50 กก.ต่อไร่ หลังปลูก 20 และ 40 วัน โดยวิธีโรยข้างแถว ในส่วนของการใส่ปุ๋ยเคมีให้กับต้นเงาะ โดยการรองกันหลุมด้วยปุ๋ยหมัก อัตรา 0.5 กิโลกรัมต่อต้น และใส่ปุ๋ยเคมีรอบทรงพุ่มต้นเงาะ สูตร 15-15-15 อัตรา 20 กรัมต่อต้นหลังปลูก 20 วัน

สอดคล้องกับงานวิจัย ผลของการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยการทำคูรับน้ำขอบเขาและปลูกหญ้าแฝก กับการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการของดินและผลผลิตข้าวไร่ ในชุดดินด่านซ้าย

(Dan Sai series: Ds) ดำเนินการในพื้นที่บ้านต้นขนุน ตำบลน้ำไผ่ อำเภอน้ำปาด จังหวัดอุตรดิตถ์ ระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2558 ถึงเดือนกันยายน พ.ศ. 2560 พื้นที่ที่มีความลาดชัน 35 เปอร์เซ็นต์ ก่อนการทดลอง ปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (medium) หลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2559 ในวิธีการไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณโพแทสเซียม ที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเพิ่มสูงขึ้น มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 115.00-145.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง (high) ถึง ถึงสูงมาก (very high) ในวิธีการมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเพิ่มสูงขึ้น มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 125.00-192.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูงมาก (very high) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2560 ในวิธีการไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเพิ่มสูงขึ้น มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 262.50-345.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูงมาก (very high) ในวิธีการมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าเพิ่มสูงขึ้น มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 242.50- 302.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอยู่ในระดับสูงมาก (very high) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (พัฒน์พงษ์ และคณะ, 2561)

ตารางที่ 31 ผลวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) หลังการทดลองปีที่ 1

วิธีการ	ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้		เฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
	M1 มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ	M2 ไม่มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ	
S1 ปลุกข้าวโพด	79.33	66.00	72.67
S2 ปลุกข้าวโพด+เงาะ	73.33	68.33	70.83
S3 ปลุกข้าวไร่	74.00	64.00	69.00
S4 ปลุกข้าวไร่+เงาะ	63.33	78.33	70.83
เฉลี่ย	72.50	69.17	

C.V. (a) = 25.46 % C.V. (b) = 23.40 %

11) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) หลังการทดลองปีที่ 2

ในการเปรียบเทียบค่าพีเอชของดินหลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2560 จะใช้ผลของปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน หลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2559 เป็นค่าเปรียบเทียบ จากการเก็บตัวอย่างดินทุกแปลงย่อย จำนวน 24 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร โดยพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน เท่ากับ 72.50 และ 69.17

มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ อยู่ในระดับต่ำปานกลาง (medium) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 31)

หลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2560 มีการเก็บตัวอย่างดิน ทุกแปลงย่อย จำนวน 24 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินเฉลี่ย เท่ากับ 96.92 และ 110.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ อยู่ในระดับสูง (high) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 32) แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ทำการทดลองทั้ง 2 พื้นที่ ไม่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน เนื่องจากทั้ง 2 พื้นที่ เกิดจากการตกค้างของปุ๋ยเคมีที่ใส่ให้กับแปลงข้าวโพด แปลงข้าวไร่ และเงาะ ในการทดลองครั้งนี้ มีการใส่ปุ๋ยเคมี ตามชนิดและอัตราที่เกษตรกรใช้ ไม่ได้ใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือปุ๋ยรายแปลง จึงทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน เหลือตกค้างในดินอยู่ในระดับสูง (high) ปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่เพิ่มเติมลงไปดินบางส่วนจะถูกเปลี่ยนไปเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชยาก ซึ่งเรียกว่าถูกตรึง (fixed) การตรึงส่วนใหญ่เกิดโดยแร่ดินเหนียว ในดิน (clay mineral) การที่โพแทสเซียมที่ใช้ประโยชน์ได้เปลี่ยนเป็นรูปที่ใช้ประโยชน์ได้ยาก มีผลดีในแง่ที่ว่า เป็นการอนุรักษ์โพแทสเซียมไว้แทนที่จะสูญเสียไปกับการชะละลาย หากอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชโพแทสเซียมที่ถูกตรึงนี้ จะกลายเป็นโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช หากโพแทสเซียมในรูปที่พืชใช้ได้ลดลง โดยพืชดูดไปหรือถูกน้ำชะละลายไป (คณาจารย์ ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548ข)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลอง ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 77.67-135.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง (high) ถึงสูงมาก (very high) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วิธีการทดลองในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน โดยวิธีการที่ 4 การปลูกข้าวไร่ ร่วมกับการปลูกเงาะ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีแนวโน้มเฉลี่ยสูงสุด 135.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูงมาก (very high) รองลงมาคือ วิธีการที่ 2 การปลูกข้าวโพดร่วมกับการปลูกเงาะ ให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน เฉลี่ยต่ำสุด 92.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง (high) ส่วนวิธีการที่ 1 การปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีแนวโน้มเฉลี่ยต่ำสุด 77.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับปานกลาง (medium) (ตารางที่ 32) จะเห็นได้ว่าวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ และวิธีการปลูกพืชต่าง ๆ ไม่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ เป็นผลมาจากปุ๋ยเคมีที่ตกค้าง จากการใส่ปุ๋ยเคมีลงไปแปลงข้าวไร่ ข้าวโพด และเงาะ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลอง ในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 99.33-120.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง (high) ถึงสูงมาก (very high) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วิธีการทดลองในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน โดยวิธีการที่ 4 การปลูกข้าวไร่ร่วมกับการปลูกเงาะ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีแนวโน้มเฉลี่ยสูงสุด 120.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูงมาก (very high) รองลงมาคือวิธีการที่ 1 การปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว ปริมาณ

โพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีแนวโน้มเฉลี่ยสูงสุด 115.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ส่วนวิธีการที่ 2 การปลูกข้าวโพดร่วมกับการปลูกเงาะ ให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน เฉลี่ยต่ำสุด 99.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง (high) จะเห็นได้ว่าการปลูกพืชตามวิธีการต่าง ๆ ในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่ส่งผลทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีความแตกต่างกันทางสถิติ เป็นผลมาจากปุ๋ยเคมีที่ตกค้างจากการใส่ปุ๋ยเคมีลงไปแปลงข้าวไร่ ข้าวโพด และเงาะ (ตารางที่ 32)

สอดคล้องกับงานวิจัย ผลการศึกษาปริมาณการสูญเสียดินและน้ำไหลบ่า ในพื้นที่สูงจากการปลูกมะคาเดเมีย ผสมพืชไร่ร่วมกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ในชุดดินบ้านจ้อง พื้นที่ดำเนินการบ้านห้วยน้ำขาว หมู่ที่ 1 ตำบลเข็กน้อย อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ มีความลาดชันของพื้นที่ 32 เปอร์เซ็นต์ มีวิธีการดังนี้ 1) ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับข้าวไร่ และไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ 2) ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับข้าวไร่ และมีคูรับน้ำขอบเขา 3) ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝก 4) ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับถั่วแดงหลวง มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝก 5) ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับถั่วพุ่ม มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝก การเปลี่ยนแปลงพีเอชของดิน ก่อนดำเนินการทดลองปีที่ 1 ปี 2561 มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก 168.90 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูงมาก (very high) หลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2561 โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก (151.50-165.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) หลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2562 พบว่า ตำรับที่ 3 การปลูกมะคาเดเมียร่วมกับข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝก มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก (126.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โดยมีค่าต่ำกว่าตำรับที่ 1 การปลูกมะคาเดเมียร่วมกับข้าวไร่ และไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ตำรับที่ 4 การปลูกมะคาเดเมียร่วมกับถั่วแดงหลวง มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝก และตำรับที่ 5 การปลูกมะคาเดเมียร่วมกับถั่วพุ่ม มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก คือ 162.19 160.88 และ 156.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ และหลังการทดลองปีที่ 3 พบว่า ตำรับที่ 5 การปลูกมะคาเดเมียร่วมกับถั่วพุ่ม มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝกมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก (134.75 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โดยมีค่าต่ำกว่าตำรับที่ 1 การปลูกมะคาเดเมียร่วมกับข้าวไร่ และไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก (164.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) (บุญเดียว และคณะ, 2566)

ตารางที่ 32 ผลวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) หลังการทดลองปีที่ 2

วิธีการ	ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้		เฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
	M1 มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ	M2 ไม่มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ	
S1 ปลุกข้าวโพด	77.67	115.00	96.34
S2 ปลุกข้าวโพด+เงาะ	92.67	99.33	96.00
S3 ปลุกข้าวไร่	82.33	106.67	94.50
S4 ปลุกข้าวไร่+เงาะ	135.00	120.00	127.50
เฉลี่ย	96.92	110.25	

C.V. (a) = 22.63 % C.V. (b) = 27.18 %

12) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) หลังการทดลองปีที่ 3

ในการเปรียบเทียบค่าพีเอชของดินหลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2561 จะใช้ผลของปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน หลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2560 เป็นค่าเปรียบเทียบ จากการเก็บตัวอย่างดินทุกแปลงย่อย จำนวน 24 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร โดยพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน เท่ากับ 96.92 และ 110.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ อยู่ในระดับสูง (high) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 32)

หลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2561 มีการเก็บตัวอย่างดิน ทุกแปลงย่อย จำนวน 24 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินเฉลี่ย เท่ากับ 134.67 และ 131.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ อยู่ในระดับสูงมาก (very high) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าพื้นที่ทำการทดลองทั้ง 2 พื้นที่ ไม่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน เนื่องจากทั้ง 2 พื้นที่ ในการทดลองครั้งนี้มีการใส่ปุ๋ยเคมีให้กับข้าวโพด ข้าวไร่ และเงาะ ตามชนิดและอัตราที่เกษตรกรใช้ ไม่ได้ใช้ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือปุ๋ยรายแปลง จึงทำให้มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน เหลือตกค้างในดิน อยู่ในระดับสูง (high) (ตารางที่ 33)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลอง ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 98.33-172.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง (high) ถึงสูงมาก (very high) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วิธีการทดลองในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน โดยวิธีการที่ 4 การปลูกข้าวไร่ ร่วมกับการปลูกเงาะ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีแนวโน้มเฉลี่ยสูงสุด 172.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

อยู่ในระดับสูงมาก (very high) รองลงมาคือ วิธีการที่ 3 การปลูกข้าวไร่อย่างเดียว ให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน 140.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูงมาก (very high) ส่วนวิธีการที่ 2 การปลูกข้าวโพดรวมกับการปลูกเงาะ ให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน เฉลี่ยต่ำสุด 99.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง (high) จะเห็นได้ว่าวิธีการทดลอง ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่ส่งผลทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีความแตกต่างกันทางสถิติ เป็นผลมาจากปุ๋ยเคมีที่ตกค้าง จากการใส่ปุ๋ยเคมีลงไปในแปลงข้าวไร่ ข้าวโพด และเงาะ (ตารางที่ 33)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลอง ในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีค่าผันแปรอยู่ระหว่าง 99.33-156.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง (high) ถึงสูงมาก (very high) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ วิธีการทดลองในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน โดยวิธีการที่ 4 การปลูกข้าวไร่รวมกับการปลูกเงาะ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีแนวโน้มเฉลี่ยสูงสุด 156.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูงมาก (very high) รองลงมาคือ รองลงมาคือ วิธีการที่ 3 การปลูกข้าวไร่อย่างเดียว ให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน 141.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูงมาก (very high) ส่วนวิธีการที่ 1 การปลูกข้าวโพดเพียงอย่างเดียว ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีแนวโน้มเฉลี่ยต่ำสุด 98.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จะเห็นได้ว่าการปลูกพืชตามวิธีการต่าง ๆ ในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่ส่งผลทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีความแตกต่างกันทางสถิติ เป็นผลมาจากปุ๋ยเคมีที่ตกค้าง จากการใส่ปุ๋ยเคมีลงไปในแปลงข้าวไร่ ข้าวโพด และเงาะ (ตารางที่ 33)

สอดคล้องกับงานวิจัย การศึกษาประสิทธิภาพของแถบพืชเป็นมาตรการอนุรักษ์ดิน เพื่อการปลูกข้าวโพดบนพื้นที่ดอน ในพื้นที่จังหวัดพะเยา ดำเนินการที่ บ้านธาตุสันติธรรม หมู่ที่ 8 ตำบลพระธาตุช้างค้ำ อำเภอจุน จังหวัดพะเยา ปี พ.ศ. 2554 2555 และ 2556 ในชุดดินเชียงคาน (Chiang Khan series: Ch) โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาถึงชนิดพืชที่ใช้เป็นแถบพืชอนุรักษ์ดินร่วมกับเศษพืช เพื่อการปลูกข้าวโพดบนพื้นที่ดอน ในพื้นที่จังหวัดพะเยา ผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน ปริมาณการสูญเสียดิน การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) มี 5 วิธีการ 3 ซ้ำ ดังนี้ 1. วิธีการไม่มีระบบอนุรักษ์ดิน 2. ปลูกข้าวร่วมกับเศษพืช เป็นแถบพืชอนุรักษ์ดิน 3. ปลูกกาแฟร่วมกับเศษพืช เป็นแถบพืชอนุรักษ์ดิน 4. ปลูกมะนาวร่วมกับเศษพืช เป็นแถบพืชอนุรักษ์ดิน 5. ปลูกน้อยหน่าร่วมกับเศษพืช เป็นแถบพืชอนุรักษ์ดิน พบว่าโพแทสเซียม (K) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (extractable K) ก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2554 อยู่ในระดับต่ำ 36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังการทดลองปี พ.ศ. 2556 มีค่าอยู่ในระดับสูง-สูงมาก อยู่ระหว่าง 97.33-234.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบเป็นกิโลกรัมต่อไร่ พบว่าปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน (extractable K) ก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2554 มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีค่าอยู่ระหว่าง 14.025-15.638 กิโลกรัมต่อไร่ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ หลังการทดลองปี พ.ศ. 2556 มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีค่าเพิ่มสูงขึ้นอยู่ระหว่าง 24.438-74.701 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธีการที่ 5 ปลูกน้อยหน่าร่วมกับเศษพืช เป็นแถบพืชอนุรักษ์ดิน ส่งผลให้ดินมีปริมาณ

โพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีค่าสูงสุด 74.701 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ วิธีการที่ 3 ปลุกกาแฟร่วมกับเศษพืช เป็นแถบพืชอนุรักษ์ดิน และวิธีการที่ 2 ปลุกชาร่วมกับเศษพืช เป็นแถบพืชอนุรักษ์ดิน และวิธีการที่ 4 ปลุกมะนาวร่วมกับเศษพืช เป็นแถบพืชอนุรักษ์ดิน มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน 52.136 48.015 และ 43.268 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ หลังการทดลองปี พ.ศ. 2556 ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน มีค่าเพิ่มสูงขึ้นในทุกวิธีการ เกิดจากการตกค้างของปุ๋ยเคมีที่ใส่ให้กับแปลงข้าวโพด และใส่ให้กับแถบพืชอนุรักษ์ดิน (ศรีบุญวงศ์, 2557)

ตารางที่ 33 ผลวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (extractable K) หลังการทดลองปีที่ 3

วิธีการ	ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้		เฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
	M1 มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ	M2 ไม่มีระบบ อนุรักษ์ดินและน้ำ	
S1 ปลุกข้าวโพด	127.00	98.33	112.67
S2 ปลุกข้าวโพด+เงาะ	99.33	128.33	113.83
S3 ปลุกข้าวไร่	140.00	141.33	140.67
S4 ปลุกข้าวไร่+เงาะ	172.33	156.67	164.50
เฉลี่ย	134.67	131.17	

C.V. (a) = 13.30 % C.V. (b) = 29.79 %

4.7.6 ผลผลิตของพืช

ในปีที่ 1 (ปี พ.ศ. 2559) ปัจจัยหลักมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำและไม่มีระบบอนุรักษ์ดินพบว่า ผลผลิตมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ คือ ผลผลิตข้าวโพด ผลผลิตข้าวโพด (มีคุ้รับน้ำขอบเขา) 709.67 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตข้าวโพด (ที่ไม่มีคุ้รับน้ำขอบเขา) 811.07 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 34) สำหรับปัจจัยหลักมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำและไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำพบว่า ผลผลิตข้าวไร่ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ ผลผลิตข้าวไร่ (มีคุ้รับน้ำขอบเขา) และผลผลิตข้าวไร่ (ที่ไม่มีคุ้รับน้ำขอบเขา) คือ 356.88, 407.87 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 34)

ในปีที่ 2 (ปี พ.ศ. 2560) ปัจจัยหลักมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำและไม่มีระบบอนุรักษ์ดินพบว่า ผลผลิตมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ คือ ผลผลิตข้าวโพด ผลผลิตข้าวโพด (มีคุ้รับน้ำขอบเขา) 731.12 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตข้าวโพด (ที่ไม่มีคุ้รับน้ำขอบเขา) 835.55 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 34) สำหรับปัจจัยหลักมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำและไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำพบว่า

ผลผลิตข้าวไร่ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ ผลผลิตข้าวไร่ (มีคูรับน้ำขอบเขา) และผลผลิตข้าวไร่ที่ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา คือ 460.93, 526.77 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 35)

ในปีที่ 3 (ปี 2561) ปัจจัยหลักมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำและไม่มีระบบอนุรักษ์ดิน พบว่าผลผลิตมีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ คือ ผลผลิตข้าวโพด (มีคูรับน้ำขอบเขา) 811.19 กิโลกรัมต่อไร่ ผลผลิตข้าวโพด (ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา) 927.08 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 34) สำหรับปัจจัยหลัก มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำและไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำพบว่า ผลผลิตข้าวไร่ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ ผลผลิตข้าวไร่ (มีคูรับน้ำขอบเขา) และผลผลิตข้าวไร่ (ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา) คือ 425.24, 485.99 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 35)

ตารางที่ 34 ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปีที่ 1

วิธีการ	ปีที่ 1 ผลผลิต(กก.ต่อไร่)		ปีที่ 2 ผลผลิต(กก.ต่อไร่)		ปีที่ 3 ผลผลิต(กก.ต่อไร่)	
	M1มีคันดิน	M2ไม่มีคันดิน	M1มีคันดิน	M2ไม่มีคันดิน	M1มีคันดิน	M2ไม่มีคันดิน
S1 ปลูกรข้าวโพด	709.99	811.43	679.65	776.73	838.79	958.60
S2 ปลูกรข้าวโพด+เงาะ	709.36	810.70	782.58	894.37	783.60	895.57
เฉลี่ย	709.67b	811.07a	731.12b	835.55a	811.19b	927.08a

C.V. (a) = 0.39 % C.V. (b) = 4.90 %

C.V. (a) = 0.61 % C.V. (b) = 11.01 %

C.V. (a) = 0.34 % C.V. (b) = 5.19 %

ตารางที่ 35 ผลผลิตข้าวไร่ในปีที่ 1-3

วิธีการ	ปีที่ 1 ผลผลิต(กก.ต่อไร่)		ปีที่ 2 ผลผลิต(กก.ต่อไร่)		ปีที่ 3 ผลผลิต(กก.ต่อไร่)	
	M1มีคันดิน	M2ไม่มีคันดิน	M1มีคันดิน	M2ไม่มีคันดิน	M1มีคันดิน	M2ไม่มีคันดิน
S3 ปลูกรข้าวไร่	355.74	406.56	424.83	485.52	426.46	487.39
S4 ปลูกรข้าวไร่+เงาะ	358.027	409.17	497.023	568.03	424.01	484.59
เฉลี่ย	356.88b	407.87a	460.93b	526.77a	425.24b	485.99a

C.V. (a) = 0.5263% C.V. (b) = 15.15 %

C.V. (a) = 2.04% C.V. (b) = 7.10 %

C.V. (a) = 0.87% C.V. (b) = 15.61%

การปลูกข้าวโพด ใช้ระยะห่างระหว่างแถว 75 ซม. ระยะระหว่างหลุมประมาณ 20-25 เซนติเมตร โดยปริมาณเมล็ดที่ใช้จะประมาณ 3-3.5 กิโลกรัมต่อไร่ และ จะมีจำนวนต้นข้าวโพดต่อไร่ ประมาณ 8,533-10,600 ต้นต่อไร่ และการปลูกข้าวไร่ ใช้ระยะห่างระหว่างแถว 25 เซนติเมตร ระยะระหว่างหลุมประมาณ 20-25 เซนติเมตร โดยปริมาณเมล็ดที่ใช้จะประมาณ 10 กิโลกรัมต่อไร่ จากการทดลองนี้ เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตพืช พบว่า ในระบบที่ปลูกบนแปลงที่มีการจัดการระบบอนุรักษ์ดินน้ำ โดยการขุดคูรับน้ำขอบเขา นั้นจะทำให้เสียพื้นที่ปลูกข้าวโพด ข้าวไร่ ในส่วนที่ขุดเป็นคูรับน้ำขอบเขา จะมีผลระยะยาวเรื่องการลดการกร่อนของหน้าดิน

4.7.7 ความสูงของพืช

ในปีที่ 1 (ปี พ.ศ. 2559) ปัจจัยหลักมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำและไม่มีระบบอนุรักษ์ดิน พบว่าการปลูกข้าวไร่ ข้าวโพด ความสูงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ คือ ความสูงข้าวโพด (มีคูรับน้ำขอบเขา) เฉลี่ย 176.84 เซนติเมตร ปัจจัยหลักไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ความสูงข้าวโพด(ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา) เฉลี่ย 175.50 เซนติเมตร (ตารางที่ 36) ความสูงข้าวไร่ (มีคูรับน้ำขอบเขา) เฉลี่ย 126.84 เซนติเมตร ความสูงข้าวไร่ (ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา) เฉลี่ย 128.34 เซนติเมตร (ตารางที่ 36)

ในปีที่ 2 (ปี พ.ศ. 2560) ปัจจัยหลักมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำและไม่มีระบบอนุรักษ์ดิน พบว่าการปลูกข้าวไร่ ข้าวโพด ความสูงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ คือ ความสูงข้าวโพด (มีคูรับน้ำขอบเขา) เฉลี่ย 183.50 เซนติเมตร ปัจจัยหลักไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ความสูงข้าวโพด (ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา) เฉลี่ย 180.17 เซนติเมตร (ตารางที่ 33) ความสูงข้าวไร่ (มีคูรับน้ำขอบเขา) เฉลี่ย 109.67 เซนติเมตร ความสูงข้าวไร่ (ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา) เฉลี่ย 108.34 เซนติเมตร (ตารางที่ 36)

ในปีที่ 3 (ปี พ.ศ. 2561) ปัจจัยหลักมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำและไม่มีระบบอนุรักษ์ดิน พบว่าการปลูกข้าวไร่ ข้าวโพด ความสูงไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95 เปอร์เซนต์ คือ ความสูงข้าวโพด (มีคูรับน้ำขอบเขา) เฉลี่ย 181.84 เซนติเมตร ปัจจัยหลักไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ความสูงข้าวโพด (ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา) เฉลี่ย 186.50 เซนติเมตร (ตารางที่ 36) ความสูงข้าวไร่ (มีคูรับน้ำขอบเขา) เฉลี่ย 134.50 เซนติเมตร ความสูงข้าวไร่ (ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา) เฉลี่ย 130.34 เซนติเมตร (ตารางที่ 37)

ตารางที่ 36 ความสูงของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปีที่ 1-3

วิธีการ	ปีที่ 1 ความสูง (ซม.)		ปีที่ 2 ความสูง (ซม.)		ปีที่ 3 ความสูง (ซม.)	
	M1มีคันดิน	M2ไม่มีคันดิน	M1มีคันดิน	M2ไม่มีคันดิน	M1มีคันดิน	M2ไม่มีคันดิน
S1 ปลุกข้าวโพด	175.67	175.00	178.33	183.67	183.67	188.33
S2 ปลุกข้าวโพด+เงาะ	178.00	176.00	188.67	176.67	180.00	184.67
เฉลี่ย	176.84	175.50	183.50	180.17	181.84	186.50
C.V. (a) = 3.23% C.V. (b) = 4.86%						
C.V. (a) = 5.11% C.V. (b) = 3.22%						
C.V. (a) = 3.86% C.V. (b) = 3.79%						

ตารางที่ 37 ความสูงของข้าวไรในปีที่ 1-3

วิธีการ	ปีที่ 1 ความสูง (เซนติเมตร)		ปีที่ 2 ความสูง (เซนติเมตร)		ปีที่ 3 ความสูง (เซนติเมตร)	
	M1มีคันดิน	M2ไม่มีคันดิน	M1มีคันดิน	M2ไม่มีคันดิน	M1มีคันดิน	M2ไม่มีคันดิน
S3 ปลุกข้าวไร	120.00	128.00	110.67	111.67	134.33	128.67
S4 ปลุกข้าวไร+เงาะ	133.67	128.67	108.67	105.00	134.67	132.00
เฉลี่ย	126.84	128.34	109.67	108.34	134.50	130.34
C.V. (a) = 4.89 % C.V. (b) = 7.57 %						
C.V. (a) = 11.01 % C.V. (b) = 5.30 %						
C.V. (a) = 2.57 % C.V. (b) = 2.06 %						

ในปีที่ 3 (ปี พ.ศ. 2561) ปัจจัยหลักมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำและไม่มีระบบอนุรักษ์ดิน พบว่า ความสูงและการเจริญเติบโตของต้นเงาะ มีแนวโน้มดีกว่า เปรียบเทียบความสูงของเงาะที่ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา เฉลี่ย 148.5 เซนติเมตร สำหรับปัจจัยหลักมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำมีคูรับน้ำขอบเขา พบว่าปลูกต้นเงาะ มีความสูงเฉลี่ย 184 เซนติเมตร บางต้นเก็บผลผลิตได้ประมาณ 0.5 กิโลกรัมต่อต้น และผลผลิตอยู่ใน เกณฑ์ต่ำ และคุณภาพไม่สม่ำเสมอ (ตารางที่ 38)

ตารางที่ 38 ความสูงของเงาะในปีที่ 1-3

วิธีการ	ปีที่ 1 ความสูง (เซนติเมตร)		ปีที่ 2 ความสูง (เซนติเมตร)		ปีที่ 3 ความสูง (เซนติเมตร)	
	M1มีคันดิน	M2ไม่มีคันดิน	M1มีคันดิน	M2ไม่มีคันดิน	M1มีคันดิน	M2ไม่มีคันดิน
S2 ปลุกข้าวโพด+เงาะ	39	34	93	89	178	152
S4 ปลุกข้าวไร่+เงาะ	22	40	89	95	190	145
เฉลี่ย	30.5	37	91	92	184	148.5

4.7.8 ปริมาณน้ำฝน ปี พ.ศ. 2559-2561

ปริมาณน้ำฝนรวม เก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนในแต่ละวันจากเครื่องวัดฝนแบบ Non-Recording Rain gage แบบ Cylinder Type ที่ติดตั้งไว้บริเวณแปลงทดลอง (ตารางที่ 36) ในปี พ.ศ.2559 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,339 มิลลิเมตร ฝนเริ่มตกตั้งแต่เดือน เมษายน สิ้นสุดเดือน ตุลาคม มีปริมาณน้ำฝนเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวไร่ ไม้ผล (เงาะ) ในช่วงแล้งเดือน มกราคม ถึงเดือน กุมภาพันธ์ จะมีไม่มีฝนตก ในปี พ.ศ. 2560 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,519 มิลลิเมตร และในปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,523 มิลลิเมตร ฝนเริ่มตก ตั้งแต่เดือน เมษายน สิ้นสุดเดือน ตุลาคม ปริมาณน้ำฝนในปี พ.ศ. 2561 จะมากที่สุด ในช่วงเดือน เมษายน เริ่มมีฝนตก ซึ่งเข้าสู่ช่วงฤดูฝนในเดือนพฤษภาคม เกษตรกรจะเริ่มปลูกพืช เช่น ปลุกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวไร่

ตารางที่ 39 ปริมาณน้ำฝน ปี พ.ศ. 2559-2561

เดือน	ปริมาณน้ำฝน ปี พ.ศ. 2559 (มิลลิเมตร)	ปริมาณน้ำฝน ปี พ.ศ. 2560 (มิลลิเมตร)	ปริมาณน้ำฝน ปี พ.ศ. 2561 (มิลลิเมตร)
มกราคม	-	-	-
กุมภาพันธ์	-	-	-
มีนาคม	-	-	-
เมษายน	32	49	123
พฤษภาคม	171	168	199
มิถุนายน	234	206	192
กรกฎาคม	233	489	435
สิงหาคม	340	229	336
กันยายน	196	199	209
ตุลาคม	133	179	29
พฤศจิกายน	-	-	-
ธันวาคม	-	-	-
รวม	1,339	1,519	1,523

4.7.9 ปริมาณการสูญเสียดินจากการกร่อนดิน

ปริมาณการสูญเสียดินจากการกร่อนดิน โดยพิจารณาจากความหนาแน่นรวมของดิน ระยะการกร่อน ความลาดชันของพื้นที่ และปริมาณน้ำฝน พบว่าในปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณน้ำฝนรวม เท่ากับ 1,339 มิลลิเมตรต่อปี โดยปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือนสิงหาคม คือ 340 มิลลิเมตร การปลูกพืชในพื้นที่แปลง มีคูรับน้ำขอบเขา จะมีปริมาณการสูญเสียดินน้อยกว่าการปลูกพืชในพื้นที่แปลงไม่มีคูรับน้ำขอบเขา ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการปลูกพืชในพื้นที่มีคูรับน้ำขอบเขา มีปริมาณการสูญเสียดินอยู่ระหว่าง 9.07-15.88 ต้นต่อไร่ต่อปี จัดเป็นการสูญเสียดินระดับปานกลางถึงรุนแรง ในขณะที่การปลูกพืชในพื้นที่ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา มีปริมาณการสูญเสียดินอยู่ระหว่าง 19.47-32.70 ต้นต่อไร่ต่อปี จัดเป็นการสูญเสียดินระดับรุนแรงถึงรุนแรงมาก ซึ่งการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะบนคูรับน้ำขอบเขา มีปริมาณการสูญเสียดินต่ำที่สุดเท่ากับ 9.07 ต้นต่อไร่ต่อปี และการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะในพื้นที่ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา มีปริมาณการสูญเสียดินสูงที่สุดเท่ากับ 32.70 ต้นต่อไร่ต่อปี (ตารางที่ 40)

