

ผลงานลำดับที่ 1

เรื่อง การศึกษาผลของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อการเจริญเติบโตและ
ผลผลิตของข้าวโพดบนพื้นที่สูง ในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำจันทอนบน
ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย

Study of the Effects of Soil and Water Conservation Measures
on the Growth Rate and Yield of Corn in Highland Areas of
Maejun Sub-watershed, Mae Salong Nok Subdistrict,
Mae Fah Luang District, Chiang Rai province.

โดย

นางสุนิย์รัตน์ โลหะโชติ

เอกสารประกอบการประเมินผลงานเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง

ผู้เชี่ยวชาญด้านวางระบบการพัฒนาที่ดิน

(นักวิชาการเกษตรเชี่ยวชาญ)

ตำแหน่งเลขที่ 915

สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

คำนำ

กรมพัฒนาที่ดินมีนโยบายให้ดำเนินการจัดทำเขตพัฒนาที่ดินในกรอบของพื้นที่ลุ่มน้ำตั้งแต่ปี พ.ศ. 2550 ซึ่งปัจจุบันได้ประกาศเป็นทำเนียบวงรอบเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำในพื้นที่ 77 จังหวัด รวมทั้งหมด 526 แห่ง โดยการสำรวจและวางแผนการใช้ที่ดิน ดำเนินการพัฒนาทรัพยากรดิน การอนุรักษ์ดินและน้ำและการปรับปรุงบำรุงดิน บูรณาการกิจกรรมต่างๆ ด้านการพัฒนาที่ดินลงในพื้นที่เขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำนั้น ๆ ตลอดจนการพัฒนาฐานข้อมูลดินและเทคโนโลยีด้านการพัฒนาที่ดินมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาที่ดินอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เห็นภาพรวมของการพัฒนาที่ดินในเชิงพื้นที่ อีกทั้งมีความสอดคล้องกับแนวทางตามพระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2551 ซึ่งเป็นกฎหมายที่ให้อำนาจกรมพัฒนาที่ดินเข้าไปดำเนินการพัฒนาที่ดินในพื้นที่ต่าง ๆ เป็นกลไกสำคัญในการป้องกันและแก้ไขปัญหาทรัพยากรที่ดิน การเสื่อมโทรมและพังทลายของดินให้เกิดผลอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สำหรับเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำน้ำแม่จันเขตที่ 1 ชร.4 (2556) พื้นที่ 140,422 ไร่ และเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำน้ำแม่จันเขตที่ 2 ชร.5 (2556) พื้นที่ 255,290 ไร่ อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่จัน (0203) ลุ่มน้ำหลักแม่น้ำโขง (02) ครอบคลุมอำเภอแม่จัน อำเภอแม่ฟ้าหลวงและอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย ลักษณะพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน ที่ลาดเชิงเขาและเนินเขาที่มีความลาดชันสูง ลักษณะดินง่ายต่อการถูกชะล้างพังทลาย เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม น้ำป่าไหลหลาก แต่เนื่องจากเกษตรกรได้ใช้พื้นที่ทำการเกษตรบนพื้นที่สูง จะมีผลทำให้พื้นที่เกิดการเสื่อมโทรมทั้งทางเคมีและกายภาพ รวมทั้งถ้าเกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดินสูงมาก ซึ่งพื้นที่ศึกษาจะอยู่ในเขตพัฒนาที่ดินเป็นตัวแทนของปัญหาที่จะต้องเร่งดำเนินการเป็นอันดับแรกในพื้นที่ตอนบนของลุ่มน้ำ โดยการศึกษาวิจัยด้านอนุรักษ์ดินและน้ำในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำ เน้นการพัฒนาเกษตรกรให้มีความรู้ เพื่อลดการก่อให้เกิดการชะล้างพังทลายของหน้าดิน ลดต้นทุนและให้เกษตรกรสามารถใช้ประโยชน์ในการพัฒนาพื้นที่ทางการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน จึงมีความจำเป็นต้องศึกษาเกี่ยวกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ การจัดการดินและเลือกชนิดพืชที่จะปลูกให้เหมาะสม การหาข้อมูลมาสนับสนุนแนวทางวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยใช้มาตรการทางพืชและทางกลร่วมกัน รวมทั้งศึกษาระยะห่างระหว่างคันดิน (V.I.) เพื่อขยายพื้นที่ปลูกข้าวโพด นอกจากนี้ควรมีการศึกษาสายพันธุ์หญ้าแฝกที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่สูง เพื่อช่วยกรองตะกอนดินลดการชะล้างการพังทลายของดินบนพื้นที่สูง งานวิจัยการศึกษาผลของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดบนพื้นที่สูง ในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำจันตอนบน ในพื้นที่หมู่บ้านตงจ่าใส หมู่ที่ 13 ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ผู้ดำเนินงานวิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลงานจะสามารถเป็นแนวทางเลือกให้กับเกษตรกรที่ทำการเกษตรในพื้นที่ลาดชัน มีมาตรการด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมกับพื้นที่ และนำไปสู่งานเชิงนโยบายให้หน่วยงานภาครัฐ ด้านการป้องกันการชะล้างพังทลายหน้าดิน เกษตรกรมีการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อให้มีการใช้ที่ดินอย่างเหมาะสมต่อไป

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	6
1. เรื่อง การศึกษาผลของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิต ของข้าวโพดบนพื้นที่สูง ในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำจันทอนบน ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย	6
2. ระยะเวลาการดำเนินการ	6
3. ความรู้ ความชำนาญงาน หรือความเชี่ยวชาญ และประสบการณ์ที่ใช้ใน การปฏิบัติงาน	6
4. สรุปสาระสำคัญ ขั้นตอนการดำเนินการ และเป้าหมายของงาน	48
4.1 บทคัดย่อ	48
4.2 Abstract	49
4.3 หลักการและเหตุผล	50
4.4 วัตถุประสงค์	55
4.5 ขอบเขตการศึกษา	55
4.6 ขั้นตอนการดำเนินการ	55
4.7 ผลการศึกษาและวิจารณ์	62
4.8 สรุปผลการศึกษา	150
4.9 เป้าหมายของงาน	152
5. ผลสำเร็จของงาน (เชิงปริมาณ/คุณภาพ)	152
5.1 เชิงปริมาณ	152
5.2 เชิงคุณภาพ	152
6. การนำไปใช้ประโยชน์/ผลกระทบ	153
7. ความยุ่งยากและซับซ้อนในการดำเนินการ	154
8. ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ	154
9. ข้อเสนอแนะ	154

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
10. การเผยแพร่ผลงาน	155
11. ผู้มีส่วนร่วมในผลงาน	156
เอกสารอ้างอิง	158
ภาคผนวก	171

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	การปฏิบัติงานที่ประสบผลสำเร็จ	1
2	ผลงานวิชาการด้านการวางระบบการพัฒนาที่ดิน	4
3	การจัดระดับความรุนแรงของค่าพีเอชของดิน (pH)	8
4	ระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืชของอินทรีย์วัตถุในดิน	10
5	ระดับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Available Phosphorus; avail. P)	11
6	ระดับปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Potassium; avail. K)	13
7	การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน	15
8	การจำแนกกลุ่มขนาดของอนุภาคดิน (soil separate)	18
9	จัดชั้นของการนำน้ำของดิน จากตาราง (O'Neal, 1952)	21
10	ปริมาณความต้องการปูนเพื่อปรับค่าพีเอช (pH) ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช	22
11	ปริมาณปูนที่แนะนำ ได้แก่ ปูนแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) บริสุทธิ์ 100 กิโลกรัม	23
12	การจัดชั้นความรุนแรงของการสูญเสียดินในประเทศไทย	41
13	ผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีก่อนปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2557	62
14	ค่าพีเอชของดิน (pH) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2558	65
15	ค่าพีเอชของดิน (pH) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2559	66
16	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2557	69
17	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2558	71
18	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2559	72
19	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2557	75
20	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2558	77
21	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2559	78
22	ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2557	82
23	ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2558	83
24	ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2559	84
25	ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density) หลังปลูกปี พ.ศ. 2557	89
26	ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density) หลังปลูกปี พ.ศ. 2558	89
27	ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density) หลังปลูกปี พ.ศ. 2559	90
28	ความสูงของข้าวโพดปี พ.ศ. 2557	95
29	ความสูงของข้าวโพดปี พ.ศ. 2558	97
30	ความสูงของข้าวโพดปี พ.ศ. 2559	98