ส่วนในปี พ.ศ. 2560 มีปริมาณน้ำฝนรวมเท่ากับ 1,519 มิลลิเมตรต่อปี โดยมีปริมาณน้ำฝนสูงสุด ในเดือนกรกฎาคม เท่ากับ 489 มิลลิเมตร ปริมาณการสูญเสียดินจะมีแนวโน้มลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองในปีที่ 1 ซึ่งการปลูกพืชในพื้นที่แปลงมีคูรับน้ำขอบเขา จะมีปริมาณการสูญเสียดินน้อยกว่าการปลูกพืช ในพื้นที่แปลงไม่มีคูรับน้ำขอบเขา โดยมีความแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ การปลูกพืชในพื้นที่มีคุ้รับน้ำขอบเขา มีปริมาณการสูญเสียดินอยู่ระหว่าง 8.60-19.80 ตันต่อไร่ต่อปี จัดเป็นการสูญเสียดินระดับปานกลางถึงรุนแรง ในขณะที่การปลูกพืชในพื้นที่ไม่มีคุ้รับน้ำขอบเขา มีปริมาณการสูญเสียดิน อยู่ระหว่าง 9.73-34.36 ตันต่อไร่ต่อปี จัดเป็นการสูญเสียดินระดับปานกลางถึงรุนแรงมาก โดยการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวบนคุ้รับน้ำขอบเขา มีปริมาณการสูญเสียดินต่ำที่สุดเท่ากับ 8.60 ตันต่อไร่ต่อปี และการปลูกข้าวไร่เป็นพืชเชิงเดี่ยวในพื้นที่ไม่มีคุ้รับน้ำขอบเขา มีปริมาณการสูญเสียดินสูงที่สุดเท่ากับ 34.36 ตันต่อไร่ต่อปี (ตารางที่ 40)

สำหรับใน ปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณน้ำฝนรวมเท่ากับ 1,523 มิลลิเมตรต่อปี โดยมีปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือนกรกฎาคมเท่ากับ 435 มิลลิเมตร โดยการปลูกพืชในพื้นที่แปลงมีคุ้รับน้ำขอบเขา จะมีแนวโน้มของปริมาณการสูญเสียดินลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับปีที่ 2 ซึ่งการปลูกพืชในพื้นที่แปลงมีคุ้รับน้ำขอบเขา จะมีปริมาณการสูญเสียดินน้อยกว่าการปลูกพืชในพื้นที่แปลงไม่มีคุ้รับน้ำขอบเขา โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การปลูกพืชในพื้นที่มีคุ้รับน้ำขอบเขา มีปริมาณการสูญเสียดินอยู่ระหว่าง 6.11-10.99 ตันต่อไร่ต่อปี จัดเป็นการสูญเสียดินระดับปานกลาง ซึ่งการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะบน คุ้รับน้ำขอบเขา มีปริมาณการสูญเสียดินต่ำที่สุดเท่ากับ 6.11 ตันต่อไร่ต่อปี แต่ให้ผลตรงข้ามกับการปลูกพืชในพื้นที่แปลงไม่มีคุ้รับน้ำขอบเขา มีแนวโน้มของปริมาณการสูญเสียดินเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับปีที่ 2 โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 17.59-26.84 ตันต่อไร่ต่อปี จัดเป็นการสูญเสียดินระดับรุนแรงถึงรุนแรงมาก ซึ่งการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะในพื้นที่ไม่มีคุ้รับน้ำขอบเขา มีปริมาณการสูญเสียดินสูงที่สุดเท่ากับ 26.84 ตันต่อไร่ต่อปี (ตารางที่ 40)

จากผลการศึกษาเปรียบเทียบปริมาณการสูญเสียดินทั้ง 3 ปี สำหรับการปลูกพืชในพื้นที่แปลงมีคุ้รับน้ำขอบเขา และแปลงไม่มีคุ้รับน้ำขอบเขา พบว่า ปริมาณการสูญเสียดินในพื้นที่แปลงมีคุ้รับน้ำขอบเขา จะมีแนวโน้มลดลงในแต่ละปีเท่ากับ 12.44, 12.42 และ 8.73 ตันต่อไร่ต่อปีตามลำดับ จัดเป็นการสูญเสียดินระดับปานกลาง แต่ในพื้นที่แปลงไม่มีคุ้รับน้ำขอบเขา จะมีปริมาณการสูญเสียดินอยู่ในระดับรุนแรงมากเท่ากับ 27.29 21.05 และ 23.04 ตันต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำจะเห็นผลในระยะยาว โดยเห็นได้ชัดเจนในพื้นที่แปลงมีคันดินสามารถลดปริมาณการสูญเสียดิน ได้อย่างชัดเจนในปีที่ 3 (ปี พ.ศ. 2561) ซึ่งสามารถลดปริมาณการสูญเสียดินได้ถึง 62.1 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่แปลงไม่มีคุ้รับน้ำขอบเขา ในขณะที่ปีที่ 1-2 (ปี พ.ศ. 2559-2560) ยังเห็นผลได้ไม่ชัดเจน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่แปลงไม่มีคุ้รับน้ำขอบเขา สามารถลดปริมาณการสูญเสียดินได้ประมาณ 41.0-54.4 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 40) ซึ่งกรมพัฒนาที่ดิน ได้มีการกำหนดจากข้อพิจารณาว่าปริมาณการสูญเสียดินสูงสุดที่ยอมรับได้ สำหรับดินในประเทศไทยเป็น 2 ตันต่อไร่ต่อปี ปัจจัยที่ทำให้เกิดการชะล้างพังทลายของดินคือ ลักษณะเนื้อดิน ความยาวของความลาดเอียง ความชันของพื้นที่ ปริมาณน้ำฝน ชนิดพืช ที่ปลูก และการจัดการดิน สอดคล้องกับรายงานของศรีบุญวงศ์ (2559) ศึกษามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ในการปลูกไม้ผลต่อปริมาณการสูญเสียดินใน ปี พ.ศ. 2559 พบว่าการปลูกมะคาเดเมียโดยใช้คุ้รับน้ำขอบเขา V.I. 4 เมตร ร่วมกับแถบหญ้าแฝกด้านนอกคุ้รับน้ำขอบเขาและการปลูกมะคาเดเมียใช้แถบหญ้าแฝก V.I. 2.5 เมตร เป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำมีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ยต่ำที่สุดเท่ากับ 272.33 และ 281.33 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ในขณะที่การปลูกมะคาเดเมียในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ

มีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 777.67 กิโลกรัมต่อไร่ นอกจากนี้ วันรัก และคณะ (2563) ได้ศึกษาการสูญเสียดินในการผลิตข้าวไร่ในพื้นที่สูงในพื้นที่อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ในปี พ.ศ. 2557-2558 พบว่าการปลูกข้าวไร่และมีการรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I. 4 เมตร) มีปริมาณการสูญเสียดินต่ำที่สุดเท่ากับ 2.36 และ 0.89 เมกะกรัมต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกข้าวไร่โดยไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำจะมีปริมาณการสูญเสียดินสูงที่สุดเท่ากับ 3.86 และ 3.35 เมกะกรัมต่อเฮกแตร์ ตามลำดับ

ตารางที่ 40 ปริมาณการสูญเสียดินในพื้นที่แปลงวิจัย ปี พ.ศ. 2559-2561

วิธีการ	ปีที่ 1 การสูญเสียดิน(ต้นต่อไร่)		ปีที่ 2 การสูญเสียดิน(ต้นต่อไร่)		ปีที่ 3 การสูญเสียดิน(ต้นต่อไร่)	
	M1มีคันดิน	M2ไม่มีคันดิน	M1มีคันดิน	M2ไม่มีคันดิน	M1มีคันดิน	M2ไม่มีคันดิน
S1ปลูกข้าวโพด	10.08b	19.47c	8.60c	16.34c	8.95b	17.59b
S2ปลูกข้าวโพด+เงาะ	9.07bc	26.30b	8.78c	9.73d	8.84b	26.84a
S3ปลูกข้าวไร่	14.71ab	30.68b	12.50b	34.36a	10.99a	22.91ab
S4ปลูกข้าวไร่+เงาะ	15.88a	32.70a	19.80a	23.76b	6.11c	24.81a
เฉลี่ย	12.44b	27.29a	12.42b	21.05a	8.73b	23.04a

C.V. (a) = 10.17 % C.V. (b) = 23.23 %

C.V. (a) = 16.53 % C.V. (b) = 9.70 %

C.V. (a) = 21.86 % C.V. (b) = 34.06 %

หมายเหตุ : ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

* หมายถึง มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยวิธี DMRT

ตัวอักษรที่ต่างกันในกลุ่มเดียวกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.7.10 ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารในดินที่ติดไปกับตะกอนดิน

ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารในดินที่ติดไปกับตะกอนดินหลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2561 พบว่า ในพื้นที่แปลงมีการรับน้ำขอบเขา จะมีปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับตะกอนดินต่ำกว่าในพื้นที่แปลงไม่มีคูรับน้ำขอบเขา โดยการปลูกพืชในพื้นที่แปลงมีการรับน้ำขอบเขา มีการสูญเสียปริมาณอินทรีย์วัตถุที่สะสมในตะกอนดินเท่ากับ 2.75 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่สะสมในตะกอนดินมีค่าเท่ากับ 189.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยการปลูกข้าวไร่เป็นพืชเชิงเดี่ยวมีการสูญเสียปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ต่ำที่สุด (121.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะมีการสูญเสียปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงสุด (253.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่สะสมในตะกอนดินมีค่าเท่ากับ 446.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยว

มีการสูญเสียปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุดเท่ากับ 339.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะมีการสูญเสียปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงสุด เท่ากับ 530.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ในตะกอนดินฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ที่สะสมอยู่ในตะกอนดิน มีค่าอยู่ระหว่าง 128.67-280.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทุกวิธีการไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง วิธีการระบบอนุรักษ์ดินและน้ำปลูกข้าวโพด มีการสูญเสียฟอสฟอรัสต่ำสุด 128.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับจากการทดลอง จะเห็นได้ว่าทุกวิธีการ จะทำให้เกิดการกร่อนของดิน และชะล้างเอาธาตุฟอสฟอรัสบริเวณหน้าดินลงไปใบบ่อตกกล่องดักตะกอนดิน ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ สะสมอยู่ในตะกอนดิน มีค่าอยู่ระหว่าง 339.33-530.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทุกวิธีการไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง วิธีการระบบอนุรักษ์ดินและน้ำปลูกข้าวโพด มีการสูญเสียปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ ต่ำสุด 339.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากการทดลองจะเห็นได้ว่าทุกวิธีการ จะทำให้เกิดการกร่อนของดิน และชะล้างเอาปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ออกจากดิน (ตารางที่ 41)

สำหรับการปลูกพืชในพื้นที่แปลงไม่มีคูรับน้ำขอบเขา มีการสูญเสียปริมาณอินทรีย์วัตถุที่สะสมในตะกอนดินเท่ากับ 2.79 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่สะสมในตะกอนดินมีค่าเท่ากับ 212.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะมีการสูญเสียปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุด (161.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวมีการสูญเสียปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงสุด (280.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่สะสมในตะกอนดินมีค่าเท่ากับ 519.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะมีการสูญเสียปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุดเท่ากับ 398.3 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวมีการสูญเสียปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงสุด เท่ากับ 666.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 41) สอดคล้องกับ ศรีบุญพงศ์ (2559) ได้ศึกษามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในการปลูกไม้ผลต่อการสูญเสียปริมาณธาตุอาหารใน ปี พ.ศ. 2557-2559 พบว่าการปลูกมะคาเดเมียโดยใช้คูรับน้ำขอบเขา V.I. 4 เมตร ร่วมกับแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขาจะมีปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับตะกอนดินต่ำที่สุดเมื่อเปรียบกับการปลูกมะคาเดเมียในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยมีการสูญเสียอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสะสม 3 ปีต่ำที่สุดเท่ากับ 29.789 1.392 0.064 และ 0.109 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ ในขณะที่การปลูกมะคาเดเมีย ในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ จะมีปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับตะกอนดินสะสม 3 ปีสูงที่สุด ซึ่งมีการสูญเสียอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมสูงที่สุดเท่ากับ 98.087 4.749 0.329 และ 0.697 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ

จากผลการทดลองพบว่า ในทุกตำรับการทดลองทั้งในพื้นที่มีระบบคูรับน้ำขอบเขา และไม่มีระบบคูรับน้ำขอบเขา จะทำให้เกิดการกร่อนของดินและการชะล้างปริมาณธาตุอาหารในดิน แต่เมื่อเปรียบเทียบกัน จะพบว่าพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (มีคูรับน้ำขอบเขา) จะมีการสูญเสียปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า พื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ นอกจากนี้การปลูกพืชเชิงเดี่ยวในพื้นที่แปลงมีคูรับน้ำขอบเขา และแปลงไม่มี

คุรับน้ำขอบเขา จะมีแนวโน้มของการสูญเสียปริมาณธาตุอาหารในดินสูงกว่าการปลูกพืชแบบผสมผสานอีกด้วย เพราะการปลูกพืชเชิงเดี่ยวจะทำให้เกิดการชะล้างของดิน ได้ง่ายกว่าการปลูกพืชแบบผสมผสาน สอดคล้องกับรายงานของ Shrestha *et al.* (2010) พบว่า การปลูกพืชเชิงเดี่ยว ได้แก่ อ้อย ยูคาลิปตัส มีปริมาณการสูญเสียดินประมาณ 0.8 ตันต่อไร่ต่อปี ในขณะที่การปลูกพืชให้มีความหลากหลาย ได้แก่ การปลูกไม้ผลผสมผสาน มีปริมาณการสูญเสียดินเพียง 0.08 ตันต่อไร่ต่อปี เนื่องจากการไม่มีสิ่งปกคลุมบริเวณหน้าดิน จะทำให้เกิดการกร่อนของหน้าดินได้ง่าย ซึ่งจะเกิดขึ้นเล็กน้อยเพียงใด ขึ้นอยู่สิ่งปกคลุมผิวดิน (soil cover) โดยการที่ผิวดินมีพืชหรือเศษวัสดุของพืชปกคลุมอยู่ ก็มีผลโดยตรงต่อการลดแรงปะทะของเม็ดฝน ลดการแตกกระจายของดิน และการไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน ทำให้การชะล้างพังทลายของดินลดลง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)

ตารางที่ 41 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของตะกอนดินหลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2561

วิธีการ	pH		OM (เปอร์เซ็นต์)		ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็น ประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		ปริมาณโพแทสเซียมที่ สกัดได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
S1 ปลูกข้าวโพด	6.33	6.36	3.00	2.70	128.67b	280.67a	339.33c	666.67a
S2 ปลูกข้าวโพด+เงาะ	5.86	6.50	2.86	3.16	252.00a	203.67b	467.00b	506.33b
S3 ปลูกข้าวไร่	5.83	5.80	2.50	2.80	121.67b	202.67b	449.33b	504.67b
S4 ปลูกข้าวไร่+เงาะ	5.63	5.83	2.63	2.50	253.67c	161.33c	530.33z	398.33c
เฉลี่ย	5.91	6.12	2.75	2.79	189.00	212.1	446.50	519.00

C.V. (a) = 3.78 % C.V. (b) = 6.37%

C.V. (a) = 1.47 % C.V. (b) = 12.39 %

C.V. (a) = 67.71 % C.V. (b) = 82.23%

C.V. (a) = 53.92 % C.V. (b) = 36.61%

4.7.11 ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหารและมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์

ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร (total N, P_2O_5 , K_2O) คำนวณจากปริมาณธาตุอาหารติดไปกับตะกอนดิน

1) จากผลการวิเคราะห์ดินได้ในโตรเจนทั้งหมด หน่วย ร้อยละมีการคำนวณเปลี่ยนเป็นปริมาณการสูญเสียไนโตรเจนจากดินใช้หน่วย total N (กิโลกรัมต่อไร่) ดังนี้ การคำนวณปริมาณไนโตรเจน (total N) คำนวณจาก 0.05 คูณเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด = $0.05 \times$ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ)

2) จากผลการวิเคราะห์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ หน่วย มิลลิกรัมฟอสฟอรัสต่อกิโลกรัม (มิลลิกรัม P ต่อกิโลกรัม) มีการคำนวณเปลี่ยนเป็นปริมาณการสูญเสียฟอสฟอรัสจากดินใช้หน่วย P_2O_5 (กิโลกรัมต่อไร่) ดังนี้ สูตรการคำนวณเพื่อเปลี่ยน P เป็น P_2O_5 การคำนวณน้ำหนักของฟอสฟอรัส (P) ในรูปของ P_2O_5 โดยใช้ตัวคูณสำหรับเปลี่ยนค่าแอนไฮไดรต์เท่ากับ 2.290 (รูป P_2O_5) ธาตุฟอสฟอรัส (P) ไม่ได้อยู่ในรูป P_2O_5 เนื่องจากเป็นรูปที่ละลายน้ำได้เป็นแอนไฮไดรต์ของกรดฟอสฟอริก (anhydride of phosphoric acid)

3) จากผลการวิเคราะห์โพแทสเซียมที่สกัดได้ หน่วย มิลลิกรัม K ต่อกิโลกรัมการคำนวณเปลี่ยนเป็นปริมาณการสูญเสียโพแทสเซียมจากดินใช้หน่วย K_2O (กิโลกรัมต่อไร่) ดังนี้ สูตรการคำนวณเพื่อเปลี่ยน K เป็น K_2O โพแทสเซียม (K) ในรูปของ K_2O ใช้ตัวคูณสำหรับเปลี่ยนค่าแอนไฮไดรต์ เท่ากับ 1.205 ส่วน K_2O เป็นแอนไฮไดรต์ของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (anhydride of potassium hydroxide) จึงต้องมีการคำนวณถ้าต้องการทราบน้ำหนักของ P และ N ที่แท้จริง จากพื้นฐานน้ำหนักมวลอะตอม (atomic mass) ของธาตุ P เท่ากับ 31 K เท่ากับ 39 และ O เท่ากับ 16 ส่วน K_2O เป็นแอนไฮไดรต์ของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (anhydride of potassium hydroxide) (คำรณ, 2556) หน่วยความเข้มข้นของธาตุอาหารในปุ๋ย ไนโตรเจน ระบุเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน หน่วยความเข้มข้นที่ระบุออกไซด์ของธาตุ เช่น เปอร์เซ็นต์ P_2O_5 การประเมินการสูญเสียธาตุอาหารหลักของพืชในดิน ดำเนินการโดยนำข้อมูลอัตราการกร่อนของดิน และสำหรับฟอสฟอรัสในปุ๋ยฟอสเฟต และ เปอร์เซ็นต์ K_2O สำหรับปุ๋ยโพแทช (ยงยุทธ, 2560)

ข้อมูลปริมาณธาตุอาหารในดิน มาคำนวณหาอัตราการสูญเสียธาตุอาหารหลักของพืชในดิน อัตราการสูญเสียธาตุอาหารหลักของพืชในดิน (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) = ปริมาณธาตุอาหารในตัวอย่างดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) $\times$ อัตราการกร่อนของดิน (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) (สุเมธ และคณะ, 2558)

ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร หลังการทดลองปี 2559 (แสดงตารางที่ 39) พบว่าในวิธีการที่ 1 ปลุกข้าวโพด มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 3.00 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.15 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี พ.ศ. 2559 เฉลี่ย 10.08 ต้นต่อไร่ต่อปี หาดด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 15.12 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 128.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 10.08 ต้นต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัม คูณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เท่ากับ 294.65 กรัม

เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัมได้ P_2O_5 เท่ากับ 2.97 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 339.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คุณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 10.08 ตันต่อไร่ต่อปี คุณเป็นแอมโมไนต์ด้วย 1.205 ได้ K_2O เท่ากับ 408.89 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 4.12 กิโลกรัมต่อไร่

พบว่าในวิธีการที่ 2 ปลูกข้าวโพด ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 2.70 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.135 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี 2559 เฉลี่ย 19.47 ตันต่อไร่ต่อปี หาดด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 26.28 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 280.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 19.47 ตันต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 642.73 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 คุณเป็นแอมโมไนต์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 12.51 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 666.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คุณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 19.47 ตันต่อไร่ต่อปี จะได้เท่ากับ 803.34 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 คุณเป็นแอมโมไนต์ด้วย 1.205 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 15.64 กิโลกรัมต่อไร่

ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร หลังการทดลองปี พ.ศ. 2559 พบว่าในวิธีการที่ 3 ปลูกข้าวโพดร่วมกับเงาะ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 2.86 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.143 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี 2559 เฉลี่ย 9.07 ตันต่อไร่ต่อปี หาดด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 12.97 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 252.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 9.07 ตันต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 577.08 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 คุณเป็นแอมโมไนต์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 5.23 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 467.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คุณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 9.07 ตันต่อไร่ต่อปี จะได้เท่ากับ 562.74 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 คุณเป็นแอมโมไนต์ด้วย 1.205 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 5.10 กิโลกรัมต่อไร่

พบว่าในวิธีการที่ 4 ปลูกข้าวโพดร่วมกับเงาะ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 3.16 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.158 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี 2559 เฉลี่ย 26.30 ตันต่อไร่ต่อปี หาดด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 41.55 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 230.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 26.30 ตันต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัส

ที่สูญเสียไป 528.23 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 13.89 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดิน หลังการทดลอง 506.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คุณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 26.30 ต้นต่อไร่ต่อปี จะได้เท่ากับ 610.13 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 1.205 เปลี่ยนหน่วย กิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 16.05 กิโลกรัมต่อไร่

ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร หลังการทดลองปี พ.ศ. 2559 พบว่าในวิธีการที่ 5 ปลูกข้าวไร่ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 2.50 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.15 จากนั้นคูณกับปริมาณ ตะกอนดิน ที่สูญเสียปี 2559 เฉลี่ย 14.71 ต้นต่อไร่ต่อปี หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 0.125 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 121.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณ ตะกอนดินที่สูญเสีย 14.71 ต้นต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 121.67 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 4.10 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 449.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คุณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 26.30 ต้นต่อไร่ต่อปี จะได้เท่ากับ 541.444 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 1.205 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 7.96 กิโลกรัมต่อไร่

พบว่าในวิธีการที่ 6 ปลูกข้าวไร่ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์ อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 2.80 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.14 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี 2559 เฉลี่ย 30.68 ต้นต่อไร่ต่อปี หารด้วย 100 เพราะทำ เป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 42.95 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 202.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 30.68 ต้นต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่ สูญเสียไป 464.11 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 14.24 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลัง การทดลอง 504.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คุณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 30.68 ต้นต่อไร่ต่อปี จะได้เท่ากับ 608.13 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 1.205 เปลี่ยนหน่วย กิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 18.66 กิโลกรัมต่อไร่

ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร หลังการทดลองปี 2559 พบว่าในวิธีการที่ 7 ปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 2.63 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.132 จากนั้นคูณกับปริมาณ ตะกอนดินที่สูญเสียปี 2559 เฉลี่ย 15.88 ต้นต่อไร่ต่อปี หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 20.96 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 253.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 15.88 ตันต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 580.90 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 คุณเป็นแอมโมไนต์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 9.22 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 530.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คุณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 15.88 ตันต่อไร่ต่อปี จะได้เท่ากับ 639.05 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 คุณเป็นแอมโมไนต์ด้วย 1.205 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 10.15 กิโลกรัมต่อไร่

พบว่าในวิธีการที่ 8 ปลุกข้าวไร่ร่วมกับเงาะ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 2.50 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.125 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี 2559 เฉลี่ย 32.70 ตันต่อไร่ต่อปี หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 40.88 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 161.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 32.70 ตันต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 369.45 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 คุณเป็นแอมโมไนต์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 12.08 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 398.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คุณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 32.70 ตันต่อไร่ต่อปี จะได้เท่ากับ 479.99 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 คุณเป็นแอมโมไนต์ด้วย 1.205 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 15.70 กิโลกรัมต่อไร่

ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารพืชในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในปี 2559 พบว่า การปลูกพืชในพื้นที่แปลงมีคูรับน้ำขอบเขา มีปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียระหว่าง 12.97-20.88 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) ที่สูญเสียระหว่าง 2.97-9.22 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) ที่สูญเสียระหว่าง 4.12-10.15 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และปลูกเงาะบนคูรับน้ำขอบเขา มีแนวโน้มของการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนต่ำที่สุดเท่ากับ 12.97 กิโลกรัมต่อไร่ และการปลูกข้าวไร่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีแนวโน้มของการสูญเสียปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุดเท่ากับ 14.24 กิโลกรัมต่อไร่ และโพแทสเซียมสูงที่สุดเท่ากับ 18.66 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 42)

ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารพืชในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในปี 2561 พบว่า การปลูกพืชในพื้นที่แปลงมีคูรับน้ำขอบเขามีปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียระหว่าง 12.97-42.95 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) ที่สูญเสียระหว่าง 2.97-12.51 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) ที่สูญเสียระหว่าง 4.12-18.66 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวบนคูรับน้ำขอบเขา มีแนวโน้มของการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนต่ำที่สุดเท่ากับ 15.12 กิโลกรัมต่อไร่ และการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะบนคูรับน้ำขอบเขา มีแนวโน้มของการสูญเสียปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงที่สุดเท่ากับ 5.07 และ 5.58 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ สำหรับปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารพืชในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในปี พ.ศ. 2561 พบว่า การปลูกพืชในพื้นที่แปลงไม่มีคูรับน้ำขอบเขา มีปริมาณ

ไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียระหว่าง 28.80-36.40 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) ที่สูญเสียระหว่าง 8.51-14.81 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) ที่สูญเสียระหว่าง 11.06-18.51 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะมีแนวโน้มของการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนสูงที่สุดเท่ากับ 36.40 กิโลกรัมต่อไร่ และการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวมีแนวโน้มของการสูญเสียปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงที่สุดเท่ากับ 14.81 และ 18.51 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 42)

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร โดยการปลูกพืชในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (คูรับน้ำขอบเขา) จะมีปริมาณไนโตรเจน (total N) ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) และปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) ที่สูญเสียต่ำกว่าการปลูกพืชในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (คูรับน้ำขอบเขา) ในทุกวิธีการทดลอง โดยการปลูกพืชในพื้นที่แปลงมี (คูรับน้ำขอบเขา) จะมีปริมาณไนโตรเจน (total N) ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) และปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) ที่สูญเสียเฉลี่ยเท่ากับ 12.00 3.78 และ 4.70 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนการปลูกพืชในพื้นที่แปลงไม่มี (คูรับน้ำขอบเขา) จะมีปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารในดินสูงกว่า โดยมีปริมาณไนโตรเจน (total N) ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) และปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) ที่สูญเสียเฉลี่ยเท่ากับ 32.14 11.19 และ 14.41 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ (ตารางที่ 42) ซึ่งปริมาณการสูญเสียดินอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ของกรมพัฒนาที่ดิน ไม่เกิน 2 ตันต่อไร่ต่อปี โดยปริมาณการสูญเสียดินในระดับนี้ จะไม่มีผลกระทบต่อศักยภาพของดิน สำหรับการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แต่การสูญเสียปริมาณธาตุอาหาร ที่ติดสะสมไปกับตะกอนดิน จะมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปีถัดไป ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องเติมธาตุอาหารพืชลงไปในพื้นที่ เพื่อชดเชยปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไป เพื่อรักษาสสมดุลของปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน ให้เหมาะสมต่อการให้ผลผลิตของพืชต่อไป

ตารางที่ 42 ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร หลังการทดลองปี พ.ศ. 2559

วิธีการ	ปริมาณการสูญเสียดินคิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร		
	total N	P_2O_5	K_2O
	(กก.ต่อไร่)	(กก.ต่อไร่)	(กก.ต่อไร่)
ปลูกข้าวโพด มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	15.12	2.97	4.12
ปลูกข้าวโพด ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	26.28	12.51	15.65
ปลูกข้าวโพด+เงาะ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	12.97	5.23	5.10
ปลูกข้าวโพด+เงาะ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	41.55	12.27	16.05
ปลูกข้าวไร่ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	18.39	4.10	7.96
ปลูกข้าวไร่ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	42.95	14.24	18.66
ปลูกข้าวไร่+เงาะ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	20.88	9.22	10.15
ปลูกข้าวไร่+เงาะ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	40.88	12.08	15.70

ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร หลังการทดลองปี พ.ศ. 2560 (แสดงตารางที่ 43) พบว่าในวิธีการที่ 1 ปลุกข้าวโพด มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 3.00 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.15 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี 2559 เฉลี่ย 8.60 ต้นต่อไร่ต่อปี หารด้วย 100 เพราะทำเป็น เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 12.90 กิโลกรัม ต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ในตะกอนดินหลังการทดลอง 128.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 8.60 ต้นต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัม คูณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เท่ากับ 294.65 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 2.53 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 339.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 8.60 ต้นต่อไร่ต่อปี คูณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 1.205 ได้ K_2O เท่ากับ 408.89 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 3.52 กิโลกรัมต่อไร่

พบว่าในวิธีการที่ 2 ปลุกข้าวโพด ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 2.70 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.135 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี 2559 เฉลี่ย 16.34 ต้นต่อไร่ต่อปี หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 22.06 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 280.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 16.34 ต้นต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 642.73 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 คูณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 12.51 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 666.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 16.34 ต้นต่อไร่ต่อปี จะได้ เท่ากับ 803.34 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 คูณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 1.205 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 13.13 กิโลกรัมต่อไร่

ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร หลังการทดลองปี 2560 พบว่าในวิธีการที่ 3 ปลุกข้าวโพดร่วมกับเงาะ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 2.86 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.143 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี 2559 เฉลี่ย 8.78 ต้นต่อไร่ต่อปี หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 12.56 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 252.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 8.78 ต้นต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 577.08 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 คูณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 5.07 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 467.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 8.78 ต้นต่อไร่ต่อปี จะได้เท่ากับ 562.74 มิลลิกรัม

เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 คุณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 1.205 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 4.94 กิโลกรัมต่อไร่

พบว่าในวิธีการที่ 4 ปลุกข้าวโพดร่วมกับเงาะ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 3.16 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.158 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี 2559 เฉลี่ย 9.73 ต้นต่อไร่ต่อปี หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 15.37 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 230.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 9.73 ต้นต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 528.23 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 คุณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 5.14 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 506.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 9.73 ต้นต่อไร่ต่อปี จะได้เท่ากับ 610.13 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 คุณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 1.205 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 5.94 กิโลกรัมต่อไร่

ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร หลังการทดลองปี 2560 พบว่าในวิธีการที่ 5 ปลุกข้าวไร่ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 2.50 เมื่อคูณ 0.05 จะได้เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.15 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี 2560 เฉลี่ย 12.50 ต้นต่อไร่ต่อปี หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 15.63 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 121.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 12.50 ต้นต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 121.67 มิลลิกรัมต่อไร่แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 คุณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 3.48 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 449.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 12.50 ต้นต่อไร่ต่อปี จะได้เท่ากับ 541.444 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 คุณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 1.205 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 6.77 กิโลกรัมต่อไร่

พบว่าในวิธีการที่ 6 ปลุกข้าวไร่ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 2.80 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.14 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี 2560 เฉลี่ย 34.36 ต้นต่อไร่ต่อปี หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 48.10 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 202.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 34.36 ต้นต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 464.11 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 คุณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 15.95 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอน

ดินหลังการทดลอง 504.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คุณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 34.36 ตันต่อไร่ ต่อปี จะได้เท่ากับ 608.13 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 คุณเป็นแอมโมเนียมด้วย 1.205 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 20.90 กิโลกรัมต่อไร่

ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร หลังการทดลอง ปี 2560 พบว่าในวิธีการที่ 7 ปลุกข้าวไร่ร่วมกับเงาะ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 2.63 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.132 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย ปี 2560 เฉลี่ย 19.80 ตันต่อไร่ต่อปี หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 26.14 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 253.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 19.80 ตันต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 580.90 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 คุณเป็นแอมโมเนียมด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 11.50 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 530.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คุณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 19.80 ตันต่อไร่ต่อปี จะได้เท่ากับ 639.05 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 คุณเป็นแอมโมเนียมด้วย 1.205 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 12.65 กิโลกรัมต่อไร่

พบว่าในวิธีการที่ 8 ปลุกข้าวไร่ร่วมกับเงาะ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์ เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 2.50 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.125 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี 2559 เฉลี่ย 23.76 ตันต่อไร่ต่อปี หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 29.70 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 161.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 23.76 ตันต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 369.45 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 คุณเป็นแอมโมเนียมด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 8.78 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 398.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คุณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 23.76 ตันต่อไร่ต่อปี จะได้เท่ากับ 479.99 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 คุณเป็นแอมโมเนียมด้วย 1.205 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 11.40 กิโลกรัมต่อไร่

ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารพืชในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในปี 2560 พบว่า การปลูกพืชในพื้นที่แปลงระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (คูรับน้ำขอบเขา) มีปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียระหว่าง 12.56-26.04 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) ที่สูญเสียระหว่าง 2.53-11.50 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) ที่สูญเสียระหว่าง 3.52-12.65 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (มีคูรับน้ำขอบเขา) มีแนวโน้มของการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนต่ำที่สุด เท่ากับ 12.90 กิโลกรัมต่อไร่ 2.53 และมีแนวโน้มของการสูญเสียปริมาณฟอสฟอรัสต่ำที่สุดเท่ากับ 2.53 กิโลกรัมต่อไร่ และโพแทสเซียมต่ำที่สุดเท่ากับ 3.52 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 43)

ตารางที่ 43 ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร หลังการทดลองปี พ.ศ. 2560

วิธีการ	ปริมาณการสูญเสียดินคิดเป็น ปริมาณธาตุอาหาร		
	total N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	(กก.ต่อไร่)	(กก.ต่อไร่)	(กก.ต่อไร่)
ปลูกข้าวโพด มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	12.90	2.53	3.52
ปลูกข้าวโพด ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	22.06	10.50	13.13
ปลูกข้าวโพด+เงาะ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	12.56	5.07	4.94
ปลูกข้าวโพด+เงาะ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	15.37	4.54	5.94
ปลูกข้าวไร่ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	15.63	3.48	6.77
ปลูกข้าวไร่ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	48.10	15.95	20.90
ปลูกข้าวไร่+เงาะ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	26.04	11.50	12.65
ปลูกข้าวไร่+เงาะ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	29.70	8.78	11.40

ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร หลังการทดลองปี พ.ศ. 2561 (แสดงตารางที่ 44) พบว่าในวิธีการที่ 1 ปลูกข้าวโพด มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 3.00 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.15 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี พ.ศ. 2561 เฉลี่ย 8.95 ตันต่อไร่ต่อปี หาค่าด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 13.43 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 128.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 8.95 ตันต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัม คูณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 2.290 ได้ P₂O₅ เท่ากับ 294.65 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P₂O₅ เท่ากับ 11.31 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดิน หลังการทดลอง 339.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 8.95 ตันต่อไร่ต่อปี คูณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 1.205 ได้ K₂O เท่ากับ 408.89 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K₂O เท่ากับ 14.13 กิโลกรัมต่อไร่

พบว่าในวิธีการที่ 2 ปลูกข้าวโพด ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 2.70 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.135 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี 2561 เฉลี่ย 17.59 ตันต่อไร่ต่อปี หาค่าด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 23.75 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 280.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 17.59 ตันต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 642.73 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหาค่าด้วย 1000 คูณเป็นแอนไฮไดรต์

ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 11.31 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 666.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 17.59 ตันต่อไร่ต่อปี จะได้เท่ากับ 803.34 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 คูณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 1.205 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 14.13 กิโลกรัมต่อไร่

ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร หลังการทดลองปี 2561 พบว่าในวิธีการที่ 3 ปลุกข้าวโพดร่วมกับเงาะ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 2.86 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.143 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี 2561 เฉลี่ย 8.84 ตันต่อไร่ต่อปี หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 12.64 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 252.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 8.84 ตันต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 577.08 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 คูณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 5.10 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 467.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 8.84 ตันต่อไร่ต่อปี จะได้เท่ากับ 562.74 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 คูณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 1.205 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 4.97 กิโลกรัมต่อไร่

พบว่าในวิธีการที่ 4 ปลุกข้าวโพดร่วมกับเงาะ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 3.16 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.158 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี 2561 เฉลี่ย 26.84 ตันต่อไร่ต่อปี หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 42.41 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 230.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 26.84 ตันต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 528.23 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 คูณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 14.18 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 506.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 26.84 ตันต่อไร่ต่อปี จะได้เท่ากับ 610.13 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 คูณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 1.205 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 16.38 กิโลกรัมต่อไร่

ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร หลังการทดลองปี 2561 พบว่าในวิธีการที่ 5 ปลุกข้าวไร่ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 2.50 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.15 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี 2560 เฉลี่ย 10.99 ตันต่อไร่ต่อปี หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 13.74 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 121.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอน

ดินที่สูญเสีย 10.99 ตันต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 121.67 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 3.06 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 449.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คุณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 10.99 ตันต่อไร่ต่อปี จะได้เท่ากับ 541.444 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 1.205 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 5.95 กิโลกรัมต่อไร่

พบว่าในวิธีการที่ 6 ปลุกข้าวไร่ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 2.80 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.14 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี 2561 เฉลี่ย 22.91 ตันต่อไร่ต่อปี หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 32.07 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 202.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 22.91 ตันต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 464.11 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 10.63 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 504.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คุณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 22.91 ตันต่อไร่ต่อปี จะได้เท่ากับ 608.13 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 1.205 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 13.93 กิโลกรัมต่อไร่

ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร หลังการทดลองปี 2561 พบว่าในวิธีการที่ 7 ปลุกข้าวไร่ร่วมกับเงาะ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 2.63 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.132 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี 2561 เฉลี่ย 6.11 ตันต่อไร่ต่อปี หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 8.07 กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 253.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 6.11 ตันต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 580.90 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 3.55 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 530.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คุณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 6.11 ตันต่อไร่ต่อปี จะได้เท่ากับ 639.05 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 1.205 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 3.90 กิโลกรัมต่อไร่

พบว่าในวิธีการที่ 8 ปลุกข้าวไร่ร่วมกับเงาะ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 2.50 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.125 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี 2561 เฉลี่ย 24.81 ตันต่อไร่ต่อปี หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 31.01

กิโลกรัมต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 161.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 24.81 ตันต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 369.45 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 คูณเป็นแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตได้ P_2O_5 เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 9.17 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 398.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 24.81 ตันต่อไร่ต่อปี จะได้เท่ากับ 479.99 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 คูณเป็นแอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟตได้ K_2O เท่ากับ 11.91 กิโลกรัมต่อไร่

ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารพืชในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในปี พ.ศ. 2561 พบว่า การปลูกพืช ในพื้นที่แปลงมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (คุ้มน้ำขอบเขา) มีปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียระหว่าง 8.03-12.64 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) ที่สูญเสียระหว่าง 2.64-5.12 กิโลกรัมต่อไร่ และปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) ที่สูญเสียระหว่าง 3.66-5.95 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ โดยการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะ มีระบบอนุรักษ์ดิน และน้ำ (คุ้มน้ำขอบเขา) มีแนวโน้มของการสูญเสียปริมาณไนโตรเจนต่ำที่สุดเท่ากับ 8.03 กิโลกรัมต่อไร่ และมีแนวโน้มของการสูญเสียโพแทสเซียมต่ำที่สุดเท่ากับ 3.66 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 44)

ตารางที่ 44 ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร หลังการทดลองปี พ.ศ. 2561

วิธีการ	ปริมาณการสูญเสียดินคิดเป็น		
	ปริมาณธาตุอาหาร		
	total N (กก.ต่อไร่)	P_2O_5 (กก.ต่อไร่)	K_2O (กก.ต่อไร่)
ปลูกข้าวโพด มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	13.43	2.64	3.66
ปลูกข้าวโพด ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	23.75	11.31	14.13
ปลูกข้าวโพด+เงาะ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	12.64	5.10	4.97
ปลูกข้าวโพด+เงาะ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	42.41	12.52	16.38
ปลูกข้าวไร่ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	13.74	3.06	5.95
ปลูกข้าวไร่ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	32.07	10.63	13.93
ปลูกข้าวไร่+เงาะ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	8.03	3.55	3.90
ปลูกข้าวไร่+เงาะ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ	31.01	9.17	11.91

เมื่อคำนวณมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสูญเสียธาตุอาหารในดิน โดยใช้ข้อมูลจากปริมาณของธาตุอาหารในดินและประเมินมูลค่าของธาตุอาหารที่สูญเสียไปโดยธาตุไนโตรเจนใช้ราคาของปุ๋ยยูเรีย (46 เปอร์เซ็นต์ N) ราคา 675 บาทต่อ 50 กิโลกรัม เฉลี่ยราคากิโลกรัมละ 29.3 บาท ส่วนธาตุฟอสฟอรัสใช้ราคาของปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (46 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5) ราคา 980 บาทต่อ 50 กิโลกรัม เฉลี่ยราคา

กิโลกรัมละ 42.5 บาท และธาตุโพแทสเซียมใช้ราคาของปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 เปอร์เซ็นต์ K_2O) ราคา 1,250 บาทต่อ 50 กิโลกรัม เฉลี่ยราคากิโลกรัมละ 41.6 บาท แล้วคำนวณมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสูญเสียธาตุอาหารในดิน พบว่า เมื่อเปรียบเทียบมูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารในดินระหว่างการปลูกพืชที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำและไม่มีการอนุรักษ์ดินและน้ำ

การคำนวณปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร และมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์แสดงดังตารางที่ 45 หลังการทดลองปี พ.ศ. 2561 การปลูกพืชที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 2.75 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.14 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี พ.ศ. 2561 เฉลี่ย 8.73 ตันต่อไร่ต่อปี หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 12.00 กิโลกรัมต่อไร่ และนำมาคิดเป็นมูลค่าเงินที่สูญเสียไปในรูปปุ๋ยยูเรีย (46 เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 12.00 กิโลกรัมต่อไร่ คูณกับ 29.3 เป็นเงิน 352 บาทต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 189.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 8.73 ตันต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัม คูณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เท่ากับ 3,778.43 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 3.78 กิโลกรัมต่อไร่ และนำมาคิดเป็นมูลค่าเงินที่สูญเสียไปในรูปปุ๋ย ทริบิเลซูปเปอร์ฟอสเฟต (46 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5) ราคา 980 บาทต่อ 50 กิโลกรัม เฉลี่ยราคากิโลกรัมละ 42.5 บาท เท่ากับ 3.78 กิโลกรัมต่อไร่ คูณกับ 42.5 เป็นเงิน 161 บาทต่อไร่ ผลวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 446.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 8.73 ตันต่อไร่ต่อปี คูณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 1.205 ได้ K_2O เท่ากับ 4,697.02 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 4.69 กิโลกรัมต่อไร่ นำมาคิดเป็นมูลค่าเงินที่สูญเสียไปในรูปธาตุโพแทสเซียมใช้ราคาของปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 เปอร์เซ็นต์ K_2O) ราคา 1,250 บาทต่อ 50 กิโลกรัม เฉลี่ยราคากิโลกรัมละ 41.6 บาท เท่ากับ 4.69 กิโลกรัมต่อไร่ คูณกับ 41.6 บาท เป็นเงิน 195 บาทต่อไร่

การคำนวณปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร และมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์แสดงดังตารางที่ 45 หลังการทดลองปี พ.ศ. 2561 การปลูกพืชที่ไม่มีการอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 2.79 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.14 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียปี 2561 เฉลี่ย 23.04 ตันต่อไร่ต่อปี หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 32.14 กิโลกรัมต่อไร่ และนำมาคิดเป็นมูลค่าเงินที่สูญเสียไปในรูปปุ๋ยยูเรีย (46 เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 32.14 กิโลกรัมต่อไร่ คูณกับ 29.34 เป็นเงิน 943 บาทต่อไร่ ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 212.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 23.04 ตันต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัม คูณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เท่ากับ 11,190.74 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 11.19 กิโลกรัมต่อไร่ และนำมาคิดเป็นมูลค่าเงินที่สูญเสียไปในรูปปุ๋ยทริบิเลซูปเปอร์ฟอสเฟต (46 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5) ราคา 980 บาท

ต่อ 50 กิโลกรัม เฉลี่ยราคากิโลกรัมละ 42.5 บาท เท่ากับ 11.19 กิโลกรัมต่อไร่ คูณกับ 42.5 เป็นเงิน 476 บาทต่อไร่ ผลวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 519.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 23.04 ตันต่อไร่ต่อปี คูณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 1.205 ได้ K_2O เท่ากับ 14,409.10 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 14.41 กิโลกรัมต่อไร่ นำมาคิดเป็นมูลค่าเงินที่สูญเสียไปในรูปธาตุโพแทสเซียมใช้ราคาของปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 เปอร์เซ็นต์ K_2O) ราคา 1,250 บาทต่อ 50 กิโลกรัม เฉลี่ยราคากิโลกรัมละ 41.6 บาท เท่ากับ 14.41 กิโลกรัมต่อไร่ คูณกับ 41.6 บาท เป็นเงิน 600 บาทต่อไร่

โดยการปลูกพืชในพื้นที่มีระบบคันดินจะมีมูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารในดินในรูปปุ๋ยเคมีเท่ากับ 708 บาทต่อไร่ ในขณะที่การปลูกพืชในพื้นที่ไม่มีระบบคันดิน จะมีมูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารในดินในรูปปุ๋ยเคมีสูงถึง 2,019 บาทต่อไร่ (ตารางที่ 45) ซึ่งถือว่าเป็นมูลค่าการสูญเสียที่สูงมาก โดยในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (คุ้มน้ำขอบเขา) สามารถลดมูลค่าการสูญเสียธาตุอาหารในดิน ในรูปปุ๋ยเคมีได้ถึง 1,311 บาทต่อไร่ หรือคิดเป็น 64.93 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ

ตารางที่ 45 ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหารและมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ปี พ.ศ. 2561

ดำเนินการทดลอง	ปริมาณการสูญเสียดินคิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร (กิโลกรัมต่อไร่)			มูลค่ารวม (บาทต่อไร่)
	total N	P_2O_5	K_2O	
มีคุ้มน้ำขอบเขา	12.00	3.78	4.70	
คิดเป็นมูลค่า (บาท)	352	161	195	708
ไม่มีคุ้มน้ำขอบเขา	32.14	11.19	14.41	
คิดเป็นมูลค่า (บาท)	943	476	600	2,019

ที่มา: ข้อมูลราคาปุ๋ยที่นำมาคำนวณ สำนักงานพาณิชย์จังหวัดน่าน (2561)

ปุ๋ยสูตร 46-0-0 ราคา 675 บาทต่อกระสอบ, ปุ๋ยสูตร 0-46-0 ราคา 980 บาทต่อกระสอบ

ปุ๋ยสูตร 0-0-60 ราคา 1,250 บาทต่อกระสอบ

4.7.12 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในการปลูกพืชในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในปี พ.ศ. 2559-2561 พบว่า รายงานราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ความชื้นไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ เกษตรกรขายได้ในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ปี พ.ศ. 2559 ราคาเฉลี่ย 7.50 บาทต่อกิโลกรัม สำหรับปี พ.ศ. 2560 ราคาเฉลี่ย 8.00 บาทต่อกิโลกรัม และปี 2561 ราคาเฉลี่ย 8.80 บาทต่อกิโลกรัม ดังนั้น ราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เฉลี่ยทั้ง 3 ปี ราคา 8.10 บาทต่อกิโลกรัม บริเวณจุดรับซื้อโรงสีอำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน ราคาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 170 บาทต่อกิโลกรัม เกษตรกรใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ประมาณ

5 กิโลกรัมต่อไร่ และราคาเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ 10 บาทต่อกิโลกรัม เกษตรกรใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ ประมาณ 15 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับข้าวไร่เกษตรกรจะเก็บไว้บริโภคในครัวเรือน ส่วนเงาะมีอายุ 3 ปี ยังไม่สามารถเก็บข้อมูลด้านผลผลิตได้ ดังนั้นจึงไม่สามารถนำมาคำนวณเป็นมูลค่าผลผลิตได้

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกพืชในพื้นที่แปลงมีคูรับน้ำขอบเขาปี พ.ศ. 2559 โดยการวิเคราะห์ต้นทุนผันแปรและผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร พบว่า การปลูกข้าวไร่เป็นพืชเชิงเดี่ยว มีต้นทุนผันแปรต่ำที่สุดคือ 2,908 บาทต่อไร่ และการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะมีต้นทุนผันแปรสูงที่สุด เท่ากับ 5,808 บาทต่อไร่ ทั้งนี้เพราะต้นทุนผันแปรส่วนใหญ่จะเป็นค่ากำจัดวัชพืช ค่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ค่าปุ๋ยเคมีและค่ากิ่งพันธุ์เงาะ สำหรับผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร พบว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวมีผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรสูงที่สุด เท่ากับ 812.43 บาทต่อไร่ ส่วนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะ และการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะ มีผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรมีค่าติดลบหรือไม่มีกำไรสุทธิ เท่ากับ 487.30 และ 622.30 บาทต่อไร่ ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์อัตราส่วนรายได้ต่อการลงทุน (Benefit Cost Ratio: B/C ratio) พบว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวและการปลูกข้าวไร่เป็นพืชเชิงเดี่ยวมีค่า B/C ratio เท่ากับ 1.18 และ 1.22 ตามลำดับ ในขณะที่การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะและการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะ มี ค่า B/C ratio เท่ากับ 0.92 และ 0.85 ตามลำดับ ซึ่งโดยเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการใด ๆ คือ B/C ratio ที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1 (ตารางที่ 46)

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวและการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะจะให้ผลผลิตและมูลค่าผลผลิตใกล้เคียงกันเท่ากับ 709.99 และ 709.36 กิโลกรัมต่อไร่ และ 5,324.93 และ 5,320.20 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับการปลูกข้าวไร่เป็นพืชเชิงเดี่ยวและการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะจะให้ผลผลิตและมูลค่าผลผลิตเท่ากับ 355.74 และ 358.02 กิโลกรัมต่อไร่ และ 3,557.40 และ 3,580.20 บาทต่อไร่ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาถึงผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร พบว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะและการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะจะมีค่าติดลบเนื่องจากมีค่าต้นทุนผันแปรที่เกิดจากค่ากิ่งพันธุ์เงาะเพิ่มขึ้นมาจากการปลูกพืชในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (คูรับน้ำขอบเขา) ในตำรับการทดลองอื่น ซึ่งผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในปีที่ 1 ยังเห็นผลได้ไม่ชัดเจนนัก

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกพืชในพื้นที่แปลงไม่มีคูรับน้ำขอบเขา ปี พ.ศ. 2559 โดยการวิเคราะห์ต้นทุนผันแปรและผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร พบว่า การปลูกข้าวไร่เป็นพืชเชิงเดี่ยว มีต้นทุนผันแปรต่ำที่สุด คือ 2,908 บาทต่อไร่ และการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะมีต้นทุนผันแปรสูงที่สุด เท่ากับ 5,808 บาทต่อไร่ ทั้งนี้เพราะต้นทุนผันแปรส่วนใหญ่จะเป็นค่ากำจัดวัชพืช ค่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ค่าปุ๋ยเคมีและค่ากิ่งพันธุ์เงาะ สำหรับผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร พบว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวมีผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรสูงที่สุด เท่ากับ 1,573.23 บาทต่อไร่ ส่วนการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะมีผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรมีค่าติดลบหรือไม่มีกำไรสุทธิ เท่ากับ 110.80 บาทต่อไร่ เมื่อวิเคราะห์อัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุนผันแปร (B/C ratio) พบว่า การปลูกข้าวไร่เป็นพืชเชิงเดี่ยว มีค่า B/C ratio สูงที่สุดเท่ากับ 1.40 รองลงมาคือการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยว มีค่า B/C ratio เท่ากับ 1.35 ในขณะที่การปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะ มี B/C ratio มีค่าติดลบ เท่ากับ 0.97

ตารางที่ 46 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกพืชในพื้นที่แปลงมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ
(คุ้งน้ำขอบเขา) ปี พ.ศ. 2559

รายการ	ค่ารับการทดลอง			
	M_1S_1	M_1S_2	M_1S_3	M_1S_4
1. ค่าเตรียมแปลงทดลอง				
1.1 ค่าตัดหญ้า	300	300	300	300
2. ค่าแรงงาน				
2.1 ค่าปลูก	500	500	500	500
2.2 ค่าใส่ปุ๋ยเคมี	600	600	600	600
2.3 ค่ากำจัดวัชพืชครั้งที่ 1	300	300	300	300
2.4 ค่ากำจัดวัชพืชครั้งที่ 2	600	600	-	-
2.5 ค่าเก็บเกี่ยวผลผลิต	600	600	600	600
3. ค่าวัสดุการเกษตร				
3.1 ค่าเมล็ดพันธุ์	850	850	150	150
3.2 ค่ากิ่งพันธุ์เงาะ 25 ต้น	-	1,125	-	1,125
3.3 ค่าปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15	425	595	255	425
3.4 ค่าปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0	337.5	337.5	202.5	202.5
ต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	4,513	5,808	2,908	4,203
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	709.99	709.36	355.74	358.02
ราคาผลผลิต (บาทต่อกิโลกรัม)	7.5	7.5	10	10
มูลค่าผลผลิต (บาทต่อไร่)	5,324.93	5,320.20	3,557.40	3,580.20
ผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	812.43	-487.30	649.90	-622.30
B/C ratio	1.18	0.92	1.22	0.85

ตารางที่ 47 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกพืชในพื้นที่แปลงไม่มีคูรับน้ำขอบเขาปี พ.ศ. 2559

รายการ	ค่ารับการทดลอง			
	M ₂ S ₁	M ₂ S ₂	M ₂ S ₃	M ₂ S ₄
1. ค่าเตรียมแปลงทดลอง				
1.1 ค่าตัดหญ้า	300	300	300	300
2. ค่าแรงงาน				
2.1 ค่าปลูก	500	500	500	500
2.2 ค่าใส่ปุ๋ยเคมี	600	600	600	600
2.3 ค่ากำจัดวัชพืชครั้งที่ 1	300	300	300	300
2.4 ค่ากำจัดวัชพืชครั้งที่ 2	600	600	-	-
2.5 ค่าเก็บเกี่ยวผลผลิต	600	600	600	600
3. ค่าวัสดุการเกษตร				
3.1 ค่าเมล็ดพันธุ์	850	850	150	150
3.2 ค่ากิ่งพันธุ์เงาะ 25 ต้น	-	1,125	-	1,125
3.3 ค่าปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15	425	595	255	425
3.4 ค่าปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0	337.5	337.5	202.5	202.5
ต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	4,513	5,808	2,908	4,203
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	811.43	810.70	406.56	409.17
ราคาผลผลิต (บาทต่อกิโลกรัม)	7.5	7.5	10	10
มูลค่าผลผลิต (บาทต่อไร่)	6,085.73	6,080.25	4,065.60	4,091.70
ผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	1,573.23	272.75	1,158.10	-110.80
B/C ratio	1.35	1.05	1.40	0.97

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวและการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะจะให้ผลผลิตและมูลค่าผลผลิตใกล้เคียงกันเท่ากับ 811.43 และ 810.70 กิโลกรัมต่อไร่ และ 6,085.73 และ 6,080.25 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับการปลูกข้าวไร่เป็นพืชเชิงเดี่ยวและการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะจะให้ผลผลิตและมูลค่าผลผลิตใกล้เคียงกันเท่ากับ 406.56 และ 409.17 กิโลกรัมต่อไร่ และ 4,065.60 และ 4,091.70 บาทต่อไร่ ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาถึงผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร พบว่าการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะจะมีค่าติดลบ เนื่องจากมีค่าต้นทุนผันแปรที่เกิดจากค่ากิ่งพันธุ์เงาะเพิ่มขึ้นมา ถึงแม้ว่าในปีที่ 1 จะให้ผลผลิตใกล้เคียงกันก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปี พ.ศ. 2559 พบว่า การปลูกพืชในพื้นที่แปลงมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (คูรับน้ำขอบเขา) จะมีมูลค่าของผลผลิต และผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร

ต่ำกว่าการปลูกพืชในพื้นที่แปลงไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ในทุกวิธีการทดลอง เนื่องจากการปลูกพืชในพื้นที่แปลงไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ จะให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าในขณะที่ต้นทุนผันแปรมีค่าเท่ากัน ทำให้การปลูกพืชในพื้นที่แปลงไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำมีค่า B/C ratio สูงกว่าในทุกตำรับการทดลอง เท่ากับ 1.35 1.05 1.40 และ 0.97 ตามลำดับ ในขณะที่การปลูกพืชในพื้นที่แปลงมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (คุรับน้ำขอบเขา) มีค่า B/C ratio ต่ำกว่าเท่ากับ 1.18 0.92 1.22 และ 0.85 ตามลำดับ

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกพืชในพื้นที่แปลงมีคุรับน้ำขอบเขาปี พ.ศ. 2560 โดยการวิเคราะห์ต้นทุนผันแปรและผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร พบว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยว และการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะมีต้นทุนผันแปรใกล้เคียงกัน คือ 4,513 และ 4,683 บาทต่อไร่ ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับการปลูกข้าวไร่เป็นพืชเชิงเดี่ยวและการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะมีต้นทุนผันแปรใกล้เคียงกัน คือ 2,908 และ 3,078 บาทต่อไร่ ตามลำดับ เนื่องจากการทดลองในปีที่ 1 จะมีค่ากึ่งพันธุ์เงาะเพิ่มขึ้นมาจากต้นทุนผันแปรในขณะที่ยังเตรียมแปลงทดลอง ค่าแรงงาน และค่าวัสดุการเกษตรเท่าเดิม สำหรับผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร พบว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะ มีผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรสูงกว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวเท่ากับ 1,578.14 บาทต่อไร่ ซึ่งให้ผลในทำนองเดียวกับการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะให้ผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรสูงกว่าการปลูกข้าวไร่เป็นพืชเชิงเดี่ยวเท่ากับ 1,892.70 บาทต่อไร่ ทั้งนี้เพราะการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะ และการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะจะให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวไร่เป็นพืชหลักเพียงอย่างเดียว (782.58 และ 497.02 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุนผันแปร (B/C ratio) พบว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะมีค่า B/C ratio สูงกว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยว เท่ากับ 1.34 ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะมีค่า B/C ratio สูงกว่าการปลูกข้าวไร่เป็นพืชเชิงเดี่ยวเท่ากับ 1.62 เนื่องจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะและการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะจะให้มูลค่าผลผลิตสูงกว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวไร่เป็นพืชหลักเพียงอย่างเดียว (6,260.64 และ 4,970.20 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) (ตารางที่ 48)

จากผลการศึกษาจะเห็นได้ชัดว่าในปีที่ 2 ของการทดลอง การปลูกพืชในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (คุรับน้ำขอบเขา) ในทุกวิธีการทดลอง จะมีผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรเพิ่มขึ้นจากการทดลองในปีที่ 1 โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะ และการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะ จะมีผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรเพิ่มสูงขึ้นเท่ากับ 1,578.14 และ 1,892.70 บาทต่อไร่ตามลำดับ โดยในปีที่ 1 จะมีผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรมีค่าติดลบ ซึ่งสอดคล้องกับค่า B/C ratio ที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนเท่ากับ 1.34 และ 1.62 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในปีที่ 2 เริ่มเห็นผลชัดเจนขึ้น โดยการปลูกพืชในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (คุรับน้ำขอบเขา) จะให้ผลตอบแทนและความคุ้มค่าในระยะยาว ส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวไร่เพิ่มสูงขึ้นในปีถัดไป

ตารางที่ 48 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกพืชในพื้นที่แปลงมีคูรับน้ำขอบเขาปี พ.ศ. 2560

รายการ	ดำเนินการทดลอง			
	M_1S_1	M_1S_2	M_1S_3	M_1S_4
1. ค่าเตรียมแปลงทดลอง				
1.1 ค่าตัดหญ้า	300	300	300	300
2. ค่าแรงงาน				
2.1 ค่าปลูก	500	500	500	500
2.2 ค่าใส่ปุ๋ยเคมี	600	600	600	600
2.3 ค่ากำจัดวัชพืชครั้งที่ 1	300	300	300	300
2.4 ค่ากำจัดวัชพืชครั้งที่ 2	600	600	-	-
2.5 ค่าเก็บเกี่ยวผลผลิต	600	600	600	600
3. ค่าวัสดุการเกษตร				
3.1 ค่าเมล็ดพันธุ์	850	850	150	150
3.2 ค่ากิ่งพันธุ์เงาะ 25 ต้น	-	-	-	-
3.3 ค่าปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15	425	595	255	425
3.4 ค่าปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0	337.5	337.5	202.5	202.5
ต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	4,513.00	4,683.00	2,908.00	3,078.00
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	679.65	782.58	424.83	497.02
ราคาผลผลิต (บาทต่อกิโลกรัม)	8	8	10	10
มูลค่าผลผลิต (บาทต่อไร่)	5,437.20	6,260.64	4,248.30	4,970.20
ผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	924.70	1,578.14	1,340.80	1,892.70
B/C ratio	1.20	1.34	1.46	1.62