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
31	ผลผลิตของข้าวโพดปี พ.ศ. 2557	103
32	ผลผลิตของข้าวโพดปี พ.ศ. 2558	105
33	ผลผลิตของข้าวโพดปี พ.ศ. 2559	108
34	ปริมาณการสูญเสียดินปี พ.ศ. 2557	111
35	ปริมาณการสูญเสียดินปี พ.ศ. 2558	112
36	ปริมาณการสูญเสียดินปี พ.ศ. 2559	113
37	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของตะกอนดินหลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2559	117
38	ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร หลังการทดลองปี พ.ศ. 2559	123
39	ปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2557-2559	126
40	สถิติภูมิอากาศ ณ สถานีตรวจวัดอากาศดอยแม่สลอง จังหวัดเชียงราย เฉลี่ย 3 ปี (ปี พ.ศ. 2557 2558 และ 2559)	128
41	การประเมินมูลค่าของต้นทุนและผลตอบแทนสำหรับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแต่ละวิธี	143
42	สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการในแต่ละกระบวนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	148

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการชะล้างพังทลายของดิน	36
2	รูปแบบการชะล้างพังทลายของดิน	37
3	แผนผังแปลงวิจัย	57
4	แผนผังบ่อดักตะกอนดินท้ายแปลงวิจัย	58
5	ค่าพีเอชของดินแปลงวิจัยข้าวโพด	68
6	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) หลังปลูกข้าวโพด	74
7	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ หลังปลูกข้าวโพด	79
8	ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ หลังปลูกข้าวโพด	85
9	ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density) หลังปลูกข้าวโพด	91
10	ความสูงของข้าวโพด	98
11	ผลผลิตของข้าวโพด	109
12	ปริมาณการสูญเสียดิน	114
13	สมุดุลน้ำเพื่อการเกษตร ดอยแม่สลอง จังหวัดเชียงราย (พ.ศ. 2557–2559)	127
14	ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นรวมของดิน ค่าปริมาณตะกอนดินและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปีที่ 1-3	137
15	ความสัมพันธ์ของปริมาณ ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปีที่ 1-3	139
16	ความสัมพันธ์ของผลผลิตข้าวโพด ปริมาณตะกอนดิน และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปีที่ 1-3	140
17	ความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนดิน มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสูญเสียธาตุอาหารหลักของพืชในดิน และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ปลูกข้าวโพด	141
18	แผนที่ขอบเขตลุ่มน้ำจัน	153
19	รับโล่รางวัลชมเชยผลงานวิชาการภาคบรรยายสาขาอนุรักษ์ดินและน้ำในการประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2561	156
20	นำเสนอผลงานวิจัยสาขาอนุรักษ์ดินและน้ำโครงการต้นแบบการพัฒนาที่ดินบนที่สูง	156

แบบการเสนอผลงาน

ระดับเชี่ยวชาญ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลบุคคล/ตำแหน่ง

ชื่อผู้ขอประเมิน นางสุนีย์รัตน์ โลหะโชติ

ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ

หน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่งปัจจุบัน ด้านการปฏิบัติงาน

1) ศึกษา วิจัย ทดสอบ การพัฒนาที่ดินเชิงบูรณาการ ที่มีความยุ่งยากซับซ้อนมากเป็นพิเศษ ต้องอาศัยความรู้ทางวิชาการ ความชำนาญงานและประสบการณ์สูงมากเป็นพิเศษ เพื่อให้ได้ผลงานวิจัยที่จะนำไปถ่ายทอดเทคโนโลยีใหม่ๆ ให้เกษตรกรให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ รวมทั้งจัดทำทะเบียนวิจัยและรวบรวมผลงานวิจัย 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	นำเสนอผลงานภาคบรรยายในการประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2561 “วิชาการพัฒนาที่ดินก้าวไกล ไทยยั่งยืน” วันที่ 21-23 สิงหาคม 2561 ณ โรงแรมแอมบาสเดอร์ ซิตี้ จอมเทียน อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี ได้รับรางวัลผลงานวิชาการภาคบรรยาย สาขานุรักษ์ดินและน้ำ

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 “ฟื้นฟูปฐพีด้วยเทคโนโลยีกรมพัฒนาที่ดิน” วันที่ 18-20 สิงหาคม 2562 ณ โรงแรมเดอะกรีนเนอรี่ รีสอร์ท เขาใหญ่ อำเภopakช่อง จังหวัดนครราชสีมา ได้รับรางวัลดีเด่น ผลงานวิชาการภาคบรรยายสาขาอนุรักษ์ดินและน้ำ
4	งานวิจัยการศึกษาการใช้ดินของลุ่มชุด ดินในระบบงานจัดระบบอนุรักษ์ดิน และน้ำในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน จังหวัดน่าน ปี พ.ศ. 2564 รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน	นำเสนอผลงานวิชาการภาคนิทรรศการ สาขาอนุรักษ์ดินและน้ำ ในการประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ.2566 ในวันที่ 4-6 กันยายน 2566 ณ ห้องประชุม เดอะกรีนเนอรี่ รีสอร์ท เขาใหญ่ อำเภopakช่อง จังหวัดนครราชสีมา และเผยแพร่ผลงานคลังความรู้ 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) อ.เวียงป่าเป้า จ.เชียงราย ปี พ.ศ. 2554 รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน	นำเสนอผลงานวิชาการภาคนิทรรศการ ในการประชุมดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 4 ปี พ.ศ.2558 ในวันที่ 2-4 กรกฎาคม 2558 ณ โรงแรมहरषा जेपी อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
8	การใช้ประโยชน์ชุดตรวจดินภาคสนามกรมพัฒนาที่ดินสำหรับให้คำแนะนำปุ๋ยสำหรับการปลูกข้าวในจังหวัดแพร่ และน่าน 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 ข้าพเจ้ามีผลงาน การตีพิมพ์ หรือรายงานด้านการวางระบบการพัฒนาที่ดิน 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	ในวันที่ 7-10 ธันวาคม 2565 สถานที่: โรงแรมแสนโฮเทล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย
2	การออกแบบจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่รับผิดชอบของสถานีพัฒนาที่ดินน่าน สถานีพัฒนาที่ดินแพร่ สถานีพัฒนาที่ดินพะเยา สถานีพัฒนาที่ดินเชียงราย สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน ดังนี้ - โครงการพัฒนาพื้นที่ตามโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ - โครงการพัฒนาที่ดินเพื่อป้องกันและบรรเทาภัยพิบัติทางการเกษตร - โครงการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำพื้นที่ลุ่มดอน - โครงการบริหารจัดการการผลิตสินค้าเกษตรตามแผนที่เกษตรเพื่อการบริหารจัดการเชิงรุก (Agri-Map) - โครงการส่งเสริมและพัฒนาอาชีพเพื่อแก้ไขปัญหาที่ดินทำกินของเกษตรกร (คทช.)	ปี พ.ศ. 2565 - ปัจจุบัน

ตารางที่ 2 ผลงานวิชาการด้านการวางระบบการพัฒนาที่ดิน (ต่อ)

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

3) การถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการพัฒนาที่ดิน เพื่อป้องกันแก้ไขปัญหาความเสื่อมโทรม และฟื้นฟูทรัพยากรดินอย่างยั่งยืน

4) ให้คำปรึกษาแนะนำทางวิชาการ เพื่อสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องในงานด้านวิชาการเกษตร

5) จัดทำทะเบียนวิจัย และรวบรวมผลงานวิจัย เพื่อให้การจัดการทะเบียนวิจัยของหน่วยงานดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ตำแหน่งที่จะแต่งตั้ง นักวิชาการเกษตรเชี่ยวชาญ

หน้าที่ความรับผิดชอบของตำแหน่งที่จะแต่งตั้ง

1) ศึกษาวิเคราะห์วิจัยด้านวางระบบการพัฒนาที่ดิน เกี่ยวกับการปรับปรุงบำรุงดิน การอนุรักษ์ดิน และน้ำ การสำรวจและจำแนกดินและการวางแผนการใช้ที่ดิน บูรณาการข้อมูลเพื่อพัฒนาหรือแก้ไขปัญหาทรัพยากรดินและที่ดิน รวมทั้งภาวะความเสี่ยงทางภาคการเกษตรและภัยพิบัติทางธรรมชาติในเขตพื้นที่รับผิดชอบ

2) ให้คำปรึกษาข้อเสนอแนะ หรือข้อคิดเห็น เพื่อวางระบบการพัฒนาที่ดินให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และเพื่อผลในการกำหนดยุทธศาสตร์นโยบายแผนงาน และโครงการของกรมพัฒนาที่ดิน

3) ถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการวางระบบการพัฒนาที่ดิน การแก้ไขปัญหาทรัพยากรดินและที่ดิน และวิชาการอื่นที่เกี่ยวข้องแก่นักวิชาการและผู้ปฏิบัติงานในสังกัดกรมพัฒนาที่ดิน เกษตรกร ประชาชน และบุคลากรของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในเขตพื้นที่รับผิดชอบ เพื่อที่สามารถนำไปปฏิบัติให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ

4) เป็นผู้แทนของสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต และกรมพัฒนาที่ดิน ในการเข้าร่วมประชุมผู้แทนหน่วยงานในระดับกระทรวงและระดับประเทศเพื่อชี้แจงให้ข้อมูลแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและข้อเสนอแนะทางวิชาการวางระบบการพัฒนาที่ดินแก่ที่ประชุม

ส่วนที่ 2 ผลงานที่เป็นผลการปฏิบัติงานหรือผลสำเร็จของงาน

1. เรื่อง การศึกษาผลของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดบนพื้นที่สูง

ในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำจันทอนบน ตำบลแม่สองนอก อำเภอมะปายหลวง จังหวัดเชียงราย

2. ระยะเวลาการดำเนินการ เริ่มต้นเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2557 สิ้นสุดเดือน กันยายน พ.ศ. 2559

3. ความรู้ ความชำนาญ หรือความเชี่ยวชาญและประสบการณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติงาน

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการศึกษา ผู้จัดทำได้มีการประยุกต์ใช้ความรู้ด้านปฐพีวิทยา ความรู้ด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีพืชและวิธีการ ความรู้ด้านแนวทางในการพัฒนาการบริหารและวางระบบการพัฒนาที่ดินในเขตพัฒนาที่ดิน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ความรู้ด้านปฐพีวิทยา

ดินเป็นทรัพยากรที่เป็นแหล่งผลิตปัจจัยที่สำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ ได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ที่อยู่อาศัยและยารักษาโรค ซึ่งดินจะเกี่ยวข้องอยู่ทั้งทางตรงและทางอ้อม นอกจากนี้ดินยังเป็นแหล่งของแร่ธาตุ เป็นแหล่งสนับสนุนอาหารให้พืช และยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของสัตว์ขนาดเล็กและเชื้อจุลินทรีย์ต่างๆ อีกด้วย โดยองค์ประกอบของดินและสิ่งมีชีวิตเหล่านี้รวมกันเป็นระบบนิเวศของดิน แต่เมื่อพิจารณาถึงส่วนประกอบของดินที่มีความเหมาะสมกับการเจริญของพืชมีอยู่ 4 ส่วน ได้แก่ อนินทรีย์วัตถุ หรือแร่ธาตุ (mineral) ประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ อินทรีย์วัตถุ (organic matter) ประมาณ

5 เปอร์เซ็นต์ น้ำหรือสารละลาย (water) ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ และอากาศหรือช่องว่าง (air) 25 เปอร์เซ็นต์ สำหรับความแตกต่างของสมบัติของดินในแต่ละพื้นที่ปัจจัยที่เกี่ยวข้องและมีความสำคัญอย่างมากได้แก่ กระบวนการสร้างดิน (soil formation) ซึ่งทำให้เกิดกลุ่มดินที่มีลักษณะและสมบัติที่แตกต่างกันออกไป กระบวนการดังกล่าวประกอบด้วย การเพิ่มเติม (addition) การสูญเสีย (removal) การโยกย้าย (transfer) และการเปลี่ยนแปลงสภาพ (transformation) นอกจากกระบวนการทั้ง 4 ประเภทจะมีผลต่อการเกิดดินแล้ว ยังมีปัจจัย ที่ควบคุมการสร้างตัวของดิน ได้แก่

- ภูมิอากาศ (climate) เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการควบคุมการผุพังของวัสดุต้นกำเนิดดิน ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสะสมอินทรีย์วัตถุ การผสมคลุกเคล้าของหน้าดิน การหมุนเวียนธาตุอาหาร รวมถึงลักษณะของพืชพรรณด้วย

- สิ่งมีชีวิต (organisms) เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดความแตกต่างของหน้าดิน เนื่องจากสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ จะเกี่ยวข้องกับการสะสมอินทรีย์วัตถุ การผสมคลุกเคล้าของหน้าดิน การหมุนเวียนธาตุอาหาร รวมถึงลักษณะของพืชพรรณด้วย

- วัตถุดิบกำเนิดดิน (parent material) กระบวนการทางธรณีจะทำให้เกิดวัตถุดิบกำเนิดดินที่มีความแตกต่างกัน และเมื่อเกิดกระบวนการสร้างดินก็จะทำให้ดินมีสมบัติและลักษณะที่แตกต่างกันตามองค์ประกอบของแร่ และวัตถุดิบกำเนิดดินเหล่านั้น

- สภาพภูมิประเทศ (topography) ลักษณะของพื้นผิวความสูงต่ำและความลาดเท เป็นลักษณะของสภาพพื้นที่ที่ทำให้อัตราการผุพัง การเคลื่อนย้าย การเปลี่ยนแปลงสภาพ และการสูญเสียมีความแตกต่างกัน โดยเฉพาะในพื้นที่ราบพื้นที่ลาดชัน อัตราการเกิดกระบวนการสร้างดินก็จะแตกต่างกัน

- เวลา (time) ระยะเวลาเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเกิดกระบวนการผุพังของวัสดุต้นกำเนิดดิน และยังมีผลต่อการพัฒนาชั้นดินด้วย ดังนั้นระยะเวลาที่ยาวนานมีผลให้มีการสร้างดินและพัฒนาชั้นดินยิ่งมากขึ้น ทำให้ชั้นดินแต่ละชั้นมีความหนามากขึ้น

3.1.1 ปฏิกริยาดิน (soil reaction) หมายถึง ความเป็นกรด (acidity) หรือความเป็นด่าง (alkalinity) ของดิน การที่ดินมีสภาพเป็นกรดหรือเป็นด่าง เป็นเพราะความเข้มข้นของ hydrogen ion (H^+) ในสารละลายดิน ถ้าในสารละลายดิน $[H^+] > [OH^-]$ ดินมีปฏิกริยาเป็นกรด ถ้า $[H^+] < [OH^-]$ ดินมีปฏิกริยาเป็นด่าง และถ้า $[H^+] = [OH^-]$ ดินมีปฏิกริยาเป็นกลาง นิยมวัดเป็นค่า ค่าพีเอช เรียกว่า มาตราค่าพีเอช (ค่าพีเอช Scales) บอกเป็นตัวเลข โดยการจัดระดับความรุนแรงของค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินหรือ ค่าพีเอชของดิน (pH) แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 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)

3.1.2 ปฏิกิริยาดิน (soil reaction) มีบทบาทที่สำคัญเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืช แบ่งได้ 4 แนวทาง คือ

1) แนวทางที่เกี่ยวข้องกับสารพิษต่างๆ เช่น

(1) ไฮโดรเจนไอออน (H^+) ที่มีอยู่ในดินจะไม่แสดงความเป็นพิษต่อพืชที่ปลูก ถ้าค่าพีเอชของดินมากกว่า 3.5

(2) ดินที่มีพีเอช ต่ำกว่า 5.0 อะลูมิเนียมที่มีอยู่ในดินจะละลายออกมา ทำให้ปริมาณอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable Al) เพิ่มขึ้น จะเกิดเป็นพิษต่อพืช ทำให้รากพืชไม่สามารถดูดธาตุอาหารพืชและน้ำได้ ทำให้พืชชะงักการเจริญเติบโตและอาจตายได้ ในประเทศไทยจะพบในบริเวณที่ลุ่มภาคกลาง ได้แก่ ชุดดินรังสิตกรดจัด และชุดดินองครักษ์ เป็นต้น และภาคใต้พบในดินอินทรี