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกพืชในพื้นที่แปลงไม่มีคูรับน้ำขอบเขาปี พ.ศ. 2560 โดยการวิเคราะห์ต้นทุนผันแปรและผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร พบว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวและการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะมีต้นทุนผันแปรใกล้เคียงกัน คือ 4,513.00 และ 4,683.00 บาทต่อไร่ ตามลำดับ เช่นเดียวกันกับการปลูกข้าวไร่เป็นพืชเชิงเดี่ยวและการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะมีต้นทุนผันแปรใกล้เคียงกัน คือ 2,908 และ 3,078 บาทต่อไร่ ตามลำดับ เนื่องจากการทดลองในปีที่ 1 จะมีค่ากึ่งพันธุ์เงาะเพิ่มขึ้นมาจากต้นทุนผันแปรในขณะที่ค่าเตรียมแปลงทดลอง ค่าแรงงาน และค่าวัสดุการเกษตรเท่าเดิม สำหรับผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร พบว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะมีผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรสูงกว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวเท่ากับ 2,472.46 บาทต่อไร่ ซึ่งให้ผลในการทำนองเดียวกับการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะให้ผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรสูงกว่าการปลูกข้าวไร่เป็นพืชเชิงเดี่ยวเท่ากับ 2,602.80 บาทต่อไร่ ทั้งนี้เพราะการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะและการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะจะให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวไร่เป็นพืชหลักเพียงอย่างเดียว (894.37 และ 568.03 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุนผันแปร (B/C ratio) พบว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะมีค่า B/C ratio สูงกว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยว เท่ากับ 1.53 ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกับการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะมีค่า B/C ratio สูงกว่าการปลูกข้าวไร่เป็นพืชเชิงเดี่ยวเท่ากับ 1.85 เนื่องจากการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะและการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะจะให้มูลค่าผลผลิตสูงกว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวไร่เป็นพืชหลักเพียงอย่างเดียว (7,154.96 และ 5,680.30 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) (ตารางที่ 49)

จากผลการศึกษาจะเห็นว่าในปีที่ 2 ของการทดลองของการปลูกพืชในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในทุกตำรับการทดลองจะมีผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรเพิ่มขึ้นจากการทดลองในปีที่ 1 โดยเฉพาะอย่างยิ่งการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะและการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะจะมีผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรเพิ่มสูงขึ้นเท่ากับ 2,472.46 และ 2,602.80 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ทำให้ค่า B/C ratio เพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.53 และ 1.85 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (คูรับน้ำขอบเขา) และไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปี 2560 พบว่า การปลูกพืชในพื้นที่แปลงมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (คูรับน้ำขอบเขา) จะมีมูลค่าของผลผลิต และผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรต่ำกว่าการปลูกพืชในพื้นที่แปลงไม่มีคูรับน้ำขอบเขา ในทุกตำรับการทดลอง เนื่องจากการปลูกพืชในพื้นที่แปลงไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ จะให้ผลผลิตต่อไร่สูงกว่าในขณะที่ต้นทุนผันแปรมีค่าเท่ากัน ทำให้การปลูกพืชในพื้นที่แปลงไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำมีค่า B/C ratio สูงกว่าในทุกตำรับการทดลองเท่ากับ 1.38 1.53 1.67 และ 1.85 ตามลำดับ ในขณะที่การปลูกพืชในพื้นที่แปลงมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (คูรับน้ำขอบเขา) มีค่า B/C ratio ต่ำกว่าเท่ากับ 1.20 1.34 1.46 และ 1.62 ตามลำดับ

ตารางที่ 49 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกพืชในพื้นที่แปลงไม่มีคูรับน้ำขอบเขา ปี พ.ศ. 2560

รายการ	ค่ารับการทดลอง			
	M ₂ S ₁	M ₂ S ₂	M ₂ S ₃	M ₂ S ₄
1. ค่าเตรียมแปลงทดลอง				
1.1 ค่าตัดหญ้า	300	300	300	300
2. ค่าแรงงาน				
2.1 ค่าปลูก	500	500	500	500
2.2 ค่าใส่ปุ๋ยเคมี	600	600	600	600
2.3 ค่ากำจัดวัชพืชครั้งที่ 1	300	300	300	300
2.4 ค่ากำจัดวัชพืชครั้งที่ 2	600	600	-	-
2.5 ค่าเก็บเกี่ยวผลผลิต	600	600	600	600
3. ค่าวัสดุการเกษตร				
3.1 ค่าเมล็ดพันธุ์	850	850	150	150
3.2 ค่ากิ่งพันธุ์เงาะ 25 ต้น	-	-	-	-
3.3 ค่าปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15	425	595	255	425
3.4 ค่าปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0	337.5	337.5	202.5	202.5
ต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	4,513	4,683	2,908	3,078
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	776.73	894.37	485.52	568.03
ราคาผลผลิต (บาทต่อกิโลกรัม)	8	8	10	10
มูลค่าผลผลิต (บาทต่อไร่)	6,213.84	7,154.96	4,855.20	5,680.30
ผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	1,701.34	2,472.46	1,947.70	2,602.80
B/C ratio	1.38	1.53	1.67	1.85

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกพืชในพื้นที่แปลงมีคูรับน้ำขอบเขา ปี พ.ศ. 2561 โดยการวิเคราะห์ต้นทุนผันแปรและผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร พบว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวและการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะมีต้นทุนผันแปรใกล้เคียงกัน คือ 4,513 และ 4,683 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับการปลูกข้าวไร่เป็นพืชเชิงเดี่ยวและการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะมีต้นทุนผันแปรใกล้เคียงกัน คือ 2,908 และ 3,078 บาทต่อไร่ ตามลำดับ เนื่องจากในปีที่ 1 ของการทดลองจะมีค่ากิ่งพันธุ์เงาะเพิ่มขึ้นมาจากต้นทุนผันแปรในขณะที่ยังค่าเตรียมแปลงทดลอง ค่าแรงงาน และค่าวัสดุการเกษตรเท่าเดิม สำหรับผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร พบว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวมีผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรสูงกว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะ เท่ากับ 2,868.85 บาทต่อไร่ ซึ่งให้ผลในทำนองเดียวกับการปลูกข้าวไร่เป็นพืชเชิงเดี่ยว ให้ผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรสูงกว่าการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะ เท่ากับ 1,357.10 บาทต่อไร่ ทั้งนี้เพราะการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และการปลูกข้าวไร่

เป็นพืชหลักเพียงอย่างเดียว จะให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะและการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะ (838.79 และ 426.46 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาถึงอัตราส่วนของผลตอบแทนต่อต้นทุนผันแปร (B/C ratio) พบว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวมีค่า B/C ratio สูงกว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะ เท่ากับ 1.64 และการปลูกข้าวไร่เป็นพืชเชิงเดี่ยวมีค่า B/C ratio สูงกว่าการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะ เท่ากับ 1.47 เนื่องจากในปีที่ 3 ของการทดลองการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวจะให้มูลค่าผลผลิตสูงสุด เท่ากับ 7,381.35 บาทต่อไร่ (ตารางที่ 50)

จากผลการศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจทั้ง 3 ปี จะเห็นได้ว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวจะมีค่า B/C ratio เพิ่มขึ้นในแต่ละปีเท่ากับ 0.18 0.20 และ 0.64 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับปลูกพืชในพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในรูปแบบอื่น แต่เมื่อคำนึงถึงผลระยะยาวแล้วการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะ มีแนวโน้มของค่า B/C ratio เพิ่มสูงขึ้นในทุกปี เท่ากับ 0.08 0.34 และ 0.47 ตามลำดับ โดยพิจารณาจากผลการทดลองในปีที่ 1 ซึ่งมีค่า B/C ratio ติดลบ แต่ในปีที่ 1-2 จะมีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะบนคุ้มน้ำขอบเขา จึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่ง ในการปลูกพืชแบบผสมผสานที่เหมาะสม และคุ้มค่าในระยะยาว สำหรับรูปแบบการปลูกพืชบนพื้นที่สูง ซึ่งนอกจากเกษตรกรจะมีรายได้จากข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นหลัก แล้วยังจะมีรายได้เสริมจากผลผลิตของเงาะในปีถัดไป ทั้งนี้ยังช่วยลดปริมาณการสูญเสียของดินและปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในตะกอนดินได้อีกด้วย ซึ่งเป็นการใช้ประโยชน์ที่ดินได้อย่างเหมาะสม โดยมีการปลูกไม้ผลและพืชไร่หมุนเวียนในตลอดปี ไม่ปล่อยให้พื้นที่ทิ้งร้างว่างเปล่าหรือไม่มีพืชคลุมดิน อันเป็นสาเหตุหลักของปัญหาการเสื่อมโทรมของดินจากการกร่อนของดิน ทำให้เกษตรกรสามารถใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่สูงได้อย่างยั่งยืนในอนาคตต่อไป

ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกพืชในพื้นที่แปลงไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปี พ.ศ. 2561 โดยการวิเคราะห์ต้นทุนผันแปรและผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร พบว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นพืชเชิงเดี่ยว และการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะ มีต้นทุนผันแปรใกล้เคียงกัน คือ 4,513 และ 4,683 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งให้ผลเช่นเดียวกันกับการปลูกข้าวไร่เป็นพืชเชิงเดี่ยว และการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะ มีต้นทุนผันแปรใกล้เคียงกัน คือ 2,908 และ 3,078 บาทต่อไร่ตามลำดับ เนื่องจากในปีที่ 1 ของการทดลอง จะมีค่ากึ่งพันธุ์เงาะเพิ่มขึ้น มาจากต้นทุนผันแปร ในขณะที่ค่าเตรียมแปลงทดลอง ค่าแรงงาน และค่าวัสดุการเกษตรเท่าเดิม สำหรับผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร พบว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยว มีผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรสูงกว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะ เท่ากับ 3,923.18 บาทต่อไร่ ซึ่งให้ผลในทำนองเดียวกับการปลูกข้าวไร่เป็นพืชเชิงเดี่ยว ให้ผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรสูงกว่าการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะ เท่ากับ 1,966.40 บาทต่อไร่ ทั้งนี้เพราะการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และการปลูกข้าวไร่เป็นพืชหลักเพียงอย่างเดียว จะให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะ และการปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะ (958.6 และ 487.39 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาถึงการวิเคราะห์อัตราส่วนรายได้ต่อการลงทุน (ค่า B/C ratio) พบว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยว มีค่าการวิเคราะห์อัตราส่วนรายได้ต่อการลงทุน (ค่า B/C ratio) เท่ากับ 1.64 สูงกว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะ

และการปลูกข้าวไร่เป็นพืชเชิงเดี่ยว การปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะ เท่ากับ 1.38 ในปีที่ 3 ของการทดลองการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ จะให้มูลค่าผลผลิตสูงสุด เท่ากับ 7,381.35 บาทต่อไร่ (ตารางที่ 50)

ตารางที่ 50 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกพืชในพื้นที่แปลงมีคูรับน้ำขอบเขา ปี พ.ศ. 2561

รายการ	ค่ารับการทดลอง			
	M ₁ S ₁	M ₁ S ₂	M ₁ S ₃	M ₁ S ₄
1. ค่าเตรียมแปลงทดลอง				
1.1 ค่าตัดหญ้า	300	300	300	300
2. ค่าแรงงาน				
2.1 ค่าปลูก	500	500	500	500
2.2 ค่าใส่ปุ๋ยเคมี	600	600	600	600
2.3 ค่ากำจัดวัชพืชครั้งที่ 1	300	300	300	300
2.4 ค่ากำจัดวัชพืชครั้งที่ 2	600	600	-	-
2.5 ค่าเก็บเกี่ยวผลผลิต	600	600	600	600
3. ค่าวัสดุการเกษตร				
3.1 ค่าเมล็ดพันธุ์	850	850	150	150
3.2 ค่ากิ่งพันธุ์เงาะ 25 ต้น	-	-	-	-
3.3 ค่าปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15	425	595	255	425
3.4 ค่าปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0	337.5	337.5	202.5	202.5
ต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	4,513	4,683	2,908	3,078
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	838.79	783.6	426.46	424.01
ราคาผลผลิต (บาทต่อกิโลกรัม)	8.8	8.8	10	10
มูลค่าผลผลิต (บาทต่อไร่)	7,381.35	6,895.68	4,264.60	4,240.10
ผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	2,868.85	2,213.18	1,357.10	1,162.60
B/C ratio	1.64	1.47	1.47	1.38

จากผลการศึกษาผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในปีที่ 3 จะเห็นได้ว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ จะมีค่า B/C ratio เพิ่มขึ้นในแต่ละปี เท่ากับ 1.18 1.38 และ 1.64 ตามลำดับ ซึ่งถือว่าให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การปลูกพืชในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในรูปแบบอื่น แต่เมื่อคำนึงถึงผลระยะยาวแสดงให้เห็นว่าการปลูกพืชในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำจะมีปริมาณการสูญเสียดินอยู่ในระดับรุนแรงมากในแต่ละปี เท่ากับ 27.29 21.05 และ 23.04 ตันต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ โดยการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวจะมีปริมาณการสูญเสียดินอยู่ใน

ระดับรุนแรงในแต่ละปีเท่ากับ 19.47 16.34 และ 17.59 ต้นต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ นอกจากนี้การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวจะมีปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับตะกอนดินในปริมาณที่สูงที่สุดในปี พ.ศ. 2561 ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนสูญเสียไป 1.57 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูญเสียไป 280.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ที่สูญเสียไป 666.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

ตารางที่ 51 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกพืชในพื้นที่แปลงไม่มีคูรับน้ำขอบเขาปี พ.ศ. 2561

รายการ	ค่ารับการทดลอง			
	M ₂ S ₁	M ₂ S ₂	M ₂ S ₃	M ₂ S ₄
1. ค่าเตรียมแปลงทดลอง				
1.1 ค่าตัดหญ้า	300	300	300	300
2. ค่าแรงงาน				
2.1 ค่าปลูก	500	500	500	500
2.2 ค่าใส่ปุ๋ยเคมี	600	600	600	600
2.3 ค่ากำจัดวัชพืชครั้งที่ 1	300	300	300	300
2.4 ค่ากำจัดวัชพืชครั้งที่ 2	600	600	-	-
2.5 ค่าเก็บเกี่ยวผลผลิต	600	600	600	600
3. ค่าวัสดุการเกษตร				
3.1 ค่าเมล็ดพันธุ์	850	850	150	150
3.2 ค่ากิ่งพันธุ์เงาะ 25 ต้น	-	-	-	-
3.3 ค่าปุ๋ยเคมี สูตร 15-15-15	425	595	255	425
3.4 ค่าปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0	337.5	337.5	202.5	202.5
ต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	4,513	4,683	2,908	3,078
ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)	958.6	895.57	487.39	484.59
ราคาผลผลิต (บาทต่อกิโลกรัม)	8.8	8.8	10	10
มูลค่าผลผลิต (บาทต่อไร่)	8,435.68	7,881.02	4,873.90	4,845.90
ผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปร (บาทต่อไร่)	3,923.18	3,198.52	1,966.40	1,768.40
B/C ratio	1.87	1.68	1.68	1.57

เมื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจจากการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (คูรับน้ำขอบเขา) และลักษณะการใช้ที่ดิน จากผลการทดลองที่ผ่านมาสามารถนำมาสรุปเพื่อวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจในรูปแบบของตารางกระแสเงินสดสุทธิในแต่ละวิธีได้ดังนี้ (ตารางที่ 52) สรุปผลวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์เป็นรายกรณี

1.1 มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (คูรับน้ำขอบเขา): (M1)

M1S1: การปลูกข้าวโพดบนพื้นที่ที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (คูรับน้ำขอบเขา) ให้กระแสเงินสดสุทธิเฉลี่ยต่อปีอยู่ที่ 1,535.33 บาทต่อไร่ และระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 1 ปี แสดงถึงความคุ้มค่าที่รวดเร็วและเหมาะสมสำหรับการลงทุน ในพื้นที่จัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำที่สามารถควบคุมน้ำได้ดี

M1S2: การปลูกข้าวโพดและเงาะ ลักษณะการใช้ที่ดินแบบผสมผสาน มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (คูรับน้ำขอบเขา) แม้จะมีปีแรกที่ขาดทุนเล็กน้อย แต่โดยรวมให้กระแสเงินสดสุทธิเฉลี่ยต่อปี 1,101.34 บาทต่อไร่ และคืนทุนภายใน 1.31 ปี แสดงถึงความคุ้มค่าในระยะกลาง เหมาะกับเกษตรกรที่ต้องการสร้างความหลากหลายของรายได้

M1S3: การปลูกข้าวไร่ ลักษณะการใช้ที่ดินนี้มีผลตอบแทนดี ให้กระแสเงินสดสุทธิ 1,115.93 บาทต่อไร่ต่อปี คืนทุนใน 1 ปี สะท้อนความเหมาะสมของการปลูกข้าวไร่ในพื้นที่ที่มีระบบมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (คูรับน้ำขอบเขา) ซึ่งช่วยรักษาน้ำในดินได้ดี

M1S4: การปลูกข้าวไร่และเงาะ ลักษณะการใช้ที่ดินแบบผสมผสาน โดยมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (คูรับน้ำขอบเขา) แม้ปีแรกจะขาดทุน แต่ผลตอบแทนโดยรวมเฉลี่ยต่อปี อยู่ที่ 811.00 บาทต่อไร่ และคืนทุนใน 1.33 ปี ซึ่งยังถือว่าคุ้มค่าในระดับหนึ่ง โดยเหมาะสำหรับพื้นที่ ที่ต้องการปลูกข้าวไร่เป็นพืชอาหาร ช่วยลดการกร่อนของดิน และเพิ่มทางเลือกให้เกษตรกรโดยปลูกไม้ผล สร้างความหลากหลายของรายได้

ตารางที่ 52 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจในรูปแบบของตารางกระแสเงินสดสุทธิ

M1S1ปลูกข้าวโพด มีคูรับน้ำขอบเขา	รายได้รวม	ค่าใช้จ่ายรวม	กระแสเงินสดสุทธิ
ปี พ.ศ. 2559	5,324.93	4,512.50	812.43
ปี พ.ศ. 2560	5,437.20	4,512.50	924.70
ปี พ.ศ. 2561	7,381.35	4,512.50	2,868.85
กระแสเงินสดสุทธิรวม			4,605.98
เฉลี่ยต่อปี			1,535.33
ระยะเวลาคืนทุน			1 ปี
M2S1ปลูกข้าวโพด ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา			
ปี พ.ศ. 2559	6,085.73	4,512.50	1,573.23
ปี พ.ศ. 2560	6,213.84	4,512.50	1,701.34
ปี พ.ศ. 2561	8,435.68	4,512.50	3,923.18
กระแสเงินสดสุทธิรวม			7,197.75
เฉลี่ยต่อปี			2,399.25
ระยะเวลาคืนทุน			1 ปี
M1S2 ปลูกข้าวโพด+เงาะ มีคูรับน้ำขอบเขา			
ปี พ.ศ. 2559	5,320.20	5,807.50	487.30
ปี พ.ศ. 2560	6,260.64	4,682.50	1,578.14
ปี พ.ศ. 2561	6,895.68	4,682.50	2,213.18
กระแสเงินสดสุทธิรวม			3,304.02
เฉลี่ยต่อปี			1,101.34
ระยะเวลาคืนทุน			1.31 ปี
M2S2 ปลูกข้าวโพด+เงาะ ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา			
ปี พ.ศ. 2559	6,080.25	5,807.50	272.75
ปี พ.ศ. 2560	7,154.96	4,682.50	2,472.46
ปี พ.ศ. 2561	7,881.02	4,682.50	3,198.52
กระแสเงินสดสุทธิรวม			5,943.73
เฉลี่ยต่อปี			1,981.24
ระยะเวลาคืนทุน			1 ปี

ตารางที่ 52 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจในรูปแบบของตารางกระแสเงินสดสุทธิ (ต่อ)

M1S3ปลูกข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขา	รายได้รวม	ค่าใช้จ่ายรวม	กระแสเงินสดสุทธิ
ปี พ.ศ. 2559	3,557.40	2,907.50	649.90
ปี พ.ศ. 2560	4,248.30	2,907.50	1,340.80
ปี พ.ศ. 2561	4,264.60	2,907.50	1,357.10
กระแสเงินสดสุทธิรวม			3,347.80
เฉลี่ยต่อปี			1,115.93
ระยะเวลาคืนทุน			1 ปี
M2S3 ปลูกข้าวไร่ ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา			
ปี พ.ศ. 2559	4,065.60	2,907.50	1,158.10
ปี พ.ศ. 2560	4,855.20	2,907.50	1,947.70
ปี พ.ศ. 2561	4,873.90	2,907.50	1,966.40
กระแสเงินสดสุทธิรวม			5,072.20
เฉลี่ยต่อปี			1,690.73
ระยะเวลาคืนทุน			1 ปี
M1S4 ปลูกข้าวไร่+เงาะ มีคูรับน้ำขอบเขา			
ปี พ.ศ. 2559	3,580.20	4,202.50	-622.30
ปี พ.ศ. 2560	4,970.20	3,077.50	1,892.70
ปี พ.ศ. 2561	4,240.10	3,077.50	1,162.60
กระแสเงินสดสุทธิรวม			2,433.00
เฉลี่ยต่อปี			811.00
ระยะเวลาคืนทุน			1.33 ปี
M2S4 ปลูกข้าวไร่+เงาะ ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา			
ปี พ.ศ. 2559	4,091.70	4,202.50	110.80
ปี พ.ศ. 2560	5,680.30	3,077.50	2,602.80
ปี พ.ศ. 2561	4,845.90	3,077.50	1,768.40
กระแสเงินสดสุทธิรวม			4,260.40
เฉลี่ยต่อปี			1,420.13
ระยะเวลาคืนทุน			1.04 ปี

1.2 ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา): (M2)

M2S1: การปลูกข้าวโพด ผลตอบแทนสูงสุดในทุกกรณี คือ 2,399.25 บาทต่อไร่ต่อปี คืนทุนใน 1 ปี แสดงให้เห็นว่าการปลูกข้าวโพดในพื้นที่ไม่มีคูรับน้ำขอบเขาอาจให้ผลตอบแทนที่ดีกว่าเมื่อไม่ต้องลงทุนในก่อสร้างคูรับน้ำขอบเขาค้นดิน แต่การกร่อนของดินจะมีระดับรุนแรงมากในแต่ละปี

M2S2: การปลูกข้าวโพดและเงาะในพื้นที่ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา การปลูกพืชผสมผสานให้ผลตอบแทนเฉลี่ย 1,981.24 บาทต่อไร่ต่อปี คืนทุนใน 1.31 ปี แสดงถึงความยั่งยืนของระบบเกษตรผสมผสานในพื้นที่ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา หากมีการจัดการพืชและระบบน้ำอย่างเหมาะสม หากมีการปลูกไม้ผล(เงาะ) การกร่อนของดินจะมีระดับรุนแรงมากในปี 1 และมีแนวโน้มลดลงในปีที่ 3

M2S3: การปลูกข้าวไร่โดยไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา ให้ผลตอบแทนที่ดี 1,690.73 บาทต่อไร่ต่อปี คืนทุนใน 1 ปี อาจให้ผลตอบแทนที่ดีกว่าเมื่อไม่ต้องลงทุนในก่อสร้างคูรับน้ำขอบเขา แต่การกร่อนของดินจะมีระดับรุนแรงมากในแต่ละปี

M2S4: การปลูกข้าวไร่และเงาะ โดยไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา) เป็นลักษณะการใช้ที่ดินปลูกพืชผสมผสาน ข้าวไร่ร่วมกับเงาะ ที่ให้ผลตอบแทนเฉลี่ย 1,420.13 บาทต่อไร่ต่อปี สามารถคืนทุนใน 1.04 ปี ซึ่งอาจเป็นทางเลือกที่ค่อนข้างน่าพอใจสำหรับเกษตรกร แม้ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ หากมีการปลูกไม้ผล (เงาะ) การกร่อนของดินจะมีระดับรุนแรงมากในปี 1 และมีแนวโน้มลดลงในปีที่ 3

2. การวิเคราะห์เปรียบเทียบ

2.1 เปรียบเทียบผลตอบแทนเฉลี่ย

ตารางที่ 53 การวิเคราะห์เปรียบเทียบผลตอบแทนเฉลี่ยในรูปแบบลักษณะการใช้ที่ดิน

ลักษณะการใช้ที่ดิน	มีคูรับน้ำขอบเขา (บาท/ไร่/ปี)	ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา (บาท/ไร่/ปี)	ผลต่าง (บาท)
S1 ข้าวโพด	1,535.33	2,399.25	+863.92
S2 ข้าวโพด+เงาะ	1,101.34	1,981.24	+879.90
S3 ข้าวไร่	1,115.93	1,690.73	+574.80
S4 ข้าวไร่+เงาะ	811.00	1,420.13	+609.13

2.2 เปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุน

ลักษณะการใช้ที่ดินบนพื้นที่ลาดชัน 37 เปอร์เซ็นต์ มีระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ยใกล้เคียงกัน (1-1.33 ปี) แต่เมื่อบริหารจัดการด้วยมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ก็สามารถคืนทุนได้เร็ว เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหารและมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าการปลูกพืชในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำจะมีการสูญเสียธาตุอาหารในดินในปริมาณที่สูงมาก โดยมีปริมาณไนโตรเจน (total N) ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) และปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 32.14

11.19 และ 14.41 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และคิดเป็นมูลค่าธาตุอาหารที่สูญเสียไปในรูปปุ๋ยเคมี เท่ากับ 2,019 บาทต่อไร่ (ตารางที่ 45) ซึ่งกรมพัฒนาที่ดินได้มีการกำหนดปริมาณการสูญเสียดินสูงสุดที่ยอมรับได้สำหรับดินในประเทศไทยเป็น 2 ตันต่อไร่ต่อปี หรือเทียบเท่ากับ 0.96 มิลลิเมตรต่อปี โดยการสูญเสียในระดับนี้จะไม่ทำให้สมรรถนะของดินสำหรับการเกษตรเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลา 25 ปี แต่ค่าการสูญเสียดินที่สูงกว่าระดับนี้จะมีผลเสียหายต่อคุณภาพดินและผลผลิตพืชในระยะยาว โดยปริมาณการสูญเสียดินในระดับนี้จะไม่มีผลกระทบต่อศักยภาพของดินสำหรับการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แต่การสูญเสียปริมาณธาตุอาหารที่ติดสะสมไปกับตะกอนดินจะมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปีถัดไป

ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร (total N, P_2O_5 , K_2O) คำนวณจากปริมาณธาตุอาหารติดไปกับตะกอนดิน การคำนวณปริมาณไนโตรเจน (total N) คำนวณจากเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.05 คูณเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) จะได้ค่าเป็นเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) การคำนวณน้ำหนักของฟอสฟอรัส (P) และ โพแทสเซียม (K) ในรูปของ P_2O_5 และ K_2O โดยฟอสฟอรัส เป็น P_2O_5 ใช้ตัวคูณสำหรับเปลี่ยนค่าแอนไฮไดรต์เท่ากับ 2.290 ส่วนโพแทสเซียมเป็น K_2O ใช้ตัวคูณสำหรับเปลี่ยนค่าแอนไฮไดรต์ เท่ากับ 1.205 (คำรณ, 2556) ปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับตะกอนดิน ปริมาณต่อไร่ (total N : P_2O_5 : K_2O) ของแปลงวิจัย แสดงดังตารางที่ 45

ค่าเฉลี่ยจากผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 2.75 เมื่อคูณ 0.05 คูณเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 0.1375 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียในวิธีการที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปี 2561 เฉลี่ย 8,730 กิโลกรัมต่อไร่หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 12.00 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียในวิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปี 2561 เฉลี่ย 23,040 กิโลกรัมต่อไร่หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (Total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 32.14 กิโลกรัมต่อไร่

ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไปกับตะกอนดินในวิธีการที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 189.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 8,730 กิโลกรัมต่อไร่ จะได้เท่ากับ 1,649.97 กรัมต่อไร่ ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่ คูณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เท่ากับ 3,778.43 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 3.78 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไปกับตะกอนดินในวิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 187.09 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 23,040 กิโลกรัมต่อไร่ จะได้เท่ากับ 4,310.55 กรัมต่อไร่ ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่ คูณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เท่ากับ 9,871.17 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 9.87 กิโลกรัมต่อไร่

ปริมาณโพแทสเซียมที่สูญเสียไปกับตะกอนดินในวิธีการที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่ามีปริมาณโพแทสเซียมในตะกอนดินหลังการทดลอง 446.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 8,730 กิโลกรัมต่อไร่ จะได้เท่ากับ 3897.9 กรัมต่อไร่ ดังนั้น ได้ปริมาณโพแทสเซียมที่ คูณเป็น

แอนไฮไดรต์ด้วย 1.205 ได้ K_2O เท่ากับ 4697.02 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 4.70 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สูญเสียไปกับตะกอนดินในวิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่า มีปริมาณโพแทสเซียม ในตะกอนดินหลังการทดลอง 519.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 23,040 กิโลกรัมต่อไร่ จะได้เท่ากับ 11957.8 กรัมต่อไร่ ดังนั้น ได้ปริมาณโพแทสเซียมที่คุณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 1.205 ได้ K_2O เท่ากับ 14409.10 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 14.41 กิโลกรัมต่อไร่

การสูญเสียของดิน อยู่ในอัตราที่รับได้ของกรมพัฒนาที่ดินคือ ไม่เกิน 2 ตันต่อไร่ต่อปี การสูญเสียในระดับนี้ จะไม่กระทบต่อสมรรถนะของดินสำหรับการข้าวโพด แต่การสูญเสียธาตุอาหารไปกับตะกอนดิน จะมีผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพดในปีต่อไป จึงมีความจำเป็นต้องเติมธาตุอาหารลงไปในดินทุกปี เพื่อให้เหมาะสมสำหรับการเจริญเติบโตของพืช