(3) ปริมาณแมงกานีสในดิน จะละลายออกมามาก จนเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าค่าพีเอชของดินลดลง (ต่ำกว่า 5.0)

(4) ปริมาณเหล็ก จะละลายออกมามาก จนเป็นพิษต่อการเจริญเติบโตของพืช ถ้าค่าพีเอชของดินลดลงเช่นเดียวกับแมงกานีส และยังพบในสภาพน้ำขังหรือดินนํ้าขัง ดินขาดออกซิเจน จะส่งเสริมให้เหล็กละลายออกมามากจนเป็นพิษต่อพืช

2) แนวทางที่เกี่ยวข้องกับความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช

(1) ความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ อยู่ในช่วง ค่าพีเอชของดิน 6.0-7.0 และ 8.5 ขึ้นไป เพราะช่วง ค่าพีเอช ต่ำกว่า 6.0 ปริมาณของเหล็ก อะลูมิเนียม และจุลธาตุที่มีประจุบวก (Zn Mn Cu และ Co) จะละลายออกมาจากดินมากเกินไป ทำปฏิกิริยากับฟอสฟอรัสกลายเป็น

สารประกอบของเหล็กฟอสเฟต อะลูมิเนียมฟอสเฟต เป็นต้น ซึ่งสารประกอบเหล่านี้ละลายน้ำยาก หรือ ตกตะกอน ทำให้พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และช่วงค่าพีเอช 7.0-8.5 ปริมาณแคลเซียม และ แมกนีเซียมจะละลายออกมามาก ทำปฏิกิริยากับฟอสฟอรัส กลายเป็นสารประกอบของแคลเซียมฟอสเฟต และแมกนีเซียมฟอสเฟต ซึ่งละลายน้ำยากเช่นกัน แต่ถ้าค่าพีเอช มากกว่า 8.5 ฟอสฟอรัสจะทำปฏิกิริยากับ โพแทสเซียมและโซเดียม เป็นสารประกอบที่ละลายน้ำง่าย พืชก็สามารถนำฟอสฟอรัสไปใช้ประโยชน์ได้

(2) ดินที่มีค่าพีเอช ต่ำกว่า 5.5 ธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์ต่อพืช จะมีปริมาณ ค่อนข้างต่ำ เช่น แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม โมลิบดีนัม ฯลฯ

(3) ดินที่มีค่าพีเอช สูงกว่า 6.5 ธาตุอาหารพืชที่เป็นประโยชน์ต่อพืชบางชนิด จะมีปริมาณค่อนข้างต่ำ เช่น เหล็ก สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส

3) แนวทางที่เกี่ยวข้องในด้านจุลินทรีย์ดิน

จุลินทรีย์ดินมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช เกี่ยวข้องกับระดับ ค่าพีเอชของดิน คือ แบคทีเรีย *Azotobacter* ในขบวนการตรึงไนโตรเจน ไนตริฟิเคชัน (nitrification) ในช่วงค่าพีเอช สูงกว่า 5.5 เกี่ยวกับขบวนการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุด้วย และยังเกี่ยวข้องกับการเกิดโรคพืช เช่น เชื้อราที่เป็นต้นเหตุของ โรครากเน่า-โคนเน่า จะเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีค่าพีเอชเป็นกรด

4) แนวทางที่เกี่ยวข้องการเจริญเติบโตของพืช

โดยทั่วไปพืชสามารถเจริญเติบโตได้อย่างปกติเมื่อดินมีค่าพีเอช ที่เหมาะสม คือ 6.8-7.5 แต่พืชบางชนิดสามารถเจริญเติบโตได้กับสภาพดินที่เป็นกรดหรือเป็นด่าง

3.1.3 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Organic Matter, OM)

อินทรีย์วัตถุในดิน หมายถึง อินทรีย์สารทุกชนิดที่มีอยู่ในดิน ซึ่งได้จากซากพืช ซากสัตว์ สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในดิน สิ่งขับถ่ายของมนุษย์และสัตว์สลายตัวทับถมอยู่ในดินรวมถึงอินทรีย์สาร ที่รากพืชปลดปล่อยออกมา และที่จุลินทรีย์ดินสังเคราะห์ขึ้นมา อินทรีย์วัตถุในดินจึงประกอบด้วยอินทรีย์สาร หลายชนิด คือ พวกสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน สารประกอบอินทรีย์ฟอสฟอรัส สารประกอบอินทรีย์ กำมะถัน เป็นต้น เมื่ออินทรีย์วัตถุสลายตัวโดยจุลินทรีย์ถึงขั้นสุดท้ายจะได้ฮิวมัส (humus) ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ ประกอบเชิงซ้อน ที่ประกอบขึ้นจากสาร group ต่างๆ เช่น methyl, phenolic, quinone และ carboxylic groups ที่มีอยู่ในดิน ฮิวมัส แบ่งได้เป็นสองส่วน คือ humic acid และ fulvic acid (คณาจารย์ปฐพีวิทยา, 2548ก) ฮิวมัสไม่ใช่สารที่คงทนถาวร จุลินทรีย์ดินทำให้สลายตัวได้ เช่นเดียวกับอินทรีย์สารอื่นที่มีอยู่ในดิน แต่อัตราการสลายตัวของฮิวมัสจะช้ากว่าการสลายตัวของอินทรีย์สารที่เป็นต้นกำเนิดของฮิวมัส ฮิวมัสเป็น ของแข็งที่มีอนุภาคละเอียดมากมีบทบาทสำคัญคือ มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง สามารถ ดูดซับน้ำได้ดี และมีบทบาทสำคัญต่อการเกาะยึดกันเป็นเม็ดของอนุภาคดิน

อินทรีย์วัตถุในดินมีอิทธิพลต่อสมบัติของดินทั้งทางกายภาพ ทางเคมี และทางชีวภาพ เช่น มีผลต่อการเกิดสีของดิน ช่วยให้ดินทรายมีการจับตัวเป็นก้อน การอุ้มน้ำ การถ่ายเทอากาศ การดูดซับ ประจุบวก อินทรีย์วัตถุที่มีประจุลบจำนวนมาก และมีความสามารถในการดูดซับประจุบวกได้สูง จึงมีผล ทำให้ดินที่มีอินทรีย์วัตถุสูง มีความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของความเป็นกรดเป็นด่างได้ดี และเป็นแหล่ง

สำรองธาตุอาหารขนาดใหญ่ โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจนและ หลังจากถูกย่อยสลายโดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ จะปลดปล่อยธาตุอาหารเกือบทุกชนิดออกมาสะสมอยู่ในดิน ระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืชของอินทรีย์วัตถุในดิน แสดงดังตารางที่ 4 คาร์บอน (carbon) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของอินทรีย์วัตถุ ดังนั้นในการหาปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน จึงใช้วิธีวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน โดยใช้สารเคมีทำให้เกิด oxidation กับคาร์บอนในอินทรีย์วัตถุในดิน แล้วคำนวณปริมาณคาร์บอนในอินทรีย์วัตถุจากความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา เมื่อทราบปริมาณคาร์บอนแล้วสามารถนำมาคำนวณปริมาณอินทรีย์วัตถุได้โดยประมาณ โดยคูณกับ “Van Bemmelen factor” ซึ่งเท่ากับ 1.724 ยึดหลักที่ว่า อินทรีย์วัตถุ มีปริมาณคาร์บอน 58 เปอร์เซ็นต์ (Allison. L.E., 1965) การเพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุให้กับดิน ปฏิบัติได้ดังนี้

- 1) ปลูกพืชหมุนเวียน เป็นการจัดการระบบการปลูกพืช โดยปลูกพืชหลักและพืชปรับปรุงบำรุงดิน ในพื้นที่เพาะปลูก 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

ตารางที่ 4 ระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืชของอินทรีย์วัตถุในดิน

ระดับ (rating)	วิธีการของ Walkley and Black
	ฟิสัย (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)

3.1.4 ปริมาณฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์ (Available Phosphorus; avail. P)

ฟอสฟอรัส เป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการเป็นปริมาณมาก เป็นส่วนประกอบของกรดนิวคลีอิก และนิวคลีโอโปรตีน มีความสำคัญต่อการสร้างยีนส์ (genes) การแบ่งเซลล์และการสร้างเซลล์ในพืช และเป็น

ส่วนประกอบของฟอสโฟลิพิด (phospholipide) NADP และ ATP เป็นตัวถ่ายทอดพลังงานระหว่างสารต่อสารในระบบต่าง ๆ เช่น การสังเคราะห์แสง การหายใจ การเคลื่อนย้ายสาร ช่วยในการเจริญเติบโตของราก เป็นธาตุที่จำเป็นสำหรับการออกดอก ติดเมล็ด และการพัฒนาของเมล็ดและผล (วิจิตร, 2552)

ฟอสฟอรัสมีอยู่ในดินต่ำมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเพียง 0.06 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับไนโตรเจนที่มี 0.14 และโพแทสเซียม 0.83 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับไนโตรเจนที่มี 0.14 และโพแทสเซียม 0.83 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน อยู่ในรูปอนุโมลฟอสเฟต คือ H_2PO_4^- และ HPO_4^{2-} ซึ่งได้จากซึ่งอยู่ในสภาพสมดุลกัน เมื่อพืชดูดดึงฟอสเฟตในสารละลายดินไปใช้ จะทำให้ปริมาณในส่วนนี้ลดลง ฟอสเฟตในส่วนของ soil solid จะถูกปลดปล่อยออกมาเพื่อชดเชย ซึ่งอัตราการสลายตัวของฟอสเฟตออกมาอยู่สารละลายดินจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับชนิดสารประกอบฟอสเฟตในดิน เมื่อดินมี ค่าพีเอช อยู่ระหว่าง 6-7 จะมีฟอสเฟตในรูปที่พืชจะใช้ประโยชน์มากที่สุด แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณแร่ฟอสเฟตและอำนาจในการตรึงฟอสเฟตของดิน ถ้าดินมีอำนาจในการตรึงสูง ระดับไอออนฟอสเฟตในสารละลายดินมากที่สุด จะมีปริมาณฟอสเฟตที่พืชใช้ได้ต่ำ ในทางกลับกัน ถ้าดินมีอำนาจในการตรึงต่ำ ปริมาณฟอสเฟตที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจะมีอยู่มาก และที่ค่าพีเอชต่ำ ไอออนฟอสเฟตจะถูกตรึงโดย Fe^{+2} Al^{+3} และ hydrous oxide ของ เหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีส และจะค่อยๆลดปริมาณการตรึงลงเมื่อ ค่าพีเอช สูงขึ้นจาก 4 เป็น 7 และเมื่อ ค่าพีเอชของดิน สูงขึ้นจาก 6 เป็น 8 ไอออนฟอสเฟตจะถูกตรึงโดย Ca^{+2} Mg^{+2} และ CaCO_3 สำหรับระดับปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 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)

1) อาการขาดธาตุฟอสฟอรัส

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

โดยทั่วไปฟอสฟอรัสรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในดิน มีไม่ค้อยเพียงพอกับความต้องการของพืช และเมื่อใส่ปุ๋ยฟอสเฟตที่ละลายได้ดีลงไปในดิน จะถูกตรึงมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉลี่ยที่ดินแปลงหนึ่งจะสูญเสียฟอสฟอรัสโดยติดออกไปกับส่วนของพืชที่ปลูก ประมาณ 0.5-1.0 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อไร่ต่อปี หรือประมาณ 0.4 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่มีในดิน (ชั้นไทรพรวน) และถูกน้ำและลมพัดพาออกไปประมาณ 1-3 กิโลกรัม ฟอสฟอรัสต่อไร่ต่อปี หรือประมาณ 0.4-1.2 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดที่มีในดิน (ชั้นไทรพรวน) จำเป็นต้องมีการจัดการเกี่ยวกับสภาพแวดล้อมในการละลายได้ของฟอสเฟตในดิน และลดปริมาณการตรึงฟอสเฟตที่ใส่ลงไปในดิน โดยทำได้ดังนี้

- (1) ปรับค่าพีเอช ให้อยู่ระหว่าง 6 ถึง 7
- (2) ใส่ปุ๋ยฟอสเฟต โดยโรยเป็นแถวลึกในดินใกล้แถวของพืช หรือใกล้รากพืช
- (3) ลดพื้นที่ผิวสัมผัสของดินในการใส่ปุ๋ย เช่น ใช้ปุ๋ยชนิดเป็นเม็ด ถ้าเป็นปุ๋ยชนิดละลายยาก ควรใช้ชนิดละเอียดเพื่อให้ละลายได้เร็วขึ้น
- (4) เพิ่มปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ยพืชสดฟอสฟอรัสมากเกิน มีผลทางด้านเป็นพิษไม่มากนัก เพราะอนุมูลฟอสเฟตจะถูกตรึงและไม่เคลื่อนย้ายในดิน แต่อาจเกิดการขาด Zn หรือ Fe และจะเกิดการขาด Ca B Cu และ Mn ได้ และเกิดที่ใบแก่

3.1.5 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Potassium; avail. K)

โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่พืชต้องการปริมาณมาก มีองค์ประกอบสำคัญของเอนไซม์ ที่ช่วยในการสังเคราะห์แสง 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 แต่เนื่องจากมีปริมาณน้อยมากจึงไม่ค่อยนำมาใช้ในการประเมินปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมในดินในรูปต่างๆ จะสมดุลเสมอ กล่าวคือเมื่อรากพืชดูด Exchangeable K⁺ (readily available K) ไปใช้ประโยชน์อยู่เสมอจนมีระดับต่ำมาก โพแทสเซียมในดินที่ถูกตรึงไว้จะถูกปลดปล่อยออกมาอยู่ในรูป readily available ซึ่งการปลดปล่อยนี้จะเร็วหรือช้าขึ้นกับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดของ soil colloid และความชื้นของดิน เป็นต้น สำหรับระดับปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ระดับปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Available Potassium; avail. K)

ระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืช	วิเคราะห์โดยใช้น้ำยาสกัด $\text{NH}_4\text{OAc} 1N$
	ค่าพีเอช 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)

1) อาการขาดธาตุโพแทสเซียม

- (1) ลำต้นแฉะแกรน ใบลู่ลงสู่ดินมากเกินไป ทำให้พืชล้มง่าย
- (2) ขอบใบจะไหม้แห้ง และตัวใบจะมีสีเหลือง
- (3) ลำต้นอ่อนแอ
- (4) เปอร์เซ็นต์เมล็ดลีบสูงขึ้น
- (5) ช่วยให้พืชชะงักการเจริญเติบโต

โพแทสเซียมมากเกินไป K ในดินระดับสูง ทำให้เกิดความเสียหายทางอ้อม ทำให้ขาดธาตุอาหารธาตุอื่นๆ เช่น Mg Ca B Zn Mn และ NH_4^+

3.1.6 ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (soil fertility) หมายถึง ความสามารถของดินในการให้ธาตุอาหารที่จำเป็นเพื่อการเจริญเติบโตของพืช กล่าวคือเมื่อธาตุอาหารในดินที่อยู่ในรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มีปริมาณที่พอเหมาะและสมดุล จะช่วยให้พืชมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดี การรักษาความอุดมสมบูรณ์ของดินจึงถือเป็นสิ่งที่ควรคำนึงถึง โดยเฉพาะในพื้นที่ทำการเพาะปลูกทางการเกษตรเพื่อการค้า การใช้ประโยชน์ที่ดินจากอดีตจนถึงปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงมากมาย ทั้งเกิดจากธรรมชาติและกิจกรรมของมนุษย์ ส่งผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง เห็นได้จากการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินทั้งทางเคมี กายภาพ และชีวภาพ เช่น ปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลง ส่งผลให้ดินมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารพืชในดินลดลง ความสามารถในการอุ้มน้ำลดลง ความหนาแน่นรวมของดินสูงขึ้น ความพรุนของดินลดลง นอกจากนี้การปรับเปลี่ยนสภาพป่าเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรส่งผลต่อระบบการหมุนเวียนธาตุอาหารซึ่งสะสมอยู่ในรูปมวลชีวภาพของพืช และเมื่อมีการนำผลผลิตออกไปจากพื้นที่ ทำให้สูญเสียธาตุอาหารไปด้วยส่งผลให้ระบบสำรองธาตุอาหารพืชลดลง และในบางกรณีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินทำให้ดินมีการเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดจากการจัดการดินส่งผลให้ปฏิกิริยาของดินเป็นกรดเพิ่มมากขึ้น ทำให้เกิดผลกระทบต่อความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัส จะอยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ หรือบางพื้นที่มีการสูญเสียหน้าดินจากการชะล้างพังทลาย และการปลูกพืชติดต่อกันเป็น