การปลูกพืชในระบบที่มีระบบและไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ส่งผลให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจของการปลูกพืชโดยเฉลี่ยทั้ง 3 ปี ของการทดลอง พบว่า รายงานราคาข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ความชื้นไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ จดรับซื้อโรงสีอำเภอแม่จรม จังหวัดน่าน ราคาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด 170 บาทต่อกิโลกรัม เกษตรกรใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดประมาณ 5 กิโลกรัมต่อไร่ และราคาเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ 10 บาทต่อกิโลกรัม เกษตรกรเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ ใช้ประมาณ 10-15 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับราคาขายข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ความชื้นไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ จดรับซื้อโรงสีอำเภอแม่จรม จังหวัดน่าน เกษตรกรขายได้ในพื้นที่ปี พ.ศ. 2559 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ราคาเฉลี่ย 7.50 บาทต่อกิโลกรัม สำหรับปี พ.ศ. 2560 ราคาเฉลี่ย 8.00 บาทต่อกิโลกรัม สำหรับ ปี พ.ศ. 2561 ราคาเฉลี่ย 8.80 บาทต่อกิโลกรัม เฉลี่ย 3 ปี ราคา 8.10 บาทต่อกิโลกรัม การปลูกเงาะ 3 ปี ยังไม่สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้

การคิดงบประมาณ สำหรับแปลงที่ขุดคูรับน้ำขอบเขา จังหวัดน่าน ในปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

ปริมาตรดินขุด $= \frac{1}{2} \times 0.75 \times 0.534 \times 1$ (คิดความยาว 1 เมตร)

$$= 0.2 \text{ ม.}^3/\text{เมตร}$$

แรงงานค่าจ้างขุด $= 188.93$ บาทต่อลูกบาศก์เมตร

ระยะทาง 1 เมตร ใช้งบประมาณ $= 188.93 \times 0.2 = 37.786$ บาท

ในพื้นที่ดำเนินการจริงพื้นที่ 1 ไร่ ใช้ระยะ V.I. (ระยะห่างในแนวดิ่ง) = 4 เมตร และ H.I. (ระยะห่างในแนวราบ) ประมาณ 10 เมตร คิดเป็นระยะทาง 40 เมตร $\times$ จำนวน 4 แถว = 160 เมตร

คิดเป็นงบประมาณ $160 \times 37.786 = 6,045.76$ บาทต่อไร่ แต่เนื่องจากโครงการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่บ้านตอง ได้รับการสนับสนุนจากกรมพัฒนาที่ดิน จึงไม่นำมาคิดต้นทุนของแปลงเกษตรกร

4.7.13 การวิเคราะห์ทางสถิติมาแปลผลการศึกษา ปัจจัยด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ และการใช้ที่ดิน

1) ค่าพีเอชของดิน

จากการผลทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของค่าพีเอชของดิน พบว่า มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) และการใช้ที่ดิน (Sub plot) ที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อค่าพีเอชของดิน และไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) และการใช้ที่ดินต่อค่าพีเอชที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ค่า Sig. ของ Main, Sub และ main*sub > 0.05) (ตารางผนวกที่ 25)

2) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน

จากการผลทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) พบว่า มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) และการใช้ที่ดิน (Sub plot) ที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) และไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และการใช้ที่ดินต่อค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (OM) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางผนวกที่ 26)

3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน

จากการผลทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (P) พบว่า มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) ที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (P) และไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำและการใช้ที่ดิน แต่การใช้ที่ดิน (Sub plot) ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางผนวกที่ 27) การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ โดยใช้ Multiple Comparisons พบว่า ค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) เฉลี่ยของการใช้ที่ดินวิธีที่ 2 ปลูกข้าวโพด +เงาะ และ วิธีการที่ 4 ปลูกไร่ +เงาะ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยการใช้ที่ดินวิธีที่ 4 ข้าวไร่+เงาะ ให้ค่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) เฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ การใช้ที่ดินวิธีการที่ 3 ปลูกข้าวไร่ วิธีการที่ 1 ปลูกข้าวโพด และวิธีการที่ 2 ปลูกข้าวโพด +เงาะ ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 28)

4) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน

จากการผลทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของค่าโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน (K) พบว่า มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) ที่แตกต่างกัน ไม่ส่งผลต่อค่าโพแทสเซียมที่สกัดได้ (K) และไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำและการใช้ที่ดิน แต่การใช้ที่ดิน (Sub plot) ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อค่าโพแทสเซียมที่สกัดได้ (K) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางผนวกที่ 29)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ โดยใช้ Multiple Comparisons พบว่าการใช้ที่ดินวิธีที่ 4 ข้าวไร่+เงาะ ให้ค่าโพแทสเซียมที่สกัดได้ (K) เฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือการใช้ที่ดินวิธีที่ 3 ปลูกร้างไร่ วิธีที่ 1 ปลูกร้างไร่ และวิธีที่ 2 ปลูกร้างไร่+เงาะ ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 30)

5) ค่าปริมาณการสูญเสียดิน (ตะกอนดิน)

จากผลการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของค่าปริมาณการสูญเสียดิน (Sediment) พบว่า มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) และการใช้ที่ดิน (Sub plot) ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อปริมาณการสูญเสียดิน (Sediment) และไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และการใช้ที่ดินต่อค่าปริมาณการสูญเสียดิน (Sediment) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางผนวกที่ 31)

จาก Descriptive Statistics และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ โดยใช้ Multiple Comparisons พบว่า มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) แบบมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (main = 1) ให้ค่าปริมาณการสูญเสียดิน (sediment) เฉลี่ยน้อยกว่าแบบไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (main = 2) โดยค่าปริมาณการสูญเสียดิน (sediment) ที่ได้จากการใช้ที่ดินวิธีที่ 3 ปลูกร้างไร่ และวิธีที่ 4 ปลูกร้างไร่+เงาะ แตกต่างกับการใช้ที่ดินวิธีที่ 1 ปลูกร้างไร่ และวิธีที่ 2 ปลูกร้างไร่+เงาะ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งการใช้ที่ดินวิธีที่ 3 ปลูกร้างไร่ มีค่าปริมาณการสูญเสียดิน (Sediment) เฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ การใช้ที่ดินวิธีที่ 4 1 และ 2 ตามลำดับ

6) ค่าปริมาณธาตุอาหารพืชที่ติดไปกับตะกอนดิน

จากผลการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของค่าปริมาณธาตุอาหารพืชที่ติดไปกับตะกอนดิน ไนโตรเจน (total N) พบว่า มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) และการใช้ที่ดิน (Sub plot) ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อค่า total N และไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และการใช้ที่ดินต่อค่า total N ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางผนวกที่ 32) จาก Descriptive Statistics และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ โดยใช้ Multiple Comparisons พบว่า มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) แบบมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (main = 1) ให้ค่า total N เฉลี่ยน้อยกว่าแบบไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (main = 2) โดยค่า total N ที่ได้จากการใช้ที่ดินวิธีที่ 4 ปลูกร้างไร่+เงาะ แตกต่างกับการใช้ที่ดินวิธีที่ 1 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งการใช้ที่ดินวิธีที่ 4 ปลูกร้างไร่+เงาะ 4 ให้ค่าปริมาณธาตุอาหารพืชที่ติดไปกับตะกอนดิน total N เฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือ การใช้ที่ดินวิธีที่ 2 3 และ 1 ตามลำดับ

จากผลการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของค่าของปริมาณธาตุอาหารพืชที่ติดไปกับตะกอนดิน ฟอสฟอรัส (P_2O_5) พบว่า มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) และการใช้ที่ดิน (Sub plot) ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อค่าปริมาณธาตุอาหารพืชที่ติดไปกับตะกอนดิน (P_2O_5) และไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำและการใช้ที่ดินต่อค่า (P_2O_5) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางผนวกที่ 33)

จากผลการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของค่าปริมาณธาตุอาหารพืชที่ติดไปกับตะกอนดิน ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ โพแทสเซียม (K_2O) พบว่า มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) และการใช้ที่ดิน (Sub plot) ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อค่าปริมาณโพแทสเซียม ที่สกัดได้ (K_2O) และไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และการใช้ที่ดินต่อค่า (K_2O) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางผนวกที่ 34)

จาก Descriptive Statistics และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ โดยใช้ Multiple Comparisons พบว่ามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) แบบมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (main = 1) มีค่าปริมาณธาตุอาหารพืชที่ติดไปกับตะกอนดิน ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ K_2O เฉลี่ยน้อยกว่าแบบไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (main = 2) โดยค่าค่าปริมาณธาตุอาหารพืชที่ติดไปกับตะกอนดิน ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ K_2O เฉลี่ยที่ได้จากการใช้ที่ดินวิธีที่ 4 ปลูกข้าวไร่+เงาะ แตกต่างกับการใช้ที่ดินวิธีที่ 1 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งการใช้ที่ดินวิธีที่ 4 ปลูกข้าวไร่+เงาะ มีค่าปริมาณธาตุอาหารพืชที่ติดไปกับตะกอนดิน ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ K_2O เฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ การใช้ที่ดินวิธีที่ 2 3 และ 1 ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 35)

7) มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์โดยเทียบจากตะกอนดินที่สูญเสียในรูปปุ๋ยเคมี

จากผลการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เทียบจากตะกอนดินที่สูญเสียในรูปปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 (Cost 46-0-0) พบว่า มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) และการใช้ที่ดิน (Sub plot) ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อมูลค่าปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 (cost 46-0-0) และไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำและการใช้ที่ดินต่อมูลค่าปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 cost 46-0-0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางผนวกที่ 36)

จาก Descriptive Statistics และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ โดยใช้ Multiple Comparisons พบว่ามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) แบบมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (main = 1) มีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เทียบจากตะกอนดินที่สูญเสียในรูปปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 เฉลี่ยน้อยกว่าแบบไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (main = 2) โดยมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เทียบจากตะกอนดินที่สูญเสียในรูปปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 เฉลี่ยที่ได้จากการใช้ที่ดินวิธีที่ 4 ปลูกข้าวไร่+เงาะ มีแตกต่างกับการใช้ที่ดินวิธีที่ 1 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งการใช้ที่ดินวิธีที่ 4 ปลูกข้าวไร่+เงาะ มีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เทียบจากตะกอนดินที่สูญเสียในรูปปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 เฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ การใช้ที่ดินวิธีที่ 2 3 และ 1 ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 37)

จากผลการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เทียบจากตะกอนดินที่สูญเสียในรูปปุ๋ยเคมี ราคาของปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (4 เปอร์เซนต์ P_2O_5) (cost 0-46-0) พบว่า มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) และการใช้ที่ดิน (Sub plot) ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อมูลค่าราคาของปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต cost 0-46-0 และไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำและการใช้ที่ดินต่อมูลค่าราคาของปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต cost 0-46-0 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ดังตารางผนวกที่ 38)

จาก Descriptive Statistics และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทีละคู่ โดยใช้ Multiple Comparisons พบว่ามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ(Main Plot) แบบมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (main = 1) มีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เทียบจากตะกอนดินที่สูญเสียในรูปปุ๋ยเคมีสูตร 0-46-0 (Cost 0-46-0) เฉลี่ยน้อยกว่าแบบ ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (main = 2) โดยค่า cost 0-46-0 ที่ได้จากการใช้ที่ดินวิธีที่ 4 แตกต่างกับการใช้ที่ดินวิธีที่ 1 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งการใช้ที่ดินวิธีที่ 4 มีค่า cost 0-46-0 เฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ การใช้ที่ดินวิธีที่ 2 1 และ 3 ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 39)

จากผลการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เทียบจากตะกอนดินที่สูญเสียในรูปปุ๋ยเคมี ธาตุโพแทสเซียมใช้ราคาของปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 เปอร์เซ็นต์ K_2O) (Cost 0-0-60) พบว่า มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) และการใช้ที่ดิน (Sub plot) ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อมูลค่าปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 เปอร์เซ็นต์ K_2O) และไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำและการใช้ที่ดินต่อมูลค่าปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 เปอร์เซ็นต์ K_2O) cost 0-0-60 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางผนวกที่ 40)

จาก Descriptive Statistics และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทีละคู่ โดยใช้ Multiple Comparisons พบว่ามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) แบบมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ(main = 1) มีค่า cost 0-0-60 เฉลี่ยน้อยกว่าแบบไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (main = 2) โดยค่า cost 0-0-60 ที่ได้จากการใช้ที่ดินวิธีที่ 4 แตกต่างกับการใช้ที่ดินวิธีที่ 1 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งการใช้ที่ดินวิธีที่ 4 มีค่า cost 0-0-60 เฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ การใช้ที่ดินวิธีที่ 2, 3 และ 1 ตามลำดับ

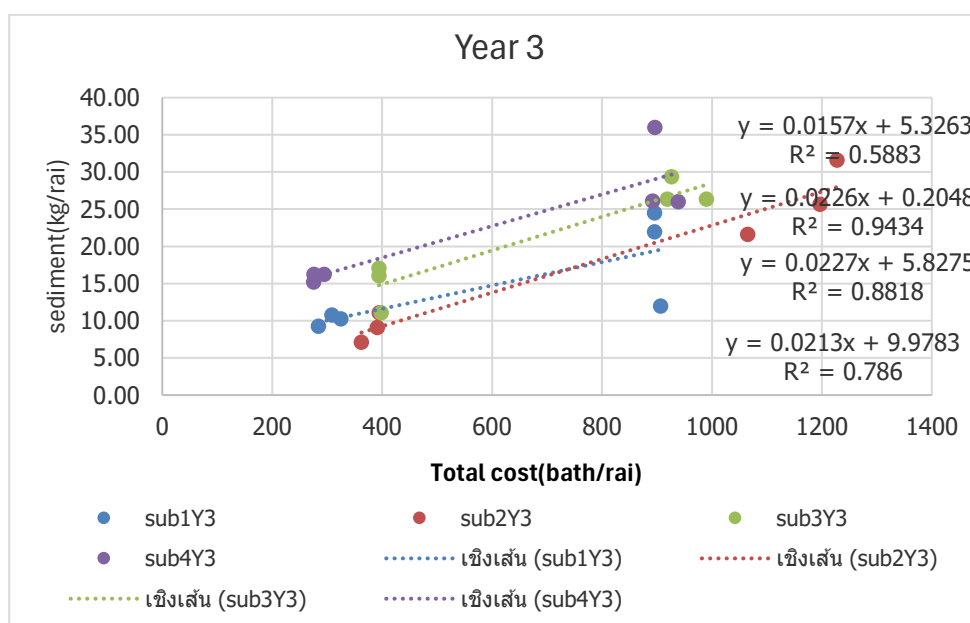
จากผลการทดสอบการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เทียบจากตะกอนดินที่สูญเสียในรูปปุ๋ยเคมี total_cost พบว่า มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot)และการใช้ที่ดิน(Sub plot) ที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อค่า total_cost และไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำและการใช้ที่ดินต่อค่า total_cost ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางผนวกที่ 41)

จาก Descriptive Statistics และการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทีละคู่ โดยใช้ Multiple Comparisons พบว่ามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ(Main Plot) แบบมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (main = 1) มีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เทียบจากตะกอนดินที่สูญเสียในรูปปุ๋ยเคมี total_cost เฉลี่ยน้อยกว่าแบบไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (main = 2) โดยค่า total_cost ที่ได้จากการใช้ที่ดินวิธีที่ 4 แตกต่างกับการใช้ที่ดินวิธีที่ 1 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งการใช้ที่ดินวิธีที่ 4 มีค่า total_cost เฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ การใช้ที่ดินวิธีที่ 2 3 และ 1 ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 42)

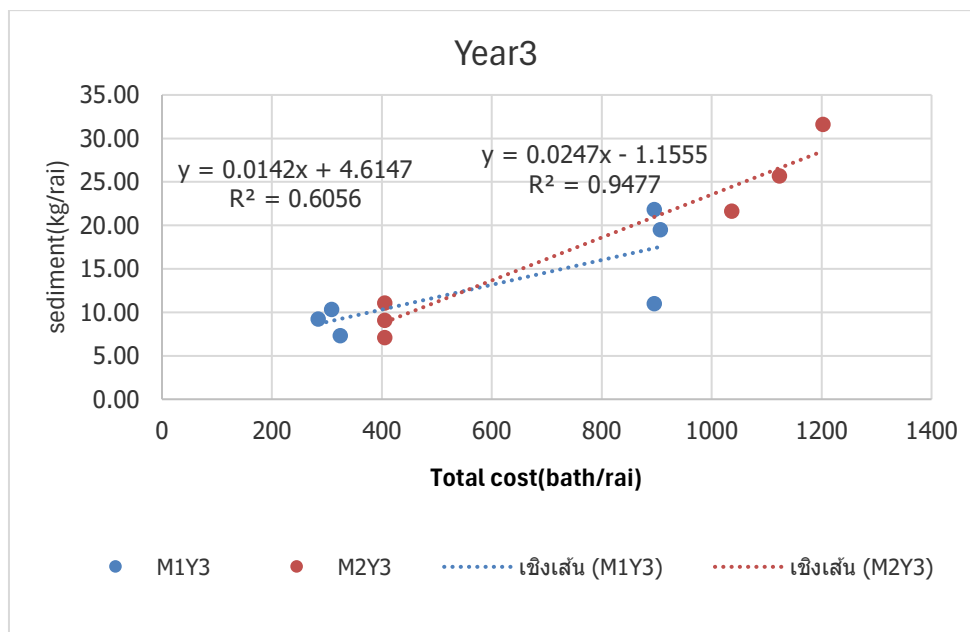
จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของข้อมูล โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณ P K นั่นคือเมื่อปริมาณ OM เพิ่มขึ้น ปริมาณ P, K ก็จะเพิ่มขึ้นตาม และหากปริมาณ OM ลดลง ปริมาณ P และ K ก็จะลดลงเช่นกัน อีกทั้งปริมาณ OM P K ยังมีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าพีเอชของดิน (pH) และ ค่า BD นั่นคือเมื่อค่าพีเอชของดิน (pH) เพิ่มขึ้น ปริมาณ OM P K ก็จะลดลง ในทางตรงกันข้ามหากค่าพีเอชของดิน (pH) ลดลง ปริมาณ OM P และ K ก็จะเพิ่มขึ้น.ค่าตะกอนดิน (Sediment) ปริมาณปุ๋ย P_2O_5 , ปริมาณปุ๋ย K_2O มีความสัมพันธ์เชิง

บวกอย่างมากกับมูลค่าปุ๋ยทุกชนิดที่ติดไปกับตะกอนดิน (cost 46-0-0 cost 0-46-0 cost 0-0-60 และ total_cost) นั่นคือ เมื่อค่าตะกอนดิน(Sediment) ปริมาณปุ๋ย P_2O_5 หรือปริมาณปุ๋ย K_2O เพิ่มขึ้น มูลค่าปุ๋ยทุกชนิด (N P K) ที่ติดไปกับตะกอนดินก็จะเพิ่มขึ้น และหากค่าตะกอนดิน (Sediment), ปริมาณปุ๋ย P_2O_5 และปริมาณปุ๋ย K_2O ลดลง มูลค่าปุ๋ยทุกชนิด (N P K) ที่ติดไปกับตะกอนดินก็จะลดลงเช่นกัน

ค่า P และค่าตะกอนดิน (sediment) มีความสัมพันธ์เชิงลบน้อยถึงปานกลางกับค่าความสูง (height) นั่นคือ เมื่อค่า P และค่าตะกอนดินเพิ่มขึ้น ค่าความสูงจะลดลง ในทางตรงกันข้ามหาก ค่า P หรือค่าตะกอนดินลดลง ค่าความสูงก็จะเพิ่มขึ้นผลผลิต(Yield) มีความสัมพันธ์เชิงบวกอย่างมากกับความสูง นั่นคือ เมื่อความสูงเพิ่มขึ้น ผลผลิตที่ได้ก็จะเพิ่มขึ้นตาม และหากค่าความสูงลดลง ผลผลิตที่ได้ก็จะลดลงตามการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบมีระบบให้ผลผลิตน้อยกว่าการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบไม่มีระบบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่หากพิจารณาตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องจะพบว่า การใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบมีระบบมีการสูญเสียตะกอนดิน(Sediment) น้อยกว่าแบบไม่มีระบบ อีกทั้งยังช่วยลดมูลค่าปุ๋ย N P K ที่ติดไปกับตะกอนดิน(cost 46-0-0 cost 0-46-0 cost 0-0-60 และ total_cost) โดยวิธีการใช้ดินวิธีที่ 1 (ปลูกข้าวโพด) เป็นวิธีการที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากให้ผลผลิตสูงและสามารถลดการสูญเสียตะกอนและปริมาณ ปุ๋ย N P K (total N, P_2O_5 , K_2O) ซึ่งช่วยลดมูลค่าปุ๋ยที่ต้องเสียไปกับตะกอนดินได้



ภาพที่ 7 ความสัมพันธ์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินมีอิทธิพลต่อค่าปริมาณการสูญเสียดินและมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ของระบบอนุรักษ์ดินและน้ำต่อค่าปริมาณการสูญเสียดินและมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์การใช้ประโยชน์ที่ดินต่อค่าปริมาณตะกอนดิน เมื่อคิดเป็นปริมาณธาตุอาหารและมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยในปีที่ 3 S2 ปลุกข้าวโพด+เงาะ ($R^2=0.9434$) S3 ปลุกข้าวไร่ ($R^2=0.8818$) S4 ปลุกข้าวไร่+เงาะ ($R^2=0.786$) S1 ปลุกข้าวโพด ($R^2=0.5883$) (ภาพที่ 7) แสดงให้เห็นได้ว่าประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน มีอิทธิพลต่อความสัมพันธ์ของค่าปริมาณธาตุอาหารที่ติดไปกับตะกอนดินส่งผลต่อมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ อย่างเด่นชัด และเมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์การใช้ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ($R^2=0.6056$), มีผลต่อค่าปริมาณตะกอนดิน เมื่อคิดเป็นปริมาณธาตุอาหารและมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ทำให้เห็นเด่นชัดว่า เมื่อไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ($R^2=0.9477$) จะทำให้มีปริมาณตะกอนดินมาก ส่งผลต่อมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ที่เพิ่มขึ้น (ภาพที่ 8)

4.8 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินในระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบมีส่วนร่วมของเกษตรกร ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำมวบ ลุ่มน้ำสาขาน้ำยาว (2) ลุ่มน้ำหลักแม่น้ำน่าน บ้านตอง ตำบลแม่จริม อำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน ดำเนินการในปี พ.ศ. 2559 2560 และ 2561 เป็นพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน มีความลาดชัน 37 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะดินง่ายต่อการถูกชะล้างพังทลาย เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม การใช้ประโยชน์ที่ดินในการปลูกพืชเชิงเดี่ยว ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ มีการกร่อนของหน้าดินสูง นำมาซึ่งความเสื่อมโทรมของดินและที่ดิน ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ งานวิจัยในด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำนี้ เพื่อใช้เป็นตัวแทนของพื้นที่ให้เกษตรกรและนักวิจัย ได้รับทราบถึง สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีของดิน ตามกลุ่มเนื้อดิน การสูญเสียดินและธาตุอาหารพืชเมื่อมีการใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน เปรียบเทียบผลตอบแทนทางเศรษฐกิจในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำและไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ สรุปได้ดังนี้

4.8.1. การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของดิน หลังการทดลอง 3 ปี

1) ความหนาแน่นรวมของดิน พื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ลดลงจาก 1.83 เป็น 1.23 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) มีค่าต่ำกว่าพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (ลดลงจาก 1.73 และ 1.31 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลอง ในพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่า 1.29-1.32 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และระหว่างวิธีการทดลองในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่า 1.19-1.29 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ความหนาแน่นรวมของดินเป็นดัชนีชี้ถึงการอัดแน่นของดิน สำหรับดินไร่ที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกทั่ว ๆ ไป มีค่าประมาณ 1.30-1.50 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (มัตติกา, 2551) การเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดินทำให้ความหนาแน่นของดินลดลง (Alexander, 2001) ความหนาแน่นรวมของดินคือ ความหนาแน่นของดินที่รวมทั้งของแข็งและช่องว่างภายในดิน

2) ความหนาแน่นของอนุภาคดิน พื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (ลดลงจาก 2.32 เป็น 2.24 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) มีค่าต่ำกว่าพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (เพิ่มขึ้นจาก 2.24 เป็น 2.34 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) มีค่าใกล้เคียงกัน เป็นกลุ่มดินเหนียวละเอียด ดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียว มี clay เป็นส่วนประกอบจะมีค่าอยู่ระหว่าง 2.2-2.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (Hillel, 1980a) โดยทั่วไปค่าความหนาแน่นของอนุภาคดิน จะสูงกว่าค่าความหนาแน่นรวมของดินเสมอ ทั้งนี้ความหนาแน่นของอนุภาคดินคือ ความหนาแน่นของเฉพาะส่วนที่เป็นของแข็งในดิน

3) ความพรุนรวมของดิน ในพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าลดลงจาก 48.36 เป็น 42.86 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร มีค่าลดลงน้อยกว่าในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ลดลงจาก 49.20 เป็น 40.18 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร จะเห็นได้ว่าการใช้คูรับน้ำขอบเขา จะส่งผลดีต่อค่าความพรุนรวมของดินดีกว่าพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ทั้งนี้ค่าความพรุนรวมของดินที่สูงจะเป็นค่าที่ดี เป็นตัวบ่งชี้ถึงความสามารถของดินในการกักเก็บน้ำและอากาศ จะส่งผลต่อการระบายน้ำ การถ่ายเทอากาศ การซึมผ่านของน้ำ และการเจริญเติบโตของพืช

4.8.2 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน หลังการทดลอง 3 ปี

1) ค่าพีเอชของดิน พื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าลดลงจาก 4.63 เป็น 4.60 มีค่าพีเอชต่ำกว่า พื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ที่มีค่าลดลงจาก 5.91 เป็น 5.12 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างวิธีการในพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 4.17-5.17 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และระหว่างวิธีการ ในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 4.37-5.63 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน พื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 1.37 เป็น 4.17 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 1.72 เป็น 3.66 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่า ในระยะเวลา 3 ปี ในพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ จะส่งผลให้ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินสูงกว่าในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนระหว่างวิธีการในพื้นที่มี

ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่า 3.88-4.47 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และระหว่างวิธีการในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมีค่า 3.38-3.85 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ พื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 2.00 เป็น 76.92 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 8.00 เป็น 63.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ระหว่างวิธีการทดลอง ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่า 67.67-111.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ระหว่างวิธีการทดลอง ในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่า 32.33-95.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และสาเหตุที่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินทุกวิธีการมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เป็นผลมาจากปุ๋ยเคมีที่ตกค้าง จากการใส่เคมีลงไปในแปลงข้าวไร่ ข้าวโพด และเงาะ

4) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน พื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 76.00 เป็น 134.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 47.00 เป็น 131.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ระหว่างวิธีการทดลอง ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่า 98.33-172.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่า 99.33-156.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ และสาเหตุที่โพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินทุกวิธีการมีค่าเพิ่มสูงขึ้น เป็นผลมาจากปุ๋ยเคมีที่ตกค้าง จากการใส่เคมีลงไปในแปลงข้าวไร่ ข้าวโพด และเงาะ

3. ปริมาณน้ำฝน ปี พ.ศ. 2559-2560

4.8.3 ปริมาณน้ำฝนรวม ปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,339 มิลลิเมตร ฝนเริ่มตกตั้งแต่วันที่ 1 เดือน เมษายน สิ้นสุดเดือน ตุลาคม มีปริมาณน้ำฝนเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวไร่ ไม้ผล (เงาะ) ในช่วงแล้งเดือน มกราคม-กุมภาพันธ์ จะมีไม่มีฝนตก ปริมาณน้ำฝนรวม ปี พ.ศ. 2560 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,519 มิลลิเมตร ปริมาณน้ำฝนรวม ปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,523 มิลลิเมตร ฝนเริ่มตก ตั้งแต่วันที่ 1 เดือน เมษายน สิ้นสุดเดือน ตุลาคม ปริมาณน้ำฝนรวม จะมากที่สุด ในช่วงเดือน เมษายน เริ่มมีฝนตก ซึ่งเข้าสู่ช่วงฤดูฝนในเดือนพฤษภาคม เกษตรกรจะเริ่มปลูกพืช เช่น ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวไร่

4.8.4 ปริมาณการสูญเสียดินจากการกร่อนดิน หลังการทดลอง 3 ปี

1) ในปี พ.ศ. 2559 พื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ย 12.44 ตันต่อไร่ต่อปี มีการสูญเสียดินต่ำกว่าพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ที่มีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ย 27.29 ตันต่อไร่ต่อปี มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลอง ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าวิธีการที่ 2 การปลูกข้าวโพดร่วมกับเงาะ มีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ยต่ำสุด 9.07 ตันต่อไร่ต่อปี มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ วิธีการที่ 1 ปลูกข้าวโพดอย่างเดียว ปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ยต่ำสุด 27.29 ตันต่อไร่ต่อปี มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2) ในปี พ.ศ. 2560 พื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ย 12.42 ตันต่อไร่ต่อปี มีการสูญเสียดินต่ำกว่าพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ที่มีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ย 21.05

ต้นต่อไร่ต่อปี มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลอง ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าวิธีการที่ 1 ปลุกข้าวโพดอย่างเดียว และวิธีการที่ 2 การปลุกข้าวโพดร่วมกับเงาะ มีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ยต่ำสุด 8.60 และ 8.78 ต้นต่อไร่ต่อปีตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ วิธีการที่ 2 การปลุกข้าวโพดร่วมกับเงาะ มีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ยต่ำสุด 9.73 ต้นต่อไร่ต่อปี มีความแตกต่างกันทางสถิติ

3) ในปี พ.ศ. 2561 พื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ย 8.73 ต้นต่อไร่ต่อปี มีการสูญเสียดินต่ำกว่าพื้นที่ที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ที่มีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ย 23.04 ต้นต่อไร่ต่อปี มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการทดลอง ในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าวิธีการที่ 1 ปลุกข้าวโพดอย่างเดียว และวิธีการที่ 2 การปลุกข้าวโพดร่วมกับเงาะ มีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ยต่ำสุด 8.84 และ 8.95 ต้นต่อไร่ต่อปีตามลำดับ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ วิธีการที่ 1 ปลุกข้าวโพดอย่างเดียว 17.59 ต้นต่อไร่ต่อปี มีความแตกต่างกันทางสถิติ จากผลการทดลองพบว่าการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำจะเห็นผลในระยะยาว โดยเห็นได้ชัดเจนในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ สามารถลดปริมาณการสูญเสียดินได้อย่างชัดเจนในปีที่ 3 (ปี พ.ศ. 2561) สามารถลดปริมาณการสูญเสียดินได้ถึง 62.1 เปอร์เซ็นต์

4.8.5 ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารในดินที่ไปกับตะกอนดิน หลังการทดลอง 3 ปี

1) ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารในดินที่ไปกับตะกอนดิน หลังการทดลอง 3 ปี พื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 2.75 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 189.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ 446.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีแนวโน้มต่ำกว่าพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินมีการสูญเสียปริมาณอินทรีย์วัตถุ 2.79 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 212.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ 519.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2) ระหว่างวิธีการในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่า วิธีการที่ 3 การปลุกข้าวไร่อย่างเดียว มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำสุด 2.50 เปอร์เซ็นต์ มีสูญเสียปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุด 121.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และวิธีการที่ 1 การปลุกข้าวโพดอย่างเดียว ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำสุด 339.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

3) ระหว่างวิธีการในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่า วิธีการที่ 4 การปลุกข้าวไร่กับเงาะ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำสุด 2.50 เปอร์เซ็นต์ และสูญเสียปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำที่สุด 161.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำสุด 339.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

4.8.6 ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหารและมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ หลังการทดลอง 3 ปี เมื่อเปรียบเทียบปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร หลังการทดลอง 3 ปี โดยการปลูกพืชในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำจะมีปริมาณไนโตรเจน (total N) ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) และปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) ที่สูญเสียต่ำกว่าการปลูกพืชในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในทุกวิธีการการ

ทดลอง โดยการปลูกพืชในพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีปริมาณไนโตรเจน (total N) ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) และปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) ที่สูญเสียเฉลี่ยเท่ากับ 12.00, 3.78 และ 4.70 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ส่วนการปลูกพืชในพื้นที่ที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ จะมีปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารในดิน สูงกว่า โดยมีปริมาณไนโตรเจน (total N) ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) และปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) ที่สูญเสียเฉลี่ยเท่ากับ 32.14 11.19 และ 14.41 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ระหว่างวิธีการในพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าวิธีการที่ 2 การปลูกข้าวโพดร่วมกับเงาะ มีปริมาณไนโตรเจน (total N) ต่ำสุด 12.97 กิโลกรัมต่อไร่ และวิธีการที่ 1 การปลูกข้าวโพดอย่างเดียว ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) และปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) ที่สูญเสียเฉลี่ยต่ำสุด 2.97 และ 4.12 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ

4.8.7. การเจริญเติบโตของพืช หลังการทดลอง 3 ปี

1) การเจริญเติบโตของข้าวไร่ ข้าวโพด หลังการทดลอง 3 ปี ปัจจัยหลักพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ข้าวโพดมีความสูงเฉลี่ย 181.84 เซนติเมตร ปัจจัยหลักไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ข้าวโพด มีความสูงเฉลี่ย 186.50 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ หลังการทดลองปีที่ 3 ปัจจัยหลักพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ข้าวไร่มีความสูงเฉลี่ย 134.50 เซนติเมตร ปัจจัยหลักไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ข้าวไร่ มีความสูงเฉลี่ย 130.34 เซนติเมตร ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2) การเจริญเติบโตของเงาะ หลังการทดลอง 3 ปี ปัจจัยหลักพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าความสูงของต้นเงาะ 184 เซนติเมตร มีแนวโน้มสูงกว่า ปัจจัยหลักพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่าความสูงของต้นเงาะ 148.5 เซนติเมตร

4.8.8 ผลผลิตของพืช

1) ผลผลิตข้าวโพด หลังการทดลอง 3 ปี ปัจจัยหลักพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดิน ให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ย 811.19 กิโลกรัมต่อไร่ ส่วนในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดิน ให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ย 927.08 กิโลกรัมต่อไร่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2) ผลผลิตข้าวไร่ หลังการทดลอง 3 ปี ปัจจัยหลักพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ให้ผลผลิตข้าวไร่เฉลี่ย 425.24 กิโลกรัมต่อไร่ และในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำพบว่า ให้ผลผลิตข้าวไร่เฉลี่ย 485.99 กิโลกรัมต่อไร่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการทดลองนี้ เมื่อเปรียบเทียบผลผลิตพืช พบว่าในระบบที่ปลูกบนแปลงที่มีการจัดระบบอนุรักษ์ดินน้ำ โดยการขุดคูรับน้ำขอบเขา นั้นจะทำให้เสียพื้นที่ปลูกข้าวโพด ข้าวไร่ ในส่วนที่ขุดเป็นคูรับน้ำขอบเขา จะมีผลระยะยาวเรื่องการลดการกร่อนของหน้าดิน

4.8.9 ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ หลังการทดลอง 3 ปี

1) ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ในพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่า วิธีการที่ 1 การปลูกข้าวโพดอย่างเดียว ให้ผลตอบแทนเฉลี่ยสูงสุด 2,868.85 บาทต่อไร่ รองมาคือวิธีการปลูกข้าวโพดร่วมกับเงาะ ให้ผลตอบแทนเฉลี่ยรองลงมาคือ 2,213.18 บาทต่อไร่

2) ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่า วิธีการที่ 1 การปลูกข้าวโพดอย่างเดียว ให้ผลตอบแทนเฉลี่ยสูงสุด 3,923.18 บาทต่อไร่ รองมาคือวิธีการปลูกข้าวโพดร่วมกับเงาะ ให้ผลตอบแทนเฉลี่ยรองลงมาคือ 3,198.52 บาทต่อไร่

4.8.10 สรุปผลวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ หลังการทดลอง 3 ปี

1) พื้นที่ที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ วิธีการที่ 1 การปลูกข้าวโพดอย่างเดียว ให้กระแสเงินสดสุทธิเฉลี่ยต่อปีอยู่ที่ 1,535.33 บาทต่อไร่ต่อปี และระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 1 ปี และวิธีการที่ 2 การปลูกข้าวโพดร่วมกับเงาะ ให้กระแสเงินสดสุทธิเฉลี่ยต่อปี 1,101.34 บาทต่อไร่ต่อปี และคืนทุนภายใน 1.31 ปี และวิธีการที่ 3 การปลูกข้าวไร่อย่างเดียว ให้กระแสเงินสดสุทธิ 1,115.93 บาทต่อไร่ต่อปี ระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 1 ปี ส่วนวิธีการที่ 4 การปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะ ผลตอบแทนโดยรวมเฉลี่ยต่อปีอยู่ที่ 811.00 บาทต่อไร่ต่อปี และคืนทุนใน 1.33 ปี

2) พื้นที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ วิธีการที่ 1 การปลูกข้าวโพดอย่างเดียว ผลตอบแทนสูงสุด 2,399.25 บาทต่อไร่ต่อปี คืนทุนใน 1 ปี และวิธีการที่ 2 การปลูกข้าวโพดร่วมกับเงาะ ให้ผลตอบแทนเฉลี่ย 1,981.24 บาทต่อไร่ต่อปี คืนทุนใน 1.31 ปี และวิธีการที่ 3 การปลูกข้าวไร่อย่างเดียว ให้ผลตอบแทน 1,690.73 บาทต่อไร่ต่อปี คืนทุนใน 1 ปี ส่วนวิธีการที่ 4 การปลูกข้าวไร่ร่วมกับเงาะ ให้ผลตอบแทนเฉลี่ย 1,420.13 บาทต่อไร่ต่อปี คืนทุนใน 1.04 ปี

3) เปรียบเทียบระยะเวลาคืนทุน ลักษณะการใช้ที่ดิน มีระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ย ใกล้เคียงกัน (1-1.33 ปี) แต่เมื่อบริหารจัดการด้วยมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ก็สามารถคืนทุนได้เร็ว เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหารและมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าการปลูกพืชในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำจะมีการสูญเสียธาตุอาหารในดินในปริมาณที่สูงมาก โดยมีปริมาณไนโตรเจน (total N) ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) และปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 32.14, 11.19 และ 14.41 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และคิดเป็นมูลค่าธาตุอาหารที่สูญเสียไปในรูปปุ๋ยเคมี เท่ากับ 2,019 บาทต่อไร่

4.8.11 ลักษณะดินเป็นดินมีสภาพการระบายน้ำดี การซึมผ่านได้ของน้ำอยู่ในระดับปานกลาง การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินเร็ว ดินมีความลึกปานกลาง ดินบนเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง จัดอยู่ในชุดดินวังสะพุง

4.8.12 การสูญเสียดินและธาตุอาหารพืชเมื่อมีการใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน การสูญเสียธาตุอาหารที่ติดไปกับตะกอนดิน ถ้ามีวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 12.00 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป ในรูป P_2O_5 เท่ากับ 3.78 กิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมได้ K_2O เท่ากับ 4.70 กิโลกรัม แต่หากไม่มีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำจะมีค่าเฉลี่ยการสูญเสียธาตุอาหารในดินมากกว่า คือ ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 32.14 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป ในรูป P_2O_5 เท่ากับ 11.19 กิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมได้ K_2O เท่ากับ 14.41 กิโลกรัม

4.8.13 ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในปี 2559-2561 พบว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวจะมีค่า B/C ratio เพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.35 1.38 และ 1.87 ตามลำดับและผลตอบแทนเหนือต้นทุนผันแปรเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1,573.23 1,701.34 และ 3,923.18 บาทต่อไร่

ตามลำดับซึ่งถือว่าให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกพืชในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำรูปแบบอื่น แต่ในขณะเดียวกันจะมีปริมาณการสูญเสียดินอยู่ในระดับรุนแรงในแต่ละปีเท่ากับ 19.47 16.34 และ 17.59 ตันต่อไร่ต่อปี ตามลำดับ

4.8.14 ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจในพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในปี พ.ศ. 2559-2561 พบว่า การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเชิงเดี่ยวจะมีค่า B/C ratio เพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.18 1.20 และ 1.64 ตามลำดับ และผลตอบแทนเหือต้นทุนผันแปรเพิ่มขึ้นเท่ากับ 812.43 924.70 และ 2,868.85 บาทต่อไร่ ตามลำดับ ซึ่งถือว่าให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าแก่การลงทุนมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกพืชในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในรูปแบบอื่น แต่เมื่อคำนึงถึงปริมาณการสูญเสียของดินและปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารที่สะสมในตะกอนดินเป็นปัจจัยในการพิจารณาาร่วมด้วย ถือว่าการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับเงาะบนคันดินจึงน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งในรูปแบบการปลูกพืชในพื้นที่ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีความเหมาะสมในระยะยาว เนื่องจากมีแนวโน้มของ ปริมาณธาตุอาหาร และผลผลิตเพิ่มขึ้นในแต่ละปี ขณะเดียวกันมีแนวโน้มของปริมาณการสูญเสียดินลดลงในแต่ละปีเท่ากับ 9.07 8.78 และ 8.84 ตันต่อไร่ ตามลำดับ และมีค่า B/C ratio เพิ่มขึ้นในแต่ละปีเท่ากับ 0.92 1.34 และ 1.47 ตามลำดับ ผลตอบแทนทางด้านเศรษฐกิจเมื่อคิดวิเคราะห์จากปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียดินต่ำ จึงเลือกวิธีการปลูกพืชที่มีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลตอบแทนรายได้ที่คุ้มค่าต่อการลงทุนมากที่สุด ลักษณะการใช้ที่ดิน มีระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ย ใกล้เคียงกัน (1-1.33 ปี) แต่เมื่อบริหารจัดการด้วยมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ก็สามารถคืนทุนได้เร็ว เมื่อพิจารณาถึงปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหารและมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ พบว่าการปลูกพืชในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำจะมีการสูญเสียธาตุอาหารในดินในปริมาณที่สูงมาก โดยมีปริมาณไนโตรเจน (total N) ปริมาณฟอสฟอรัส (P_2O_5) และปริมาณโพแทสเซียม (K_2O) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 32.14, 11.19 และ 14.41 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และคิดเป็นมูลค่าธาตุอาหารที่สูญเสียไปในรูปปุ๋ยเคมี เท่ากับ 2,019 บาทต่อไร่

4.9 เป้าหมายของงาน : ระบุถึงผลลัพธ์ที่ต้องการจากงานที่ทำคืออะไร กลุ่มเป้าหมายของงานคือใคร และกำหนดเป้าหมายไว้อย่างไร

4.9.1 ได้ฐานข้อมูลสมบัติของดินและการสูญเสียดิน และปริมาณของธาตุอาหารพืชที่ติดไปกับตะกอนดิน เมื่อมีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในรูปแบบที่แตกต่างกัน

4.9.2 ได้ข้อมูลการรูปแบบวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีพืชและวิธีกล ในรูปแบบที่แตกต่างกันซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปถ่ายทอดแก่เกษตรกรในพื้นที่ เพื่อจูงใจให้เห็นความสำคัญของการอนุรักษ์ดินและน้ำการจัดการธาตุอาหารเพื่อเพิ่มผลผลิตพืชต่อไป

5. ผลสำเร็จของงาน (เชิงปริมาณ/คุณภาพ)

5.1. ผลสำเร็จเชิงปริมาณ

ผลสำเร็จของงานหลังการดำเนินงานประกอบด้วยผลสำเร็จของงานในเชิงปริมาณได้แก่ ฐานข้อมูล การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี เช่น ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณธาตุอาหารหลัก และการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวไร่ เถาะ ที่ปลูกในพื้นที่สูง และแนวทางการลดการชะล้างพังทลายหน้าดิน

5.1.1 เมื่อมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำร่วมวิถีกลและวิถีพีช สำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

5.1.2. การลดการสูญเสียหน้าดินด้วยระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (คูรับน้ำขอบเขา) เมื่อเพิ่มค่า V.I. เป็น 2 เท่า จะมีแนวโน้มทำให้ประหยัดงบประมาณในการขุดคูรับน้ำขอบเขา ทั้งนี้เนื่องจากช่วยลดตะกอนดินได้เช่นเดียวกัน สำหรับการใช้หญ้าแฝก ปลูกตามค่า V.I. แนวขวางความลาดชัน จะเป็นการลดตะกอนดินได้ และมีต้นทุนต่ำกว่า ใช้แรงงานคนขุดคูรับน้ำขอบเขา

5.1.3 การสูญเสียธาตุอาหารที่ติดไปกับตะกอนดิน หากไม่มีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ แนวโน้มในปีต่อไปส่งผลให้ต้องมีการใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้น เกษตรกรจะมีต้นทุนที่เพิ่มขึ้น

5.2 ผลสำเร็จเชิงคุณภาพ

ผลสำเร็จในเชิงคุณภาพ คือ มีฐานข้อมูลรูปแบบวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำวิถีพีชและวิถีกล เป็นรูปแบบที่ทำให้ลดต้นทุน สำหรับถ่ายทอดองค์ความรู้แก่เกษตรกรผู้ปลูกพืช ที่มาจากการทดลองในพื้นที่ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในพื้นที่

5.2.1 การถ่ายทอดองค์ความรู้ผลการวิจัยมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิถีพีชและวิถีกล สู่เกษตรกรและผู้สนใจ ให้มีส่วนร่วมในพื้นที่เขตพัฒนาที่ดิน และนำไปขยายผลในพื้นที่ชุมชนต่อไป

5.2.2 เกษตรกรมีความเป็นอยู่ดีขึ้น จากการใช้แนวทางการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่ลาดชัน และมีการใช้ประโยชน์ที่ดินในการปลูกพืชผสมผสาน ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวไร่ ไม้ผล ได้อย่างยั่งยืน

6. การนำไปใช้ประโยชน์/ผลกระทบ

สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่ในจังหวัดน่าน เป็นพื้นที่ลาดชัน ซึ่งมีปัญหาการใช้ทรัพยากรดินที่ไม่เหมาะสมทางการเกษตร ได้ถูกนำมาใช้อย่างต่อเนื่อง ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินเสื่อมโทรม จนเกิดการกร่อนของดิน (soil erosion) ส่งผลกระทบโดยตรงต่อความเป็นอยู่ของเกษตรกร เนื่องจากพื้นที่ลาดชัน มีการปลูกพืชเชิงเดี่ยว เกิดการกร่อนของดิน การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เหล่านี้ ต้องมีการอนุรักษ์ดินและน้ำ ร่วมกับทำกิจกรรมทางการเกษตร ปังจัยประเภทดิน ลำดับภูมิประเทศ ระดับความลึกของดิน และความชื้นในดินมีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดิน เมื่อดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ส่งผลให้ไม่เกิดความคงทนของเม็ดดิน เกิดการกร่อนดินระดับรุนแรง และมีความเสี่ยงต่อการพังทลายของหน้าดินสูง อีกทั้งพื้นที่มีปริมาณน้ำฝนมาก และฝนตกต่อเนื่องในช่วงฤดูฝน สภาพภูมิประเทศมีความลาดชันสูง และมีความลาดชันยาว (long slope)

มีชั้นดินหนา มีการบกรวดหน้าดินตลอดปี และขาดการอนุรักษ์ดินและน้ำ จึงเป็นตัวเร่งสำคัญที่จะทำให้เกิดความเสียหายต่อการชะล้างพังทลายของดิน ระดับรุนแรงถึงรุนแรงมาก การสูญเสียธาตุอาหารที่ติดไปกับตะกอนดิน หากไม่มีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ แนวโน้มในปีต่อไปส่งผลให้ต้องมีการใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้น เกษตรกรจะมีต้นทุนที่เพิ่มขึ้น

การใช้ประโยชน์ที่ดินบนที่ดอนที่มีความลาดเท มักจะประสบปัญหาในการจัดการดินเป็นอย่างมาก ซึ่งถ้าหากมีการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ไม่ถูกวิธีแล้ว จะทำให้ดินเสื่อมโทรมอย่างรวดเร็ว และมีผลทำให้ผลผลิตของพืชลดลงเรื่อย ๆ ทุกปี การศึกษาหามาตรการในการจัดการดินที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาสภาพพื้นที่ดังกล่าวตั้งแต่ปี พ.ศ. 2559-2561 พบว่า การใช้ประโยชน์ที่ดินบนที่ดอนอย่างมีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องใช้เทคนิคการจัดการดิน การจัดการพืชและการจัดการน้ำอย่างผสมผสานกัน เช่นการใช้ระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม มีการทำคันดินกั้นน้ำ การทำทางระบายน้ำ การใช้วัสดุคลุมดิน การปลูกพืชสลับเป็นแถบตลอดจนมีการใช้ระบบการปลูกพืชเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม เพื่อเป็นแนวทางในการใช้ประโยชน์ที่ดินบนที่ดอนได้อย่างถูกต้อง เมื่อจัดทำแปลงวิจัยเชิงสาธิต การมีส่วนร่วมของเกษตรกร การกำหนดมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ร่วมกับการปลูกพืชผสมผสาน สามารถนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลทางวิชาการในการคัดเลือกพื้นที่ที่มีพื้นที่ทำการเกษตรที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดการชะล้างพังทลาย มากกว่า 2 ตันต่อไร่ต่อปี ให้เป็นพื้นที่เร่งด่วนที่ต้องดำเนินการหาแนวทางและมาตรการในการวางแผนจัดการระบบการปลูกพืช การพัฒนาที่ดินและการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ เพื่อลดความเสี่ยง ความเสียหายและการสูญเสียในการเกิดภัยพิบัติดินถล่มในพื้นที่เหล่านี้ได้ทันเหตุการณ์อย่างถูกต้องและมีประสิทธิผลต่อไป

7. ความยุ่งยากและซับซ้อนในการดำเนินการ

การดำเนินงานวิจัย ในฐานะนักปฐพีศาสตร์ จะต้องมีความรู้ ความเข้าใจ และความสามารถในสาขาวิชาการด้านต่าง ๆ การที่จะทำงานวิจัยด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ ให้สำเร็จมีปัจจัยหลายประการที่จะนำสู่ความสำเร็จ ซึ่งจะมีความยุ่งยากและซับซ้อนในการดำเนินงาน ได้แก่

7.1 การวิเคราะห์พื้นที่ สภาพปัญหาของพื้นที่ เช่น กรณีเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง การใช้ประโยชน์บนพื้นที่สูงในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ หรือปลูกข้าวไร่ หรือพืชชนิดอื่น ๆ มีมากน้อยเพียงใด ต้องหาเหตุผลให้ได้ว่า ทำไมเกษตรกรจึงทำการเกษตรบนพื้นที่สูง การใช้ประโยชน์ในพื้นที่ มีปริมาณมากพอที่จะเป็นตัวแทนของพื้นที่ได้หรือไม่ สิ่งสำคัญคือชุดดินที่ใช้ เป็นชุดดินอะไร โดยทั่วไปดินบนพื้นที่สูงจะมีลักษณะที่ง่ายต่อการถูกกร่อนของหน้าดินโดยน้ำฝน เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ เป็นการปลูกพืชเชิงเดี่ยว ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ มีการกร่อนของหน้าดินสูง นำมาซึ่งความเสื่อมโทรมของดินและที่ดิน ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ จึงนำพื้นที่นี้มาใช้เป็นตัวแทนในการทำการวิจัย

7.2 จะต้องมีความรู้ ความเข้าใจ ในด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ เพื่อให้ทราบว่าทำไมจะต้องทำงานวิจัยด้านนี้ ทำแล้วได้ประโยชน์อะไรดังนี้

7.2.1 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ มีวิธีการอะไรบ้าง จะนำมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบไหนมาใช้ในวิธีการทดลอง และการจัดทำหลุม Site characterization เพื่อจำแนกชุดดิน จะต้องทราบว่าเป็น

ชุดดินอะไร ซึ่งแต่ละชุดดินจะมีลักษณะของเนื้อดินที่แตกต่างกันไป และมีการกร่อนของดินยากและง่ายแตกต่างกัน

7.2.2 จะต้องมีความรู้ความเข้าใจในเรื่อง หลักการอนุรักษ์ดินและน้ำ การวัดความลาดชัน (slope) การส่องกล้องเพื่อวางแนวระดับ ผังแปลงทดลอง การจับฉากผังแปลงทดลอง เพื่อจัดรูปแบบของแปลงให้ได้แนวระดับระดับ และทิศทางการไหลของน้ำฝน เมื่อใส่มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ เช่น คุรับน้ำ ขอบเขาให้ได้ตามแนวระดับ จะต้องกำหนดระยะห่างในแนวดิ่ง (vertical interval, V.I.) ว่าจะใช้ค่า V.I. เท่าไร และคำนวณออกมาเป็นค่าระยะห่างในแนวราบ (horizontal interval, H.I.) ว่ามีระยะห่างในแนวราบเท่าไร เมื่อมีการใส่มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ เช่น ชุดคุรับน้ำขอบเขา มีรูปแบบอย่างไร ในพื้นที่ 1 ไร่จะเสียพื้นที่ไปเท่าไร แล้วจะเหลือพื้นที่สำหรับปลูกพืชหลักและพืชรองเท่าไร เมื่อดำเนินการไปแล้วจะคุ้มทุนภายในกี่ปี กับการเสียพื้นที่ในการชุดคุรับน้ำขอบเขา เมื่อเทียบกับพื้นที่ที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ทั้งนี้ต้องศึกษาเรื่องความคุ้มทุน ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจที่จะได้รับ

7.3 การเลือกแผนการทดลอง ให้เหมาะสมกับลักษณะของพื้นที่ ความซับซ้อนในการวางแผนแปลงทดลองแบบ Split plot in RCBD (Split plot in Randomized Complete Block Design) ที่มีการศึกษาปัจจัยหลัก และปัจจัยรอง ในการทดลองนี้เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง มีความลาดชัน 37 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองนี้ ใช้พืชทดลองเป็น ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวไร่ และเงาะ เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีการกร่อนของดินสูง ซึ่งจะทำให้เกิดการสูญเสียธาตุอาหาร (ปุ๋ยเคมี) ขณะที่ฝนตกลงมาไปกับหน้าดินได้ง่าย จึงได้ใช้ปุ๋ยเคมีตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร ซึ่งเป็นการใช้ปุ๋ยเคมีในอัตราเต็มตามความต้องการของชนิดพืชทดลอง

7.4 ในการทำงานวิจัยด้านอนุรักษ์ดินและน้ำ จะต้องมีการวัดการสูญเสียดินอย่างไร จึงจะเหมาะสม ในการทดลองนี้ ได้ใช้การวัดการกร่อนของดิน โดยวิธีปักแท่งเหล็ก (Pin Method) เป็นวิธีการประเมินการสึกกร่อนของดิน โดยการปักแท่งโลหะลงไปในดิน แล้ววัดความลึกที่แท่งเหล็กหายไป หลังจากผ่านไประยะเวลาหนึ่ง ซึ่งช่วยให้ทราบถึงอัตราการกร่อนของดินได้ ดังนั้นผู้วิจัยจะต้องทราบถึง วิธีการวัดการสึกกร่อน และการคำนวณหาการสูญเสียของดินในพื้นที่ให้ได้

7.5 ความยุ่งยากในการคัดเลือกแปลงศึกษาทดลอง ที่ต้องใช้แปลงปลูกพืชไร่ ข้าวโพด ซึ่งเป็นดินใน ความลาดชันเดียวกัน เพื่อเป็นตัวแทนที่ดีของงานจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ รวมทั้งลดความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ควบคุมให้ความแตกต่างที่เกิดขึ้น เป็นผลมาจากปัจจัยของสิ่งทดลองให้มากที่สุด

7.6 การสร้างความเข้าใจอันดีกับเกษตรกรเจ้าของแปลง ที่คัดเลือกมาเป็นแปลงศึกษาวิจัย ให้มีความเข้าใจในขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย และแนวปฏิบัติตามแผนการวิจัย เพื่อให้งานวิจัยสามารถดำเนินการได้ตลอดแผนงานวิจัย

7.7 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ที่ต้องใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ในการวิเคราะห์ผลทางสถิติ เปรียบเทียบผลการทดลองของปัจจัยหลัก ปัจจัยรอง การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของค่าต่าง ๆ ของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) และการใช้ที่ดิน (Sub plot) วิเคราะห์ความสัมพันธ์การใช้ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ วิเคราะห์ความสัมพันธ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลผลการ

วิเคราะห์ดิน และการแปลผลค่าวิเคราะห์ดิน และวิเคราะห์ปริมาณตะกอนดินที่ถูกต้อง การคิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจ ซึ่งจะต้องมีการทำงาน และมีประสานงานร่วมกัน ทั้งนักวิชาการเกษตร และนักวิทยาศาสตร์

7.8 เมื่อดำเนินวิจัยเสร็จแล้ว จะต้องมีการประเมินผลการทดลอง การเผยแพร่ผลงานวิจัยให้กับเกษตรกรในพื้นที่ข้างเคียง ส่วนราชการในท้องถิ่น เช่น องค์การบริหารส่วนตำบล เทศบาล สำนักงานเกษตรอำเภอ และอำเภอในท้องถิ่น เพื่อขยายผลการวิจัยที่ประสบผลสำเร็จ และมีการเผยแพร่ในงานประชุมวิชาการของกรมพัฒนาที่ดิน งานประชุมสมาคมดินและปุ๋ยแห่งชาติ และมีการตีพิมพ์ในวารสารต่าง ๆ เช่น วารสารอนุรักษ์ดินและน้ำ และในระดับของการประชุมสมาคมดินโลก เป็นต้น

8. ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ

พื้นที่แปลงศึกษาทดลองวิจัย ในพื้นที่ลาดชัน ถนนลูกรังมีความชันสูง ทางเข้าพื้นที่แปลงทดลอง มีดินสไลด์ปิดถนนบางช่วง ต้องใช้ความระมัดระวังในการเดินทางช่วงฤดูฝน (เดือน พฤษภาคม ถึงเดือน สิงหาคม) พนักงานขับรถยนต์จะต้องมีความชำนาญทาง เพื่อนำทีมผู้วิจัยไปดำเนินการเก็บมูลดิน พืช

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 กรมพัฒนาที่ดินควรมีแปลงต้นแบบ แผนการใช้ที่ดินรายแปลงเกษตรกร ในการจัดการดินและน้ำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูง การศึกษาดูงานด้านการตลาด เปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ พืชเศรษฐกิจ นวัตกรรมเกษตรอัจฉริยะ การปลูกไม้ผล ของหน่วยงานกรมวิชาการเกษตร สถาบันวิจัยพื้นที่สูง โครงการพัฒนาที่สูงแบบโครงการหลวง ตลาดนำการผลิต เพื่อให้เกษตรกรเห็นว่าการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ สร้างรายได้เพิ่ม ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มการยอมรับแก่เกษตรกรเมื่อมีการนำผลจากการศึกษาทดลองไปขยายผลต่อไป

9.2 ควรส่งเสริมพื้นที่เกษตรท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ด้านการใช้ประโยชน์แถบพืชอนุรักษ์ เช่น กล้วยแฝก เพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีพืช มะแฮะไม้ร่มเงา สร้างรายได้เสริม การลดต้นทุนการใช้ในระบบอนุรักษ์ดินและน้ำด้วยวิธีกล และการนำไปส่งเสริมขยายผล ด้านการทำผลิตภัณฑ์จากใบกล้วยแฝก การแปรรูป ส่งเสริมการสร้างรายได้ แรงจูงใจการมีส่วนร่วม การตระหนักถึงการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน

9.3 ควรส่งเสริมด้านการปรับปรุงบำรุงดิน สนับสนุนปุ๋ยเคมี ร่วมกับปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคุณภาพสูง มีข้อมูลอ้างอิงสำหรับการใช้ปุ๋ยตามคำแนะนำการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน เพื่อได้ปริมาณปุ๋ยในโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ตามความต้องการธาตุอาหารของแต่ละชนิดพืช สนับสนุนให้กับแปลงสาธิตภายใต้โครงการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำของกรมพัฒนาที่ดิน

9.4 การท่องเที่ยวเชิงอนุรักษ์ระดับตำบล ภายใต้โครงการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำของกรมพัฒนาที่ดิน ด้วยการพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานสิ่งอำนวยความสะดวกของจุดท่องเที่ยวเชิงเกษตร การปรับปรุงภูมิทัศน์ แปลงเรียนรู้ ในพื้นที่ โดยประชาสัมพันธ์จุดท่องเที่ยวเชิงเกษตร และการพัฒนาอนุรักษ์ฟื้นฟูและการจัดการทรัพยากรดินให้เกิดความสมดุลในระบบ นิเวศ และการติดตามผลการดำเนินงาน

10. การเผยแพร่ผลงาน

นำเสนอผลงานในการประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2562 “ฟื้นฟูปุ๋ยด้วยเทคโนโลยีกรมพัฒนาที่ดิน” วันที่ 18-20 สิงหาคม 2562 ณ โรงแรมเดอะกรีนเนอรี รีสอร์ท เขาใหญ่ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ได้รับรางวัลดีเด่น ผลงานวิชาการภาคบรรยายสาขาอนุรักษ์ดินและน้ำ



ภาพที่ 9 การนำเสนอผลงานประชุมวิชาการ
กรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ.2562 ณ โรงแรม
เดอะกรีนเนอรี รีสอร์ท เขาใหญ่
อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา



ภาพที่ 10 เกียรติบัตรรางวัลดีเด่นผลงานวิชาการ
ภาคบรรยายสาขาอนุรักษ์ดินและน้ำ
ผลงานประชุมวิชาการ กรมพัฒนาที่ดิน
ปี พ.ศ.2562

11. ผู้มีส่วนร่วมในผลงาน

11.1 นางสาวสุนิย์รัตน์ โลหะโชติ ตำแหน่ง นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ มีหน้าที่ เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย จัดทำโครงข้อเสนองการวิจัย วางแผนงาน เก็บข้อมูล รวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล และจัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สัดส่วนร้อยละ 80

11.2 นางสาวมยุรี ปละอุด ตำแหน่ง นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ มีหน้าที่ จัดทำแปลงวิจัยตามวิธีการที่กำหนด เก็บข้อมูล และรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน สัดส่วนร้อยละ 10

11.3 นางสาวสุภาพร สินศิริวัฒนา ตำแหน่ง นักสำรวจดินชำนาญการ มีหน้าที่ จัดทำสำรวจข้อมูลดิน และรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน สัดส่วนร้อยละ 10

ขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

(ลงชื่อ).....