ระยะเวลานาน โดยไม่มีการปรับปรุงบำรุงดิน ก็ล้วนแต่ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดิน มีการเปลี่ยนแปลงที่ลดลง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548ก)

เมื่อพิจารณาถึงความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่าในพื้นที่ทำการเกษตรกรรม เกือบทั้งหมดมีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินระดับปานกลาง ถึง ต่ำมาก จึงเป็นปัจจัยจำกัดต่อการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูกในพื้นที่นั้น และยังมีผลทำให้เกษตรกรต้องมีการเพิ่มปุ๋ยเคมี หรือปุ๋ยอินทรีย์เพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงบำรุงดิน โดยทั่วไประดับความอุดมสมบูรณ์ของดินจะประเมินจากปัจจัย 5 ประการ ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ปริมาณฟอสฟอรัส ปริมาณโพแทสเซียม ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และค่าความอิ่มตัวด้วยต่าง นอกจากระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่มีค่อนข้างต่ำในพื้นที่ทำการเกษตรแล้ว ยังพบว่าดินในบางแห่งมีปัญหาในด้านต่างๆ ได้แก่ ดินเปรี้ยว ดินเค็ม ดินทราย และอื่นๆ ซึ่งจะได้กล่าวโดยละเอียดต่อไป (พิทยากร, 2553)

คุณลักษณะความอุดมสมบูรณ์ของดินมีระดับ และรูปแบบที่แตกต่างกันของความแปรผันเชิงพื้นที่ และเวลาในพื้นที่การเกษตร ความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นสภาพความเหมาะสมของดิน ที่จะใช้ปลูกพืชชนิดหนึ่งชนิดใด ให้เจริญเติบโตและให้ผลผลิตได้ดี พืชต่างชนิดกัน อาจต้องการความอุดมสมบูรณ์ของดินต่างกัน ความอุดมสมบูรณ์ของดินถูกกำหนดจากเกณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่ ความสามารถที่จะปลดปล่อยธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชได้สูง สมบัติทางกายภาพต่าง ๆ ของดินเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช และการมีหรือไม่มีสารประกอบอินทรีย์และอนินทรีย์ที่จะเป็นพืชต่อพืช การปลูกพืชซ้ำในดินเดิมอย่างต่อเนื่อง โดยไม่มีการปรับปรุงบำรุงดิน จะทำให้ดินสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ไปอย่างรวดเร็ว ดินจะแข็ง ไม่ร่วนซุย ดูดซับน้ำและธาตุอาหารได้น้อยลง และที่สำคัญคือจะทำให้การใช้ปุ๋ยเคมี ไม่ได้รับผลดีเท่าที่ควร การใช้ปุ๋ยเคมีที่ได้ผล จะต้องใช้ควบคู่ไปกับการปรับปรุงบำรุงดิน หากใช้ปุ๋ยเคมีแต่เพียงอย่างเดียว โดยไม่มีการปรับปรุงบำรุงดินติดต่อกันเป็นเวลานาน จะทำให้ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ ทำให้ผลผลิตลดลง ต้องใช้ปุ๋ยเคมีมากขึ้น เป็นการเพิ่มต้นทุนการผลิตให้สูงขึ้น การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน เป็นการประเมินความสามารถที่ดินจะให้ธาตุอาหารแก่พืช ส่วนหนึ่งเป็นการประเมินสถานภาพหรือ คุณสมบัติที่ส่งผลหรือเกี่ยวข้อง ซึ่งการประเมินความสมบูรณ์ของดินว่ามีปริมาณธาตุอาหารพืชมากหรือน้อย สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่ การสังเกตลักษณะอาการที่พืชแสดงออก (symptom of plant) การวิเคราะห์พืช (plant analysis) การทดสอบทางชีวภาพ (biological test) และการวิเคราะห์ดิน (soil analysis) ซึ่งการนำผลวิเคราะห์ดิน ทุกอย่างมาใช้ในการคาดคะเนความอุดมสมบูรณ์ของดินนั้น เป็นไปได้ยาก จึงมักเลือกเฉพาะสมบัติทางเคมีที่สำคัญๆ เท่านั้น ได้แก่ ค่าพีเอช (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter: OM) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus: P) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium: K) ค่าความจุในการ แลกเปลี่ยนประจุบวก (cation exchange capacity: CEC) และปริมาณธาตุที่เป็นต่างที่ดิน ดูดยึดไว้ (base saturation: BS) สมบัติทางเคมี เป็นคุณสมบัติของดินซึ่งเป็นสิ่งที่เราไม่สามารถจะตรวจสอบได้ ด้วยความรู้สึก จากการเห็นด้วยตา และสัมผัสด้วยมือ แต่จะต้องอาศัยวิธีการวิเคราะห์ หรือกระบวนการทางเคมีเป็นเครื่องชี้บอก เช่น ค่าปฏิกิริยาดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และค่าการนำไฟฟ้าของดิน เป็นต้น (ลาวรรณ และคณะ, 2556; ประคัลภ์ และคณะ, 2557)

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน หมายถึง สมบัติของดินในการให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ในปริมาณและอัตราส่วนที่เหมาะสม ดินที่ให้ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ย่อมเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง ดังนั้น การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน จากผลการวิเคราะห์ดิน แสดงดังตารางที่ 7 และวิธีคิดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน จึงเลือกเฉพาะสมบัติทางเคมีที่สำคัญเท่านั้น ได้แก่ ค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity: CEC) ปริมาณธาตุที่เป็นด่างที่ดินดูดยึดไว้ (Base saturation: BS) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Organic matter: OM) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus: P) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available Potassium: K) การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ตารางที่ 7 การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ระดับความอุดมสมบูรณ์	OM %	BS %	CEC cmol kg ⁻¹	Avail.P mg/kg	Avail.K 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
ผลรวมคะแนน			ระดับความอุดมสมบูรณ์		
7 หรือน้อยกว่า 7			ต่ำ		
8-12			ปานกลาง		
13 หรือมากกว่า			สูง		

ที่มา: บรรเจิด (2523)

3.1.7 ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (Cation Exchange Capacity, CEC)

ความจุหรือความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน หมายถึง ความจุของสารคอลลอยด์ในดิน ที่สามารถดูดยึดธาตุที่มีประจุบวกไว้ได้มากที่สุด มีหน่วยเป็น เซนติโมลต่อกิโลกรัม (cmol kg⁻¹) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน เป็นสมบัติทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับชนิดและปริมาณของสารคอลลอยด์ในดิน และยังเกี่ยวข้องกับความอุดมสมบูรณ์ของดิน กล่าวคือ ถ้าดินมีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง หมายความว่า ดินนั้นมีแนวโน้มที่จะมีความอุดมสมบูรณ์สูง ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบกำเนิดดินมีธาตุอาหารพืชที่มีประจุบวกดูดยึดมาน้อยเพียงใด หรือหมายถึงว่า ดินนั้นเมื่อมีการใส่ปุ๋ยพืชจะตอบสนองต่อปุ๋ยสูง เนื่องจากดินสามารถดูดซับธาตุอาหารพืช ที่มีประจุบวกไว้ให้พืชได้ใช้ในระยะเวลา ยาวนาน และยังบอกให้ทราบถึงระดับความมากน้อย ในการสลายตัวของหินและแร่ที่เป็นวัตถุดิบกำเนิดดินด้วย โดยปกติ CEC ของดินทรายจะมีค่าอยู่ในช่วง 5-10 cmol kg⁻¹ ดินร่วนจะมีค่าอยู่ในช่วง 10-20 cmol kg⁻¹

ดินเหนียวจะมีค่าสูงกว่า 20 cmol kg⁻¹ขึ้นไป ค่าของความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดินชนิดหนึ่งๆ นั้นมักคงที่มีการเปลี่ยนแปลงบ้างแต่ต้องใช้เวลานาน ในการเปลี่ยนแปลงชนิดและปริมาณของสารคอลลอยด์

ค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่าง (base saturation percentage, %BS) ได้จากการคำนวณ โดยนำค่าประจุบวกที่เป็นด่างทั้งหมดที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน (total exchangeable bases; Exch. Ca⁺⁺ Mg⁺⁺ Na⁺, K⁺) หารด้วยค่าความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของดิน (cation exchange capacity; CEC) แล้วคูณด้วย 100

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

CEC (cmol kg⁻¹)

ค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วยประจุบวกที่เป็นด่าง จะบอกให้ทราบถึงสัดส่วนระหว่าง ประจุบวกที่มีสมบัติเป็นด่าง (basic cations หรือ base) กับประจุบวกที่มีสมบัติเป็นกรด (acid cations) ที่ดูดซับในดิน

3.1.8 เก็บตัวอย่างดินให้ถูกหลักเกณฑ์

ซูจิตรา (2553) ข้อมูลผลการวิเคราะห์ดิน เป็นข้อมูลพื้นฐานแสดงสถานะภาพของดิน ที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติของดิน ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ปริมาณทั้งหมดของธาตุอาหาร สมบัติของดินทั้งทางด้านแร่และจุลสัณฐานดิน ทางกายภาพของดิน และทางเคมีของดิน ซึ่งผลของการวิเคราะห์ดินจะมีความถูกต้องเชื่อมั่นได้เพียงใดขึ้นอยู่กับตัวอย่างดินที่เก็บมา ดังนั้นจึงควรเก็บตัวอย่างดินให้ถูกหลักเกณฑ์ เพื่อเป็นตัวแทนที่ดีของดินส่วนใหญ่ในพื้นที่นั้น ๆ ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้

การเก็บตัวอย่างดิน แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1) เก็บตัวอย่างดินที่เปลี่ยนสภาพ (disturbed soil sample) โดยเก็บดินหลาย ๆ จุดของแต่ละชั้นดิน นำมารวมกันใส่ลงในถุงเก็บตัวอย่าง เรียกว่า ดินรวมหรือดินถุง (composite samples) ตัวอย่างดินนี้นำวิเคราะห์

สมบัติทางแร่ ได้แก่ ชนิดและปริมาณแร่ในดิน ขนาด fine silt และ clay size

สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ เนื้อดิน ความหนาแน่นอนุภาคดิน และแรงดูดยึดน้ำของดิน

สมบัติทางเคมี ได้แก่ ปฏิกิริยาดิน และปริมาณธาตุอาหารพืชในดิน ฯลฯ

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

(1) สามารถเก็บได้ตลอดปี แต่ช่วงเวลาที่เหมาะสม คือ ปลายฤดูปลูกหรือหลังเก็บพืชผล เพื่อทราบสถานการณ์ของดิน เช่น ดินเป็นกรดเป็นด่างเพียงใด มีธาตุอาหารเหลือเท่าใด เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการแก้ไข ปรับปรุง บำรุงดิน และการให้ปุ๋ยแก่พืชในฤดูถัดไป

(2) ความชื้นในดิน ไม่ควรเก็บขณะดินเปียกมากหรือมีน้ำขังอยู่

(3) สถานที่เก็บตัวอย่าง จะต้องเป็นตัวแทนที่ดี ไม่อยู่ในบริเวณคอกสัตว์เก่า หรือมีปุ๋ยตกค้าง

(4) ขนาดของแปลง พื้นที่ประมาณ 10-20 ไร่ ควรเก็บประมาณ 10-20 จุด แล้วนำมา รวมกันเป็น 1 ตัวอย่าง แต่ไม่ควรเกิน 25 ไร่

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

(6) เก็บตามระดับความลึกของชนิดพืชที่ปลูก เช่น พืชล้มลุกเก็บที่ระดับความลึก 5-10 เซนติเมตร ข้าว ข้าวโพด ถั่วชนิดต่างๆ พืชผักต่างๆ เก็บที่ระดับความลึก 0-15 15-30 หรือ 0-30 เซนติเมตร พืชยืนต้น ควรเก็บเป็นช่วงๆ ตามความลึก 0-15 15-30 หรือ 0-30 30-60 60-100 เซนติเมตร เป็นต้น

(7) เก็บดินประมาณ 500 กรัมต่อตัวอย่าง พร้อมข้อมูลประวัติ ได้แก่ พิกัด ชนิดพืชที่ปลูก เคยใส่ปุ๋ย ปูน สิ่งปรับปรุงดินใดบ้าง ผลผลิตที่ได้รับเป็นอย่างไร และมีปัญหาอย่างไร

2) เก็บตัวอย่างดินสภาพธรรมชาติ (undisturbed soil sample) เป็นการเก็บตัวอย่างดินให้มีสภาพใกล้เคียงกับที่อยู่ในสภาพธรรมชาติมากที่สุด ถูกกระทบกระเทือนน้อยที่สุด และมีขนาดพอสมควร โดยใช้กล่องเก็บตัวอย่างดิน 2 แบบ คือ

(1) กระบอกทรงกลม (core) วิเคราะห์สมบัติของดินทางกายภาพ ได้แก่ ความหนาแน่น รวมของดิน ความชื้นในดิน การนำน้ำของดินในสภาพที่อิ่มตัว

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

3.1.9 ข้อมูลผลการวิเคราะห์สมบัติแร่ในดินและจุลสัณฐานดิน

1) ข้อมูลผลการวิเคราะห์แร่ในดิน ประกอบด้วย ผลการวิเคราะห์ชนิดและปริมาณแร่ ในขนาดอนุภาคดินเหนียวและทรายแป้ง โดยเครื่อง x-ray diffraction (XRD) ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ ที่กำหนดสมบัติทางเคมี และสมบัติทางกายภาพที่แตกต่างกันของดิน เช่น ความสามารถในการดูดซับธาตุ ประจุบวก สภาพการยึดและหดตัวของดิน ความสามารถในการกักเก็บความชื้น เป็นต้น

2) ข้อมูลผลการวิเคราะห์ทางจุลสัณฐานดิน ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (petrographic microscope) และกล้องสามมิติ (optical Stereomicroscope) ศึกษาลักษณะเชิงปริมาณ ซึ่งจะ ประกอบด้วยคำบรรยาย (description) ในสาระที่เกี่ยวข้องกับชนิดและลักษณะโครงสร้างของดิน ปริมาณ ช่องว่าง แร่องค์ประกอบในขนาดอนุภาคทราย ชนิดของหินวัตถุดิบกำเนิดดิน ระดับความมากน้อยของการ สลายตัวของอินทรีย์วัตถุ และกระบวนการต่างๆที่เกิดขึ้นจากพัฒนาการของดิน เช่น กระบวนการชะล้าง และกระบวนการสะสม การเกิดร่องรอยกิจกรรมของสัตว์ที่อาศัยอยู่ในดิน การเกิดรอยถูไถ (slickenside) เนื่องจากการยึดและหดตัวของดิน เป็นต้น

3.1.10 ข้อมูลผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน

สมบัติดินทางกายภาพ หมายถึง สมบัติดินที่สามารถตรวจสอบได้ด้วยตาหรือสัมผัสด้วยมือ เช่น เนื้อดิน โครงสร้างดิน ความโปร่งหรือแน่นทึบ สี และความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน เป็นต้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548ข) สมบัติทางกายภาพของดิน เป็นสมบัติที่สามารถสังเกต มองเห็นและสัมผัสได้ ได้แก่ เนื้อดิน โครงสร้างของดิน และสีของดิน รวมถึงสมบัติอื่นๆ เช่น ความหนาแน่นรวม ความพรุน และความสามารถในการอุ้มน้ำ เป็นต้น โดยทั่วไปจะวิเคราะห์เฉพาะเนื้อดินเท่านั้น เพื่อใช้ในการคาดคะเนความสามารถในการอุ้มน้ำและการถ่ายเทอากาศของดิน

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

- 1) ดินทราย (sand) มีอนุภาคอนินทรีย์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.02-2.00 มิลลิเมตร.ตามระบบสากล (ISSS) หรือ 0.05-2.00 มิลลิเมตร ตามระบบ USDA เป็นทรายละเอียดมากจนถึงทรายหยาบมาก
- 2) ดินทรายแป้งหรือซิลต์(silt) มีอนุภาคอนินทรีย์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.002-0.02 มิลลิเมตร ตามระบบสากล หรือ 0.002-0.05 มิลลิเมตร ตามระบบ USDA
- 3) ดินเหนียว (clay) มีขนาดอนุภาคดินเล็กกว่า 0.002 มิลลิเมตร