(นางสุนิย์รัตน์ โลหะโชติ)

ตำแหน่ง นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ

ผู้ขอประเมิน

วันที่ 22 / พ.ค. / 2561

ขอรับรองว่าสัดส่วนการดำเนินการข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ (ถ้ามี)

รายชื่อผู้มีส่วนร่วมในผลงาน	ลายมือชื่อ
นางสาวมยุรี ปละอุด	มยุรี ปละอุด
นางสาวสุภาพร สิ้นศิริวัฒนา	สุภาพร สิ้นศิริวัฒนา

ได้ตรวจสอบแล้วขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

ลงชื่อ.....

(นายเอนก ดีพรมกุล)

ตำแหน่ง ผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7

(ผู้บังคับบัญชาที่ควบคุมดูแลการดำเนินการ)

วันที่ 22 / พ.ค. / 2561

ลงชื่อ.....

(นางสาวสมิตรา วัฒนา)

ตำแหน่ง อธิบดีกรมพัฒนาที่ดิน

(ผู้บังคับบัญชาที่เหนือขึ้นไป)

วันที่ 28 / พ.ค. / 2561

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรน้ำ. 2551. การบริหารจัดการลุ่มน้ำ. กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ. 89 หน้า.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2534. คู่มือเจ้าหน้าที่ เรื่อง การอนุรักษ์ดินและน้ำ. ฝ่ายพัฒนาบุคคล กองการเจ้าหน้าที่ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 175 หน้า.
- _____. 2544. นิยามและทางเลือกมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ. กองอนุรักษ์ดินและกองวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 96 หน้า. สืบค้น: https://www.ddd.go.th/Web_Soil/Page_02.htm, 9 มิถุนายน 2567.
- _____. 2547. คู่มือปฏิบัติงานการทำการแปลงวิจัย. การจัดการดินที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวโพดตามกลุ่มชุดดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 38 หน้า.
- _____. 2551. พระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ.2551. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 137 หน้า.
- _____. 2553. คู่มือการปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี. แก้ไขครั้งที่ 01 วันที่บังคับใช้ กันยายน 2553. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 18 หน้า.
- _____. 2553. คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่อง การอนุรักษ์ดินและน้ำในเขตพัฒนาที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 284 หน้า.
- _____. 2556. การชะล้างพังทลายของดินและการอนุรักษ์ดินและน้ำ: ชุดองค์ความรู้กึ่งศตวรรษ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 226 หน้า.
- _____. 2566. แผนการใช้ที่ดินระดับตำบลแม่จริม อำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน. กลุ่มวางแผนการใช้ที่ดินสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต7, น่าน. 102 หน้า.
- _____. 2567. หน่วยงานเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 127 หน้า.

กรมวิชาการเกษตร. 2548. **คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ**. เอกสารวิชาการลำดับที่ 8/2548. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 121 หน้า. ISBN 974-436-434-3.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2547. **คู่มือพืชเศรษฐกิจ**. กลุ่มสื่อสาร กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 256 หน้า.

กรวิกา รัตนพนันท์, 2552. **ศึกษาประสิทธิภาพปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทดแทนปุ๋ยเคมี เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จังหวัดลำปาง**. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, เชียงใหม่. 18 หน้า.

กลุ่มกายภาพดิน. 2537. **คู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินทางกายภาพ**. กองวิเคราะห์ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 34 หน้า.

กองสำรวจดิน. 2523. **คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ**. กองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 76 หน้า.

กันตภณ แก้วด้วง, สุภาพร สิริวัฒนา และนิลภัทร คงพ่วง. 2558. **การศึกษاثิพพลผลการใช้การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดบนพื้นที่สูง ในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำจันทอนบน**. เกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 181 หน้า.

เกษม จันทรแก้ว. 2551. **หลักการจัดการลุ่มน้ำ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 341 หน้า. ISBN 978-974-9934-66-1.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2536. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 121 หน้า.

_____. 2548ก. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น** พิมพ์ครั้งที่ 10. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 547 หน้า.

_____. 2548ข. **ระบบข้อมูลดินและธาตุอาหารพืชเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืช**. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 140 หน้า.

คำรณ ไทรพิภ. 2552. การจำแนกพื้นที่ลุ่มน้ำและการดำเนินงานเขตพัฒนาที่ดิน. สำนักผู้เชี่ยวชาญ
กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 42 หน้า.

_____. 2556. เอกสารประกอบคำบรรยายหลักสูตรการพัฒนาและประยุกต์ใช้ความรู้ด้านดิน ธาตุ
อาหารพืช และผลวิเคราะห์ดินในการปฏิบัติงานส่งเสริมพัฒนาที่ดิน เรื่องดินและปุ๋ยการจัดการ
ดินและแผนการใช้ที่ดิน. สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตร
และสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 115 หน้า.

จุไรรัตน์ คุรุโคตร. 2542. การประเมินปริมาณตะกอนลุ่มน้ำเชิงเขาห้วยโจ อำเภอสันทราย จังหวัด
เชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการลุ่มน้ำ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ. 127 หน้า.

เฉลิมพล แสมเพชร. 2535. สรีรวิทยาการผลิตพืชไร่. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 276 หน้า.

ชูจิตต์ สงวนทรัพย์ากร. 2553. การใช้ประโยชน์ข้อมูลจากผลวิเคราะห์ดินเพื่อการปรับปรุงบำรุงดิน คู่มือ
เจ้าหน้าที่รัฐ การอนุรักษ์ดินและน้ำในเขตพัฒนาที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,
กรุงเทพฯ. หน้า 247-269: 284 หน้า.

ไชยสิทธิ์ เอนกสัมพันธ์. 2531. สาเหตุและวิธีป้องกันการกร่อนของดินในการอนุรักษ์ดินและน้ำ. คู่มือ
เจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่อง การอนุรักษ์ดินและน้ำ. ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ สำนักงานเลขาธิการ
กรม กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. หน้า 17-30: 141 หน้า.

ทงศักดิ์ ประไพ, ประกิจ ดวงแก้ว, มยุรี ปละอุด และทองพูน เฉิดสมบูรณ์. 2554. การศึกษา
ระยะห่างที่เหมาะสมของคูรับน้ำขอบเขาเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูง ชุดดินหนองมด
(Nm) กลุ่มชุดดินที่ 29 อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7
กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 31 หน้า.

ธนภูมิ มีธรรม. 2552. การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชที่ปลูกเชิงอนุรักษ์บนพื้นที่ลาดชันโดยการลด
การระเหยของน้ำและปริมาณน้ำไหลบ่าบนผิวดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,
เชียงใหม่. 155 หน้า.

- ธนกร เจริญเมือง. 2552. การประเมินปริมาณน้ำที่สูญเสียจากงบทูลของน้ำภายใต้ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำสำหรับเกษตรน้ำฝนบนที่สูง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 132 หน้า.
- นคร สืบแสน และสุนิย์รัตน์ โลหะโชติ. 2554. การปลูกข้าวร่วมกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูง. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 46 หน้า.
- นงลักษณ์ พรหมเจริญ. 2564. การสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการกร่อนดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีกลร่วมกับพืชตระกูลแตง. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 82 หน้า.
- นิวัติ เรืองพานิช. 2547. หลักการจัดการลุ่มน้ำ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะวนศาสตร์ ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ. 453 หน้า ใน ระบบงานจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน จังหวัดน่าน.
- บุญเดียว บุญหมั่น, ศศิธร วิสัย และสาธิต กาละพวง, 2566. การศึกษาปริมาณการสูญเสียดินและน้ำไหลบ่าในพื้นที่สูง จากการปลูกมะคาเดเมียผสมพืชไร่ ร่วมกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 41 หน้า.
- บุญเทียม เลิศศุภวิทย์นภา. 2554. การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในระบบเกษตรผสมผสานเพื่อลดความเสี่ยงของการปลูกข้าวโพดบนพื้นที่ลาดชันของจังหวัดน่านและจังหวัดพะเยา.
แหล่งที่มา : http://elibrary.trf.or.th/project_content.asp?PJID=RDG53O0001,
วันที่สืบค้น 20 กันยายน 2557.
- ปธานุกรมปฐพีวิทยา. 2541. ปธานุกรมปฐพีวิทยา. พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 169 หน้า. 974-553-532-1.
- ประพิศ แสงทอง และวิศิษฐ์ โชติสกุล. 2533. ความอุดมสมบูรณ์ของดินปลูกข้าวไร่ในบริเวณภาคเหนือตอนบน. หน้า 49-58. ใน รายงานการประชุมทางวิชาการข้าวและธัญพืชเมืองหนาว ศูนย์วิจัยข้าวแพร่และสถานีทดลองเครือข่าย ณ อาคารอเนกประสงค์ศูนย์วิจัยข้าวแพร่. วันที่ 7-8 กุมภาพันธ์ 2533.

ปัทมา วิทยากร. 2547. การกร่อนดินในแปลงการใช้ที่ดินต่าง ๆ ในลุ่มน้ำขนาดเล็กของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในการประชุมวิชาการวนเกษตร ครั้งที่ 1 “มิติของระบบวนเกษตรสำหรับชุมชนอนาคต” ณ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก. วันที่ 1-3 กรกฎาคม 2547. 10 หน้า.

ผการัตน์ รัฐเขตต์. 2535. ดินป่าไม้. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 35 หน้า.

พัฒน์พงษ์ เกิดหล้า, ชุตินา จันทรเจริญ, ทรายแก้ว อนาคต, สาธิต กาละพวง และเทอดศักดิ์ อนาคต. 2561. ผลของการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำโดยการทำคูรับน้ำขอบเขาและปลูกหญ้าแฝกกับเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการของดินและผลผลิตข้าวไร่. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 32 หน้า.

พิทยากร ลิมทอง. 2553. ทรัพยากรดินและแนวทางการจัดการดินที่มีปัญหาของประเทศไทย. คู่มือเจ้าหน้าที่รัฐ การอนุรักษ์ดินและน้ำในเขตพัฒนาที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. หน้า 1-14: 284 หน้า.

ภรภัทร นพมาลัย, ศรีญญพงศ์ ชัยวัฒนกุล, กมลภา วัฒนประพัฒน์, สุนิย์รัตน์ โลหะโชติ, อีสริยา มีสิงห์ และประทีป กุลนางวงศ์. 2561. การทดลองเชิงสาธิตและการยอมรับการใช้หญ้าแฝก และแถบพืชอนุรักษ์ร่วมกับพืชเศรษฐกิจ แบบเกษตรกรรมมีส่วนร่วม ในระบบอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมในเขตพัฒนาที่ดินตามโครงการเฉลิมพระเกียรติ. สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 61 หน้า.

ภัทรารุช พุสิงห์. 2555. ตามรอยพระบาทจอมปราชญ์แห่งดิน. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ, กรุงเทพฯ. 450 หน้า. ISBN 978-616-7235-37-0.

มัตติกา พนมธนิจกุล. 2551. การจัดการดินและน้ำเพื่อระบบการเกษตรที่ยั่งยืน. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 487 หน้า. ISBN 978-974-672-428-9.

ยงยุทธ โอสดสภา. 2552. ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 3 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 529 หน้า. ISBN 978-616-556-000-9.

_____. 2560. การใช้ปุ๋ยและสารเร่งทางใบ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 348 น. ISBN 978-616-556-217-1.

ยงยุทธ โอสดสภา. อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2551. **ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 519 หน้า. ISBN 978-974-9934-48-7.

วันรัก ปรางค์วัฒนากุล, ศรัญญพงศ์ ชัยวัฒนกุล และบุษบา อนุจรพันธ์. 2558. **การศึกษาระยะห่างที่เหมาะสมของคูรับน้ำขอบเขาเพื่อปลูกข้าวไร่บนพื้นที่สูง ในพื้นที่จังหวัดน่าน.** สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 26 หน้า.

วันรัก ฤทธิเกษร และชาญชัย แสงชโยสวัสดิ์. 2563. **การประเมินการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการสูญเสียดินในการผลิตข้าวไร่บนพื้นที่สูงโดยใช้แบบจำลองโครงการคาดการณ์การพังทลายของดินโดยน้ำอำเภอมแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย. ว.พระจอมเกล้า. 38(2), 208-216.**

ศุภชาติ วรรณวงษ์. 2545. **ความผันแปรของความชื้นในดินจากการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบต่างๆ ที่ลุ่มน้ำเวียง จังหวัดขอนแก่น. หน้า 260-273. ใน รายงานการประชุมวิชาการป่าไม้ประจำปี 2545. วันที่ 16-17 กันยายน 2545 อาคารกริต สามะพุทธิ. กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 14 หน้า.**

ศุภมิตร จารุณลักษณ์. 2539. **การสูญเสียดินและน้ำจากการปลูกพืชระบบวนเกษตรบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภูเวียง อำเภอกุเวียง จังหวัดขอนแก่น. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ 181 หน้า.**

ศรัญญพงศ์ ชัยวัฒนกุล. 2557. **การศึกษาประสิทธิภาพของแถบพืชเป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ เพื่อการปลูกข้าวโพดบนพื้นที่ดอน ในพื้นที่จังหวัดพะเยา. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 101 หน้า.**

_____. 2559. **การศึกษามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในแปลงปลูกมะคาเดเมียที่มีผลต่อการสูญเสียดินและความชื้นของดินบนพื้นที่สูงในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำแม่จันทอนบนตำบลแม่สลองนอก อำเภอมแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 130 หน้า.**

สมคิด แก้วพรมทะ. 2546. **การศึกษาเบื้องต้นของการสูญเสียดินและน้ำจากพื้นที่การใช้ประโยชน์ดินต่างกันในพื้นที่ลุ่มน้ำขนาดเล็กห้วยแร่-คลองพืด อำเภอบ่อไร่และอำเภอมเมือง จังหวัดตราด. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการลุ่มน้ำ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 116 หน้า.**

- สมเจตน์ จันทวัฒน์. 2522. การอนุรักษ์ดินและน้ำ เล่มที่1 การพังทลายของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 203 หน้า.
- สมชาย องค์กรประเสริฐ และปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร. 2543. การทดสอบความเป็นไปได้ในการทำนาขั้นบันได โดยการรวมน้ำในเขตภูเขา. ภาควิชาดินและปุ๋ย คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. 50 หน้า.
- _____. 2542. ขั้นบันไดตกตะกอน. วิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร, ปีที่ 16 ฉบับที่ 2 หน้า 45-57. ภาควิชาดินและปุ๋ย คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.
- สมภัทร คลังทรัพย์, สุเทพ จันทร์เขียว และมณฑล จำเริญพุกษ์. 2547. การประเมินฟาร์มวนเกษตรด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ. เอกสารประกอบการบรรยาย ใน การประชุมวิชาการวนเกษตร ครั้งที่ 1 “มิติของระบบวนเกษตร สำหรับชุมชนอนาคต” วันที่ 1-3 กรกฎาคม 2547 ณ โรงแรมท็อปแลนด์ พลาซ่า อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก.
- สาธิต กาละพวก, พัฒน์พงษ์ เกิดหล้า, ชุตินา จันท์เจริญ, ทราญแก้ว อนาคต, เทอดศักดิ์ อนาคต และ นงลักษณ์ พรหมเจริญ. 2564. การสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการกร่อนดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีกลร่วมกับพืชตระกูลแตง. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 57 หน้า.
- สุนทร อัครธนกุล. 2529. หลักการปฐพีฟิสิกส์. ภาควิชาปฐพีวิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิทยาเขต กำแพงแสน, นครปฐม.
- สุรัชย์ หมื่นสังข์, เจริญ เจริญจำรัสชีพ และจุมพล ยูวะนิม, 2535. การปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดและดินกรด. คู่มือการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. หน้า 35-44.
- สุเมธ ทานเจริญ และภัทราวุธ พุสิงห์. 2559. ศึกษาการประเมินอัตราการสูญเสียดินและปริมาณธาตุอาหารพืชบริเวณพื้นที่สูง จังหวัดน่าน และการพัฒนาสื่อเพื่อถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการกร่อนของดิน. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ ทุนวิจัยหมวดเงินอุดหนุน (ว.1) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 49 หน้า.

เสวต ประกายรุ่งระรัมย์ วิชัย พันธนะหิรัญ และชาลี นาวานุเคราะห์. 2554. การวิเคราะห์การชะล้างพังทลายของดิน โดยใช้สมการสูญเสียดินสากล (USLE) เพื่อประเมินการสูญเสียธาตุอาหารพืชในลุ่มน้ำห้วยแม่ประจัน. วารสารสังคมศาสตร์ 14 : 92-103.

แหล่งที่มา: http://elibrary.trf.or.th/project_content.asp?PJID=RDG53O0001

สำนักงานพาณิชย์จังหวัดน่าน. 2561. ราคาปุ๋ยเคมี สืบค้น online

<https://nan.moc.go.th/th/content/category/detail/id/161/iid/87814>

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. 2562. พจนานุกรมศัพท์ปฐพีศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสภา.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา สนามเสือป่า เขตดุสิต, กรุงเทพฯ. 452 หน้า.

ISBN 978-616-389-089-4.

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2547. คู่มือวิเคราะห์ตัวอย่างดินน้ำปุ๋ยพืชวัสดุปรับปรุงดินและการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า. เล่ม 1. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 184 หน้า. ISBN 974-9537-35-1.

_____. 2547. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน

แหล่งที่มา: <https://www.ddd.go.th/PMOA/2547/Manual/OSD-07.pdf>,

วันที่สืบค้น 20 กันยายน 2557.

อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น. 2541. ธรณีวิทยามุมประเทศ. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ. 186 หน้า.

อาจัน หนูประสิทธิ์ บุญมา ดีแสง พิณทิพย์ อิติโรจนะวัฒน์ และแสงจันทร์ ศรีสายเชื้อ. 2540. สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินบริเวณลุ่มน้ำปากผนัง อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช. กลุ่มลุ่มน้ำ ส่วนวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 13 หน้า.

อานุช ศิริรัฐนิคม และสุธาสิณี โพธิ์สุนทร. 2554. การสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกยางพารา อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง. วารสารการจัดการป่าไม้ 5 (10) : หน้า 33-42.

เอิบ เขียววันมณ. 2542. การสำรวจดิน. พิมพ์ครั้งที่ 1 ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 733 หน้า. ISBN 974-553-703-9.

โอภาส วงศ์ทางประเสริฐ. 2558. การศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของดิน: กรณีศึกษาพื้นที่เพาะปลูกข้าว ในจังหวัดฉะเชิงเทรา และจังหวัดชลบุรี. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี. 175 หน้า.

Alexander, R. 2001. **Compost utilization in landscapes**. In Compost utilization in Agricultural Cropping Systems (P.J. Stoffella and B.A. Kahn eds.) Lewis Publis, New York.

Bidyashwari, H., Kushwaha, R.S., Chandra, M. Okendro, M., 2017. Physical properties of soil and its implication to slope stability of Nungbi Khunou, NH-150. Ma-nipur. Int. **J. Geosci.** 8 (11), 1332.

Boling, A.A, T.P. Tuong, H. Suganda, Y.Konboon, D. Harnpichitvitaya, B.A.M. Bouman, D.T. Franco. 2008. **The effect of topo-sequence position on soil properties, hydrology, and yield of rainfed lowland rice in Southeast Asia**. Field Crops Research. Vol.106: 22-33.

Boonlertnirun, K. and C. Jompuk. 2011. Nitrogen use Efficiency and Low Nitrogen Tolerance in Waxy Corn. Khon Kaen. **Agriculture Journal** 39: 231-240

Brady, N.C., and R.R. Weil. 2007. **Nature and properties of soil**. Pearson Education Inc. and Dorling Kindersley publishing. nc. pp. 56.

Brady, N. C. 1974. **The Nature and Properties of Soils** (8th ed.). Macmillan Publishing Co., Inc., New York.

Bray, R.A and L.T. Kurtz. 1947. **Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil**. Soil Sci. 59: 39:45.

Brussaard, L., P.C. Ruiter and G.G. Brown. 2007. Soil biodiversity for agricultural sustainability. **Agriculture Ecosystems and Environment**. 121: 233–244.

- Buol, O.A., F.D. Hole, R. McCracken, and R.J. Southward. 1997. **Soil genesis and classification**. 4th ed. Iowa State University Press Ames, 1A.
- Buschiazzo, D.E., G.G. Hevia and E.N. Hepper. 2000. Cultivation effects on phosphate forms and sorption in loess soils of Argentina. **Soil. Sci.** 165: 427-436.
- Cass, A. 1999. **Interpretation of some soil physical indicators for assessing soil physical fertility**, pp. 95-102. In K.I. Peverill, L.A. Sparrow and D.J. Reuter. eds. *Soil analysis: An interpretation manual*. 2nd ed. CSIRO Publishing: Melbourne.
- D.T. Franco. 2008. **The effect of topo-sequence position on soil properties, earth manual for farmers and other land users**. University of Western Engineering Handbook Section 16, Washington, DC.
- FAO. 1993. **FESLM : An international framework for evaluating sustainable land fertility**, pp. 95-102. In K.I. Peverill, L.A. Sparrow and D.J. Reuter. eds. *Soil fertilizers on grain yield, nutrient uptake and use efficiency of two maize Zea Field crops research*, Vol.16: 255-1272.
- Fosu-Mensah, B.Y. and M. Mensah. 2016. The effect of phosphorus and nitrogen fertilizers on grain yield, nutrient uptake and use efficiency of two maize (*Zea mays* L.) varieties under rain fed condition on Haplic Lixisol in forest-savannah transition zone of Ghana. **Environmental Systems Research**. 50: 5-22.
- Foth, H. D. 1990. **Fundamentals of Soil Science** (8th ed.). John Wiley & Sons, Inc., New York. 360 p.
- Fullen, M.A. and J.A. Catt. 2004. **Soil Management: Problems and Solution**. Arnold, a member of Hodder Headline Group, London.
- Gardi, C. and S. Jeffery. 2009. Soil Biodiversity. **European Commission Joint Research Center Institute for Environment and Sustainability Land Management and Natural Hazard** Unit, Italy.

- Gerrard, A.J. 1992. **Soils and landforms: An integration of geomorphology and pedology**. George Allen & Unwin, London.
- Giardina, C.P., R.L. Sanford, I.C. Dochtersmith and V. Jaramillo. 2000. The effect of slash burning on ecosystem nutrients during the land preparation phase of shifting cultivation. **Plant and Soil**. 220: 247–260.
- Giller, K.E., M.H. Beare, P. Lavell, I. zac and M.J. Swift. 1997. Agricultural Intensification, Soil Biodiversity and Agro Ecosystem Function. **Applied Soil Ecology**. 6: 3-16.
- Goudie, A., M. Anderson, T. Burt, J. Lewin, K. Richards, B. Whalley and P. Worsley. 1990. **Geomorphological techniques**. London, Routledge (reprint). 592 p.
- Hall, D.G.M., M.J. Reeve, A.J. Thomasson, and V.F. Wright. 1977. **Water retention, porosity and density of field soils**. Soil Survey of England and Wales Technical Monograph No.9. Rothamsted Experimental Station. Harpenden, Herts, U.K.
- Hatfield, J. L. and B. A. Stewart. 1994. **Advances in Soil Science: Crops Residue Management**. Boca Raton, Florida: CRC Press. 220 p.
- Hazelton, P., and Murphy, B. 2007. **Interpreting soil test results: what do all the numbers mean? 2nd ed.** NSW Department of Natural Resources. CSIRO: Australia. 152 p.
- Hillel, D. 1980. **“Applications of Soil Physics.”** Academic Press, New Yoke, USA. 385 p.
[http ://www.cab.ku.ac.th/suntaree/index.php/publication/book/17-transport.html](http://www.cab.ku.ac.th/suntaree/index.php/publication/book/17-transport.html),
- Hunt, N., and Gilkes, R. 1992. **Farm monitoring handbook – A practical down to earth manual for farmers and other land users**. University of Western Australia: Nedlands, W.A., and Land Management Society: Como, W.A.
- Kwaad, F.G.P.M., M.V.D. Zijp and P.V. Dijk. 1998, **Soil conservation and maize cropping systems on sloping loess soils in the Netherlands**. Soil and Tillage Research.46: 13-21.

- Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. **Soil Interpretation Handbook of Thailand**. Department of Land Development, Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok.
- Lujan, D.L. 2003. **Soil physical properties affecting soil erosion in tropical soils**.
Source: http://users.ictp.it/~pub_off/lectures/lms018/21Lobo.pdf, Search:
15 September 2016.
- McCarty, L.B., L.R. Hubbard, and Jr.V. Quisenberry. 2016. **Applied soil physical properties, drainage, and irrigation strategies**. Springer International Publishing Switzerland. DOI 10.1007/978-3-319-24226-2
- Mubarak, A. R., Baba, I., Chin, L. H., & Qais, H. S. 2003. Soil organic manure fractions in the humid tropics as influenced by application of crop residues. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 34(7-8), 933-943.
- Murphy, B.W. 2000. **Taking care of soil structure benefits crops**, pp. 68-74. In S. Wallwork, ed. *Min-tilldrill- A guide to minimum tillage cropping systems*. Kondinin Group: Cloverdale, Western Australia.
- Odenerho, F.O. 2000. **Caternay sequence and agric productivity in the tropics**. Paper presented at the conference of the 8th joint annual national soil correlation committee. SSSN. 1980. pp 15.
- O'Neal, A.M. 1952. A key for evaluating soil permeability by means of certain field clues. *Soll Sci, Soc. Am. Proc.* 16: 312-315.
- Osinname, O. A., & Meppe, F. O. 1996. Growth and nutrient status of *Gmelina arborea* in response to potassium fertilizer on a sandy soil in Nigeria. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 27(19-20), 3241-3252.

- Osiname, O.A. and F. Meppe. 1999. Effect of different method of plant residue management on soil properties and maize yield. Communications, **Soil Science and Plant Analysis**. 30: 53-63.
- Osuaku, S.K., E.P. Ukaegbu, C.P. Poly-Mbah, C.O. Nnawuihe, G.O. Okoro, and H.E. Osuaku. 2014. **Variability in some physical and chemical properties of soil along a toposequence in Alvan Ikoku federal college of education, Owerri, IMO State, Nigeria.**
- Pansak W, Hilger T, Dercon G, Konkaew T, Cadisch G. 2008. **Changes in relationship between soil erosion and N loss pathways after establishing soil conservation systems in uplands of Northeast Thailand.** Agric Ecosyst Environ 128:167–176.
- Schumm, S.A. 1956. Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Anboy, New Jersey. **Bulletin of the Geological Society of America**. 67: 597-646.
- Shrestha, R. P., Schmidt-Vogt, D. and Gnanavelrajah, N. 2010. **Relating plant diversity to biornass and soil erosion in a cultivated landscape of the eastern seaboard region of Thalland.** Applied Geogaphy. Volume 30 pp. 606-617
- Smyth, A.J., and Montgomery. 1990. Soil and land use in central and western soil productivity response to corn residue removal: A literature review. **Agronomy Journal**. 96:1-17.
- Stoop, W.A. 2000. Adaptation of sorghum maize and sorghum pear millet Intercrop to the toposequence land type in North Sudan Zone of West Arica Savarnah. **Field crops research**, Vol.16: 255-1272.
- Tiark, A.E., A.P. Mazurak and I. Chesnin. 1974. ค่าพีเอช ysical and Chemical properties of soil associated with heavy application of manure from cattle feedlots. **Soil Sci. Soc.Am. Proc.** 38: 826-830.

Tisdall, J. M., & Oades, J. M. 1982. Organic Matter and Water-Stable Aggregates in Soils. **European Journal of Soil Science**. 33, 141-163.

United States Department of Agriculture (USDA) Agriculture, Agricultural research service. 1997. **Predicting soil erosion by water: A guide conservation planning the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)** Agricultural Handbook No. 708.

United States Department of Agriculture (USDA), Soil Conservation Service. 1993. **Soil Survey Manual**. Agriculture Handbook No. 18. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.

USDA Soil Conservation Service. 1971. **Drainage of agricultural land. National Engineering Handbook Section 16**, Washington, DC.

Walkley, A. and I.A. Black, 1947 a. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. Soil. Bray II, R.H. and L.T. Kurtz. 1945 Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. **Soil Sci**. 59: 39-45.

Wilhelm, W.W., J.M.F. John, J.L. Hatfield, W.B. Voorhees and D.R. Linden. 2004. Crop and soil productivity response to corn residue removal: A literature review. **Agronomy Journal**. 96:1-17.

Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. 1978. **Predicting rainfall erosion losses-a guide to 1conservation planning**. USDA Agric. Handbook No.537, 58 p.

_____. 1975. **Predicting Rainfall-Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains: Guide for Selection of Practices for Soil and Water Conservation**. Washington DC: US Department of Agriculture.

Young, A. 1976. **Tropical Soils and Soil Survey**. Cambridge University Press, Cambridge. 468 p.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ระดับความรุนแรงของความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (soil reaction)

ระดับ (rating)	พิสัย (range)
เป็นกรดรุนแรงมากที่สุด (Ultra acid)	<3.5
เป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid)	3.5-4.5
เป็นกรดจัดมาก (very strongly acid)	4.6-5.0
เป็นกรดจัด (strongly acid)	5.1-5.5
เป็นกรดปานกลาง (moderately acid)	5.6-6.0
เป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid)	6.1-6.5
เป็นกลาง (neutral)	6.6-7.3
เป็นด่างเล็กน้อย (slightly alkaline)	7.4-7.8
เป็นด่างปานกลาง (moderately alkaline)	7.9-8.4
เป็นด่างจัด (strongly alkaline)	8.5-9.0
เป็นด่างจัดมาก (very strongly alkaline)	>9.0

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

ตารางผนวกที่ 2 ระดับอินทรียวัตถุในดิน (organic matter)

ระดับ (rating)	วิธีการของ Walkley and Black พิสัย (ร้อยละ)
ต่ำมาก (very low)	< 0.5
ต่ำ (low)	0.5-1.0
ค่อนข้างต่ำ (moderately low)	1.0-1.5
ปานกลาง (medium)	1.5-2.5
ค่อนข้างสูง (moderately high)	2.5-3.5
สูง (high)	3.5-4.5
สูงมาก (very high)	> 4.5

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

ตารางผนวกที่ 3 ระดับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Avai. P)

ระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืช	วิธีการ Bray II (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ต่ำมาก (very low)	< 3
ต่ำ (low)	3-10
ปานกลาง (medium)	11-15
สูง (high)	16-45
สูงมาก (very high)	> 45

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

ตารางผนวกที่ 4 ระดับโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดิน (Extr. K)

ระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืช	วิเคราะห์โดยใช้น้ำยาสกัด NH_4OAc 1N pH 7 (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ต่ำมาก (very low)	< 30
ต่ำ (low)	30-60
ปานกลาง (medium)	61-90
สูง (high)	91-120
สูงมาก (very high)	> 120

ที่มา: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2547)

ตารางผนวกที่ 5 สเกลทั่วไปของค่าความหนาแน่นรวมของดิน

Bulk Density (g cm^{-3})	Rating
< 1.0	Very low
1.0-1.3	Low
1.3-1.6	Moderate
1.6-1.9	High
> 1.9	Very high

ที่มา: Hazelton and Murphy (2007)

ตารางผนวกที่ 6 อิทธิพลของค่าความหนาแน่นรวมต่อสภาพของดิน

Bulk Density (g cm ⁻³)	Sandy Soils	Loams	Clay Soils
< 1.0	-	Satisfactory	Satisfactory
1.0-1.2	-	Satisfactory	Satisfactory
1.2-1.4	Very open	Satisfactory	Some too compact
1.4-1.6	Satisfactory	Some too compact	Very compact
1.6-1.8	Mostly too compact	Very compact	Highly compact
> 1.8	Very compact	Extremely compact	Excessively compact

ที่มา: Handreck and Black (1984); Hunt and Gilkes (1992)

ตารางผนวกที่ 7 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติความหนาแน่นรวมของดิน หลังการทดลอง
ปี พ.ศ. 2559

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
rep	2	0.0154	0.0077	2.26	0.3070
main	1	0.0001	0.0001	0.04	0.8534
Error(a)	2	0.0068	0.0034		
sub	3	0.0144	0.0048	0.26	0.8552
Main:sub	3	0.0077	0.0026	0.14	0.9355
Error(b)	12	0.2250	0.0187		
Total	23	0.2695			

Grand Mean= 1.69

C.V.(a) = 3.46 %

C.V.(b) = 8.11 %

ตารางผนวกที่ 8 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติความหนาแน่นรวมของดิน หลังการทดลอง
ปี พ.ศ. 2560

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
rep	2	0.0070	0.0035	0.49	0.6730
main	1	0.0073	0.0073	1.02	0.4190
Error(a)	2	0.0144	0.0072		
sub	3	0.0180	0.0060	1.50	0.2647
Main:sub	3	0.0666	0.0222	5.54	0.0127
Error(b)	12	0.0481	0.0040		
Total	23	0.1615			

Grand Mean= 1.28

C.V.(a) = 6.63 %

C.V.(b) = 4.94 %

ตารางผนวกที่ 9 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติความหนาแน่นรวมของดิน หลังการทดลอง
ปี พ.ศ. 2560

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
rep	2	0.0031	0.0016	2.16	0.3162
main	1	0.0353	0.0353	49.21	0.0197
Error(a)	2	0.0014	0.0007		
sub	3	0.0142	0.0047	0.43	0.7338
Main:sub	3	0.0092	0.0031	0.28	0.8386
Error(b)	12	0.1313	0.0109		
Total	23	0.1944			

Grand Mean= 1.27

C.V.(a) = 2.10 %

C.V.(b) = 8.22 %

ตารางผนวกที่ 10 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณความเป็นกรดเป็นด่าง
หลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2559

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
rep	2	0.0475	0.0238	1.84	0.3523
main	1	0.0204	0.0204	1.58	0.3356
Error(a)	2	0.0258	0.0129		
sub	3	0.0246	0.0082	0.15	0.9274
Main.pot:sub.pot	3	0.1246	0.0415	0.76	0.5364
Error(b)	12	0.6533	0.0544		
Total	23	0.8962			

Grand Mean= 5.94

C.V.(a) = 1.91 %

C.V.(b) = 3.93 %

ตารางผนวกที่ 11 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณอินทรีย์วัตถุ หลังการทดลอง
ปี พ.ศ. 2559

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
rep	2	1.0679	0.5340	2.01	0.3323
main	1	1.4553	1.4553	5.48	0.1441
Error(a)	2	0.5315	0.2658		
sub	3	0.7275	0.2425	0.78	0.5253
Main.pot:sub.pot	3	1.2491	0.4164	1.35	0.3056
Error(b)	12	3.7100	0.3092		
Total	23	8.7414			

Grand Mean= 2.85

C.V.(a) = 18.06 %

C.V.(b) = 19.48 %

ตารางผนวกที่ 12 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณฟอสฟอรัส หลังการทดลอง
ปี พ.ศ. 2559

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
rep	2	204.2500	102.1250	1.66	0.3760
main	1	57.0417	57.0417	0.93	0.4373
Error(a)	2	123.0833	61.5417		
sub	3	96.1250	21.0417	1.25	0.3365
Main.pot:sub.pot	3	164.4583	54.8194	2.13	0.1495
Error(b)	12	308.6667	25.7222		
Total	23	953.6250			

Grand Mean = 11.62

C.V.(a) = 67.48 %

C.V.(b) = 43.63 %

ตารางผนวกที่ 13 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณโพแทสเซียม
หลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2559

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
rep	2	506.3333	253.1667	0.78	0.5622
main	1	66.6667	66.6667	0.21	0.6951
Error(a)	2	650.3333	325.1667		
sub	3	40.3333	13.4444	0.05	0.9850
Main.pot:sub.pot	3	725.0000	241.6667	0.88	0.4789
Error(b)	12	3296.6667	274.7222		
Total	23	5285.3333			

Grand Mean= 70.83

C.V.(a) = 25.46 %

C.V.(b) = 33.40 %

ตารางผนวกที่ 14 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณความเป็นกรดเป็นด่าง
หลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2560

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
rep	2	0.0075	0.0037	0.16	0.8636
main	1	0.0337	0.0337	1.428	0.3555
Error(a)	2	0.0475	0.0237		
sub	3	0.1246	0.0415	3.15	0.0649
Main.pot:sub.pot	3	0.1146	0.0382	2.89	0.0791
Error(b)	12	0.1583	0.0132		
Total	23	0.4862			

Grand Mean= 4.59

C.V.(a) = 3.36 %

C.V.(b) = 2.50 %

ตารางผนวกที่ 15 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณอินทรีย์วัตถุ
หลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2560

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
rep	2	0.3360	0.1680	1.51	0.3987
main	1	2.8566	2.8566	25.65	0.0369
Error(a)	2	0.2228	0.1114		
sub	3	1.4417	0.4806	6.11	0.0091
Main.pot:sub.pot	3	0.9709	0.3236	4.11	0.0319
Error(b)	12	0.9438	0.0787		
Total	23	6.7718			

Grand Mean = 4.34

C.V.(a) = 7.70 %

C.V.(b) = 6.47 %

ตารางผนวกที่ 16 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณฟอสฟอรัส
หลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2560

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
rep	2	4233.0833	2116.5417	3.22	0.2371
main	1	5400.0000	5400.0000	8.21	0.1033
Error(a)	2	1315.7500	657.8750		
sub	3	19154.1667	6384.7222	2.05	0.1609
Main.pot:sub.pot	3	1649.6667	549.8889	0.18	0.9103
Error(b)	12	37415.1667	3117.9306		
Total	23	69167.8333			

Grand Mean = 111.92

C.V.(a) = 22.92 %

C.V.(b) = 49.89 %

ตารางผนวกที่ 17 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณโพแทสเซียม
หลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2560

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
rep	2	3365.5833	1682.7917	0.70	0.5896
main	1	7038.3750	7038.3750	2.91	0.2301
Error(a)	2	4835.2500	2417.6250		
sub	3	27261.1250	9087.0417	8.26	0.0030
Main.pot:sub.pot	3	13310.4583	4436.819	44.03	0.0338
Error(b)	12	13205.1667	1100.4306		
Total	23	69015.9583			

Grand Mean = 67.54

C.V.(a) = 72.80 %

C.V.(b) = 49.11 %

ตารางผนวกที่ 18 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณความเป็นกรดเป็นด่าง
หลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2561

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
rep	2	0.2808	0.1404	0.19	0.8438
main	1	1.6538	1.6538	2.18	0.2779
Error(a)	2	1.5175	0.7588		
sub	3	4.2313	1.4104	2.76	0.0882
Main.pot:sub.pot	3	0.3413	0.1138	0.22	0.8789
Error(b)	12	6.1350	0.5112		
Total	23	14.1596			

Grand Mean= 4.85

C.V.(a) =17.94 %

C.V.(b) = 14.73 %

ตารางผนวกที่ 19 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณอินทรีย์วัตถุ
หลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2561

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
rep	2	0.2465	0.1233	2.49	0.2866
main	1	1.5201	1.5201	30.70	0.0311
Error(a)	2	0.0990	0.0495		
sub	3	0.8682	0.2894	1.63	0.2335
Main.pot:sub.pot	3	0.3319	0.1106	0.62	0.6125
Error(b)	12	2.1246	0.1770		
Total	23	5.1903			

Grand Mean = 3.92

C.V.(a) = 5.68 %

C.V.(b) = 10.74 %

ตารางผนวกที่ 20 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณโพแทสเซียม
หลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2561

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
rep	2	310.3333	155.1667	0.56	0.6390
main	1	1080.0417	1080.0417	3.93	0.1858
Error(a)	2	549.3333	274.6667		
sub	3	12330.1250	4110.0417	8.82	0.0023
Main.pot:sub.pot	3	2434.4583	811.4861	1.74	0.2116
Error(b)	12	5589.6667	465.8056		
Total	23	22293.9583			

Grand Mean = 70.21

C.V.(a) = 23.61%

C.V.(b) = 30.74%

ตารางผนวกที่ 21 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณค่าฟอสฟอรัส
หลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2561

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
rep	2	1526.3333	763.1667	2.44	0.2905
main	1	73.5000	73.5000	0.24	0.6756
Error(a)	2	625.0000	312.5000		
sub	3	10990.8333	3663.6111	2.34	0.1253
Main.pot:sub.pot	3	2791.5000	930.5000	0.59	0.6311
Error(b)	12	18812.6667	1567.7222		
Total	23	34819.8333			

Grand Mean = 132.92

C.V.(a) = 13.30%

C.V.(b) = 29.79%

ตารางผนวกที่ 22 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการสูญเสียดิน ปี พ.ศ. 2559

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
rep	2	23.2828	11.6414	2.85	0.2597
main	1	1323.2835	1323.2835	324.02	0.0031
Error(a)	2	8.1680	4.0840		
sub	3	349.8354	116.6118	5.47	0.0133
Main.pot:sub.pot	3	60.8036	20.2679	0.95	0.4467
Error(b)	12	255.6204	21.3017		
Total	23	2020.9938			

C.V. (a) = 10.17 % C.V. (b) = 23.23 %

ตารางผนวกที่ 23 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการสูญเสียดิน ปี พ.ศ. 2560

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
rep	2	18.1675	9.0838	1.19	0.4572
main	1	446.7751	446.7751	58.40	0.0167
Error(a)	2	15.3008	7.6504		
sub	3	866.2279	288.7426	109.52	0.0000
Main.pot:sub.pot	3	385.2570	128.4190	48.71	0.0000
Error(b)	12	31.6383	2.6365		
Total	23	1763.3668			

C.V. (a) = 16.53 % C.V. (b) = 9.70 %

ตารางผนวกที่ 24 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติการสูญเสียดิน ปี พ.ศ. 2561

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr(> F)
rep	2	27.7854	13.8927	1.15	0.4645
main	1	1229.2291	1229.2291	102.00	0.0097
Error(a)	2	24.1036	12.0518		
sub	3	71.7847	23.4350	0.82	0.5086
Main.pot:sub.pot	3	106.3050	35.4350	1.21	0.3479
Error(b)	12	351.1863	29.2655		
Total	23	1810.3941			

C.V. (a) = 21.86 % C.V. (b) = 34.06 %

ตารางผนวกที่ 25 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของค่า pH และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) และการใช้ที่ดิน (Sub plot) Split Plot ANOVA Testing for main and Sub Plot (pH)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: PH

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	1892.150	1	1892.150	98010.655	.000
	Error	.039	2	.019 ^a		
main	Hypothesis	.307	1	.307	.500	.482
	Error	38.066	62	.614 ^b		
sub	Hypothesis	1.348	3	.449	.732	.537
	Error	38.066	62	.614 ^b		
rep	Hypothesis	.039	2	.019	.031	.969
	Error	38.066	62	.614 ^b		
main * sub	Hypothesis	.320	3	.107	.174	.914
	Error	38.066	62	.614 ^b		

ตารางผนวกที่ 26 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของค่า OM และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) และการใช้ที่ดิน (Sub plot)
Split Plot ANOVA Testing for main and Sub Plot (OM)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: OM

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	986.938	1	986.938	1674.417	.001
	Error	1.179	2	.589 ^a		
main	Hypothesis	.187	1	.187	.255	.615
	Error	45.472	62	.733 ^b		
sub	Hypothesis	1.681	3	.560	.764	.519
	Error	45.472	62	.733 ^b		
rep	Hypothesis	1.179	2	.589	.804	.452
	Error	45.472	62	.733 ^b		
main * sub	Hypothesis	.168	3	.056	.076	.973
	Error	45.472	62	.733 ^b		

ตารางผนวกที่ 27 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของค่า P และมาตรการ
อนุรักษดินและน้ำ (Main Plot) และการใช้ที่ดิน (Sub plot)
Split Plot ANOVA Testing for main and Sub Plot (P)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: P

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	149240.056	1	149240.056	172.512	.006
	Error	1730.194	2	865.097 ^a		
main	Hypothesis	1266.722	1	1266.722	.583	.448
	Error	134654.250	62	2171.843 ^b		
sub	Hypothesis	20792.500	3	6930.833	3.191	.030
	Error	134654.250	62	2171.843 ^b		
rep	Hypothesis	1730.194	2	865.097	.398	.673
	Error	134654.250	62	2171.843 ^b		
main * sub	Hypothesis	8212.278	3	2737.426	1.260	.296
	Error	134654.250	62	2171.843 ^b		

ตารางผนวกที่ 28 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย P แต่ละคู่ โดยใช้ Multiple Comparisons

Post Hoc Tests
Multiple Comparisons

Dependent Variable: P

Tukey HSD

(I) sub	(J) sub	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	12.83	15.534	.842	-28.18	53.85
	3	-19.33	15.534	.601	-60.35	21.68
	4	-31.17	15.534	.197	-72.18	9.85
2	1	-12.83	15.534	.842	-53.85	28.18
	3	-32.17	15.534	.174	-73.18	8.85
	4	-44.00*	15.534	.031	-85.01	-2.99
3	1	19.33	15.534	.601	-21.68	60.35
	2	32.17	15.534	.174	-8.85	73.18
	4	-11.83	15.534	.871	-52.85	29.18
4	1	31.17	15.534	.197	-9.85	72.18
	2	44.00*	15.534	.031	2.99	85.01
	3	11.83	15.534	.871	-29.18	52.85

Homogeneous Subsets

P

Tukey HSD^{a,b}

sub	N	Subset	
		1	2
2	18	23.28	
1	18	36.11	36.11
3	18	55.44	55.44
4	18		67.28
Sig.		.174	.197

ตารางผนวกที่ 29 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของค่า K และมาตรการ
อนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) และการใช้ที่ดิน (Sub plot)
Split Plot ANOVA Testing for main and Sub Plot (K)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: K

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	797163.556	1	797163.556	332.184	.003
	Error	4799.528	2	2399.764 ^a		
main	Hypothesis	1073.389	1	1073.389	.502	.481
	Error	132447.583	62	2136.251 ^b		
sub	Hypothesis	17987.000	3	5995.667	2.807	.047
	Error	132447.583	62	2136.251 ^b		
rep	Hypothesis	4799.528	2	2399.764	1.123	.332
	Error	132447.583	62	2136.251 ^b		
main * sub	Hypothesis	830.944	3	276.981	.130	.942
	Error	132447.583	62	2136.251 ^b		

ตารางผนวกที่ 30 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย K แต่ละคู่ โดยใช้ Multiple Comparisons

Multiple Comparisons

Dependent Variable: K

Tukey HSD

(I) sub	(J) sub	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	.33	15.407	1.000	-40.34	41.01
	3	-7.50	15.407	.962	-48.17	33.17
	4	-38.17	15.407	.074	-78.84	2.51
2	1	-.33	15.407	1.000	-41.01	40.34
	3	-7.83	15.407	.957	-48.51	32.84
	4	-38.50	15.407	.070	-79.17	2.17
3	1	7.50	15.407	.962	-33.17	48.17
	2	7.83	15.407	.957	-32.84	48.51
	4	-30.67	15.407	.203	-71.34	10.01
4	1	38.17	15.407	.074	-2.51	78.84
	2	38.50	15.407	.070	-2.17	79.17
	3	30.67	15.407	.203	-10.01	71.34

ตารางผนวกที่ 31 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย Sediment แต่ละคู่ โดยใช้ Multiple Comparisons

Multiple Comparisons

Dependent Variable: sediment

Tukey HSD

(I) sub	(J) sub	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	.2194	1.76998	.999	-4.4535	4.8924
	3	-5.3250*	1.76998	.019	-9.9979	-.6521
	4	-4.7989*	1.76998	.042	-9.4718	-.1260
2	1	-.2194	1.76998	.999	-4.8924	4.4535
	3	-5.5444*	1.76998	.014	-10.2174	-.8715
	4	-5.0183*	1.76998	.031	-9.6913	-.3454
3	1	5.3250*	1.76998	.019	.6521	9.9979
	2	5.5444*	1.76998	.014	.8715	10.2174
	4	.5261	1.76998	.991	-4.1468	5.1990
4	1	4.7989*	1.76998	.042	.1260	9.4718
	2	5.0183*	1.76998	.031	.3454	9.6913
	3	-.5261	1.76998	.991	-5.1990	4.1468

sediment

Tukey HSD^{a,b}

sub	N	Subset	
		1	2
2	18	13.2628	
1	18	13.4822	
4	18		18.2811
3	18		18.8072
Sig.		.999	.991

ตารางที่ผนวก 32 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย total N แต่ละคู่ โดยใช้ Multiple Comparisons

Post Hoc Tests
Multiple Comparisons

Dependent Variable: total N

Tukey HSD

(I) sub	(J) sub	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-1.1594	2.17058	.950	-6.8900	4.5711
	3	-.7639	2.17058	.985	-6.4944	4.9667
	4	-8.0133*	2.17058	.003	-13.7439	-2.2828
2	1	1.1594	2.17058	.950	-4.5711	6.8900
	3	.3956	2.17058	.998	-5.3350	6.1261
	4	-6.8539*	2.17058	.013	-12.5844	-1.1233
3	1	.7639	2.17058	.985	-4.9667	6.4944
	2	-.3956	2.17058	.998	-6.1261	5.3350
	4	-7.2494*	2.17058	.008	-12.9800	-1.5189
4	1	8.0133*	2.17058	.003	2.2828	13.7439
	2	6.8539*	2.17058	.013	1.1233	12.5844
	3	7.2494*	2.17058	.008	1.5189	12.9800

Homogeneous Subsets

Total N

Tukey HSD^{a,b}

sub	N	Subset	
		1	2
1	18	21.0394	
3	18	21.8033	
2	18	22.1989	
4	18		29.0528
Sig.		.950	1.000

ตารางผนวกที่ 33 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของค่า P_2O_5 และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) และการใช้ที่ดิน (Sub plot)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: P_2O_5

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	4883.026	1	4883.026	11297.597	.000
	Error	.864	2	.432 ^a		
main	Hypothesis	766.753	1	766.753	140.780	.000
	Error	337.681	62	5.446 ^b		
sub	Hypothesis	131.938	3	43.979	8.075	.000
	Error	337.681	62	5.446 ^b		
rep	Hypothesis	.864	2	.432	.079	.924
	Error	337.681	62	5.446 ^b		
main * sub	Hypothesis	57.762	3	19.254	3.535	.020
	Error	337.681	62	5.446 ^b		

ตารางผนวกที่ 34 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของค่า K_2O และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (Main Plot) และการใช้ที่ดิน (Sub plot)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: K_2O

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	7807.709	1	7807.709	40210.227	.000
	Error	.388	2	.194 ^a		
main	Hypothesis	1322.608	1	1322.608	167.471	.000
	Error	489.647	62	7.898 ^b		
sub	Hypothesis	102.420	3	34.140	4.323	.008
	Error	489.647	62	7.898 ^b		
rep	Hypothesis	.388	2	.194	.025	.976
	Error	489.647	62	7.898 ^b		
main * sub	Hypothesis	99.113	3	33.038	4.183	.009
	Error	489.647	62	7.898 ^b		

ตารางผนวกที่ 35 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย K_2O แต่ละคู่ โดยใช้ Multiple Comparisons

Post Hoc Tests
Multiple Comparisons

Dependent Variable: K_2O

Tukey HSD

(I) sub	(J) sub	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-.5078	.93675	.948	-2.9809	1.9653
	3	-.1517	.93675	.998	-2.6248	2.3215
	4	-2.9411*	.93675	.013	-5.4142	-.4680
2	1	.5078	.93675	.948	-1.9653	2.9809
	3	.3561	.93675	.981	-2.1170	2.8292
	4	-2.4333	.93675	.055	-4.9065	.0398
3	1	.1517	.93675	.998	-2.3215	2.6248
	2	-.3561	.93675	.981	-2.8292	2.1170
	4	-2.7894*	.93675	.021	-5.2626	-.3163
4	1	2.9411*	.93675	.013	.4680	5.4142
	2	2.4333	.93675	.055	-.0398	4.9065
	3	2.7894*	.93675	.021	.3163	5.2626

Homogeneous Subsets

K_2O

Tukey HSD^{a,b}

sub	N	Subset	
		1	2
1	18	9.5133	
3	18	9.6650	
2	18	10.0211	10.0211
4	18		12.4544
Sig.		.948	.055

ตารางผนวกที่ 36 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เทียบจากตะกอนดินที่สูญเสียในรูปปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 (cost 46-0-0)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: cost 46-0-0

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	7261193.590	1	7261193.590	2008.484	.000
	Error	7230.520	2	3615.260 ^a		
main	Hypothesis	965931.854	1	965931.854	124.993	.000
	Error	479128.237	62	7727.875 ^b		
sub	Hypothesis	135999.730	3	45333.243	5.866	.001
	Error	479128.237	62	7727.875 ^b		
rep	Hypothesis	7230.520	2	3615.260	.468	.629
	Error	479128.237	62	7727.875 ^b		
main * sub	Hypothesis	50780.294	3	16926.765	2.190	.098
	Error	479128.237	62	7727.875 ^b		

ตารางผนวกที่ 37 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เทียบจากตะกอนดินที่สูญเสียในรูป
ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 แต่ละคู่ โดยใช้ Multiple Comparisons

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: cost 46-0-0 Tukey HSD

(I) sub	(J) sub	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-15.652	29.3028	.950	-93.015	61.710
	3	-10.312	29.3028	.985	-87.675	67.050
	4	-108.180*	29.3028	.003	-185.542	-30.818
2	1	15.652	29.3028	.950	-61.710	93.015
	3	5.340	29.3028	.998	-72.022	82.702
	4	-92.527*	29.3028	.013	-169.890	-15.165
3	1	10.312	29.3028	.985	-67.050	87.675
	2	-5.340	29.3028	.998	-82.702	72.022
	4	-97.867*	29.3028	.008	-175.230	-20.505
4	1	108.180*	29.3028	.003	30.818	185.542
	2	92.527*	29.3028	.013	15.165	169.890
	3	97.868*	29.3028	.008	20.505	175.230

Homogeneous Subsets

cost46-0-0

Tukey HSD^{a,b}

sub	N	Subset	
		1	2
1	18	284.033	
3	18	294.345	
2	18	299.685	
4	18		392.213
Sig.		.950	1.000

ตารางผนวกที่ 38 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์
เทียบจากตะกอนดินที่สูญเสียในรูปปุ๋ยเคมีสูตร 0-46-0 (cost 0-46-0)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: cost0-46-0

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	1875863.117	1	1875863.117	11297.597	.000
	Error	332.082	2	166.041 ^a		
main	Hypothesis	294555.756	1	294555.756	140.780	.000
	Error	129723.604	62	2092.316 ^b		
sub	Hypothesis	50685.475	3	16895.158	8.075	.000
	Error	129723.604	62	2092.316 ^b		
rep	Hypothesis	332.082	2	166.041	.079	.924
	Error	129723.604	62	2092.316 ^b		
main * sub	Hypothesis	22189.743	3	7396.581	3.535	.020
	Error	129723.604	62	2092.316 ^b		

ตารางผนวกที่ 39 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์เทียบจากตะกอนดินที่สูญเสียในรูป
ปุ๋ยเคมีสูตร 0-46-0 แต่ละคู่ โดยใช้ Multiple Comparisons

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: cost 0-46-0

Tukey HSD

(I) sub	(J) sub	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-22.965	15.2473	.440	-63.219	17.290
	3	11.499	15.2473	.875	-28.756	51.753
	4	-57.983*	15.2473	.002	-98.238	-17.729
2	1	22.965	15.2473	.440	-17.290	63.219
	3	34.463	15.2473	.119	-5.791	74.718
	4	-35.019	15.2473	.110	-75.273	5.236
3	1	-11.499	15.2473	.875	-51.753	28.756
	2	-34.463	15.2473	.119	-74.718	5.791
	4	-69.482*	15.2473	.000	-109.736	-29.228
4	1	57.983*	15.2473	.002	17.729	98.238
	2	35.019	15.2473	.110	-5.236	75.273
	3	69.482*	15.2473	.000	29.228	109.736

Homogeneous Subsets cost 0-46-0

Tukey HSD^{a,b}

sub	N	Subset	
		1	2
3	18	132.550	
1	18	144.049	
2	18	167.014	167.014
4	18		202.032
Sig.		.119	.110

ตารางผนวกที่ 40 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของมูลค่าทางเศรษฐกิจที่เทียบจากตะกอนดินที่สูญเสียในรูปปุ๋ยเคมีสูตร 0-0-60 (cost 0-0-60)

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: cost0-0-60

Tukey HSD

(I) sub	(J) sub	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-12.694	23.4188	.948	-74.522	49.134
	3	-3.792	23.4188	.998	-65.620	58.036
	4	-73.528*	23.4188	.013	-135.356	-11.700
2	1	12.694	23.4188	.948	-49.134	74.522
	3	8.903	23.4188	.981	-52.925	70.731
	4	-60.833	23.4188	.055	-122.661	.995
3	1	3.792	23.4188	.998	-58.036	65.620
	2	-8.903	23.4188	.981	-70.731	52.925
	4	-69.736*	23.4188	.021	-131.564	-7.908
4	1	73.528*	23.4188	.013	11.700	135.356
	2	60.833	23.4188	.055	-.995	122.661
	3	69.736*	23.4188	.021	7.908	131.564

Homogeneous Subsets

Cost 0-0-60

Tukey HSD^{a,b}

sub	N	Subset	
		1	2
1	18	237.833	
3	18	241.625	
2	18	250.528	250.528
4	18		311.361
Sig.		.948	.055

ตารางผนวกที่ 41 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของมูลค่ารวมทางเศรษฐกิจที่เทียบจากตะกอนดินที่สูญเสียในรูปปุ๋ยเคมี (total_cost)

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: total_cost

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	39354453.107	1	39354453.107	9861.023	.000
	Error	7981.819	2	3990.910 ^a		
main	Hypothesis	5927960.031	1	5927960.031	155.418	.000
	Error	2364805.252	62	38142.020 ^b		
sub	Hypothesis	693720.932	3	231240.311	6.063	.001
	Error	2364805.252	62	38142.020 ^b		
rep	Hypothesis	7981.819	2	3990.910	.105	.901
	Error	2364805.252	62	38142.020 ^b		
main * sub	Hypothesis	188214.933	3	62738.311	1.645	.188
	Error	2364805.252	62	38142.020 ^b		

ตารางผนวกที่ 42 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย มูลค่ารวมทางเศรษฐศาสตร์เทียบจากตะกอนดินที่สูญเสียในรูป
ปุ๋ยเคมี (total_cost)แต่ละคู่ โดยใช้ Multiple Comparisons

Post Hoc Tests

Multiple Comparisons

Dependent Variable: total_cost

Tukey HSD

(I) sub	(J) sub	Mean Difference (I- J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
1	2	-51.312	65.0999	.860	-223.182	120.559
	3	-2.606	65.0999	1.000	-174.476	169.265
	4	-239.691*	65.0999	.003	-411.562	-67.821
2	1	51.312	65.0999	.860	-120.559	223.182
	3	48.706	65.0999	.877	-123.164	220.577
	4	-188.379*	65.0999	.026	-360.250	-16.509
3	1	2.606	65.0999	1.000	-169.265	174.476
	2	-48.706	65.0999	.877	-220.577	123.164
	4	-237.086*	65.0999	.003	-408.956	-65.215
4	1	239.691*	65.0999	.003	67.821	411.562
	2	188.379*	65.0999	.026	16.509	360.250
	3	237.086*	65.0999	.003	65.215	408.956

Homogeneous Subsets total_cost

Tukey HSD^{a,b}

sub	N	Subset	
		1	2
1	18	665.915	
3	18	668.520	
2	18	717.227	
4	18		905.606
Sig.		.860	1.000

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินในระบบการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบ
มีส่วนร่วมของเกษตรกรในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำมวบ ลุ่มน้ำสาขาน้ำยาว (2)

ลุ่มน้ำหลักแม่น้ำน่าน บ้านตอง ตำบลแม่จริม

อำเภอแม่จริม จังหวัดน่าน

Study of Physical Soil Properties under Participatory Soil and
water conservation System in Nam Muap and Nam Yao (2)
Sub-watershed, Mae Nam Nan Basin, Ban Thong, Ma Jarim
District, Nan Province.

โดย

นางสุนิย์รัตน์ โลหะโชติ

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 59 61 03 12 20501 019 102 01 11

กลุ่มวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กรกฎาคม 2561