การจำแนกกลุ่มขนาดของอนุภาคดิน (soil separate) จะแบ่งกลุ่มขนาดของอนุภาค อนินทรีย์ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 2 มิลลิเมตร แสดงดังตารางที่ 8

ตารางที่ 8 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: Soil Survey Division Staff (1993)

เนื้อดินที่มีขนาดไม่เกิน 2 มิลลิเมตร ที่มีความผันแปรของสัดส่วนผสมของอนุภาคทั้ง 3 กลุ่มขนาด เมื่อตรวจสอบกับไดอะแกรมสามเหลี่ยมแรงประเภทเนื้อดิน (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 การดูดซับธาตุอาหาร ต่างๆ โดยทั่วไปกลุ่มขนาดดินร่วน เป็นกลุ่มเนื้อดินที่มีปัญหาในการจัดการดินน้อยกว่ากลุ่มขนาดดินทรายและกลุ่มขนาดดินเหนียว

ดินเนื้อหยาบ อนุภาคไม่เกาะเป็นกลุ่มก้อน จึงมีลักษณะร่วน ทำงานง่าย มีการระบายน้ำและถ่ายเทอากาศดี แต่ความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ และดูดซับธาตุอาหารได้น้อย การจัดการดินจึงต้องคำนึงถึงการให้น้ำและการใส่ปุ๋ย กำหนดอัตราและปริมาณต่อครั้งไม่มากเกินไป

ดินเนื้อละเอียด มีช่องขนาดเล็ก ทำให้อุ้มน้ำได้มาก การระบายน้ำเลว แต่มีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารได้มาก มีความอุดมสมบูรณ์สูง ดินเนื้อละเอียดสามารถรับการใส่ปุ๋ยได้ครั้งละมาก ๆ การจัดการดินต้องคำนึงถึง การให้น้ำ เพราะจะกระทบต่อการถ่ายเทอากาศของดิน

สีดิน (soil color)

สีของดินเป็นสมบัติทางกายภาพที่มองเห็นได้ง่าย ตามปกติอนุภาคแร่ในดินมักไม่มีสีหรือมีสีจาง (ยกเว้นแร่สีเข้มบางชนิด) ดังนั้นสีดินจึงมักผันแปรไปตามสภาพและองค์ประกอบอื่น ๆ ของดิน เช่น ปริมาณของอินทรีย์วัตถุ และออกไซด์ของเหล็กดังนี้

- 1) ดินที่มีฮิวมัส (humus) มากดินจะมีสีคล้ำ (ดำ) หรือน้ำตาลเข้ม
- 2) ดินแร่ที่ใช้ในการเพาะปลูก จะมีเหล็กอยู่ประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก มักไม่มีผลกระทบต่อสีของดิน ส่วนเหล็กที่เกิดจากการผุพังของแร่ดั้งเดิม มีผลกระทบต่อสีของดิน อยู่ในรูปออกไซด์และไฮดรอกไซด์ ดังนี้ เหล็กรูปเฟอร์รัสออกไซด์ (FeO) ดินจะมีสีเทา รูปเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ดินจะมีสีแดง รูปไฮดรอกไซด์ 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 น้ำหนักดินต่อหน่วยปริมาตรของดินมี 2 ประเภท คือ

- 1) ความหนาแน่นของอนุภาคดิน (particle density of soil) หมายถึง สัดส่วนระหว่างน้ำหนักของดินที่อบแห้งแล้ว ต่อปริมาตรของส่วนที่เป็นของแข็งของอนุภาคดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
- 2) ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density of soil) หมายถึง สัดส่วนระหว่างน้ำหนักของดินที่อบแห้งแล้ว ต่อปริมาตรรวมของดินทั้งหมด (ปริมาตรของอนุภาคดินและช่องว่างในดิน) กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

ความหนาแน่นรวมของดินบน ที่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ดินร่วนเหนียว และดินร่วนปนทรายแบ่งมีค่าอยู่ในช่วง 1.20-1.80 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ความหนาแน่นรวมของดินล่าง จะเพิ่มขึ้นตามความลึก เนื่องจากมีอินทรีย์วัตถุน้อยกว่าดินบน ค่าวิกฤตความหนาแน่นรวมของดินที่มีผลต่อการชอนไชของรากพืชนั้นมีผู้ให้ค่าโดยประมาณไว้ ดังนี้ ดินทรายและดินร่วน ค่าวิกฤตความหนาแน่นรวมของดินมากกว่า 1.6-1.8 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดินทรายแป้งมากกว่า 1.4-1.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดินเหนียว มากกว่าหรือเท่ากับ 1.3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าของความหนาแน่นรวมของดิน ใช้ในการคำนวณมวลของดินชั้นไทรพรวน และใช้คำนวณแปลงค่าปริมาณเชิงมวลเป็นปริมาณน้ำเชิงปริมาตร ซึ่งใช้ในการคิดปริมาณน้ำเพื่อการชลประทาน

ความชื้นของดินที่แรงดึงดูดบรรยากาศต่าง ๆ (soil water retention)

น้ำในดิน อาจแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ น้ำที่อยู่ใต้อำนาจการดูดยึดของอนุภาคดิน และน้ำที่ไม่ได้อยู่ใต้อำนาจการดูดยึดของอนุภาคดิน ในแง่ของความชื้นหรือน้ำในดินที่เป็นประโยชน์ต่อพืช จะพิจารณาเฉพาะส่วนที่เรียกว่าน้ำซึบ เนื่องจากน้ำซึบจะถูกดูดยึดไว้ภายนอก รวมถึงที่บรรจุอยู่ในช่องว่างที่มีขนาดเล็กมากๆ ของดิน แรงดูดยึดไม่สูง พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

การวิเคราะห์การดูดยึดน้ำของอนุภาคดินโดยทั่ว ๆ ไป จะใช้แรงดึงที่ 1/3 บรรยากาศ (33 kPa) เรียกว่า ชีดจำกัดบน (Upper limit) หรือระดับความชื้นที่ความจุสนาม (Field Capacity, FC) และที่แรงดึงที่ 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 ทำให้ทราบว่าปริมาณน้ำในดินขณะทำการเก็บตัวอย่างดินนั้นมีเพียงพอที่พืชนำไปใช้ประโยชน์หรือไม่ โดยปกติถือว่าปริมาณน้ำในดินควรอยู่ในช่วง 50-100 เปอร์เซ็นต์ ของความจุ ความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชของดินนั้นๆ ตลอดฤดูปลูก มีความสำคัญต่อการคำนวณหาปริมาณน้ำที่จะต้องทดแทนให้แก่ดิน หรือระบายออกจากดิน จัดชั้นของการนำน้ำของดิน แสดงดังตารางที่ 9

การนำน้ำของดินในสภาพที่อิ่มตัว (saturated hydraulic conductivity)

คือ ปริมาตรของน้ำที่เคลื่อนที่ต่อหน่วยเวลา เป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่หน้าตัดของการไหล และความต่างระดับของน้ำระหว่างจุดสองจุดที่เกิดการไหล และเป็นสัดส่วนกลับกับระยะทาง

ตารางที่ 9 จัดชั้นของการนำน้ำของดิน จากตาราง (O'Neal, 1952)

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)

ชนิดของปูนที่ใช้ในการปรับปรุงดินกรดสำหรับการเกษตร ต้องเป็นปูนที่มีแคลเซียม หรือแมกนีเซียม เป็นองค์ประกอบ ได้แก่ ปูนขาว หินปูนบด หินปูนเผา เปลือกหอยเผา ปูนโดโลไมท์ ปูนมาร์ลหรือดินมาร์ล เป็นต้น

ห้องปฏิบัติการกรมพัฒนาที่ดิน ได้ใช้วิธีของ Woodruff วิเคราะห์ความต้องการปูนมานาน จะบอกเป็นปริมาณปูนที่แนะนำของแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) บริสุทธิ์ ต่อหน่วยพื้นที่ดิน 1 ไร่ ชั้นดินลึก 15 เซนติเมตร สามารถคำนวณเป็นปูนชนิดอื่นที่หาได้ง่ายในท้องที่และราคาถูกทดแทนได้ และในทางปฏิบัติมีการใส่ปูนในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยพิจารณาจากปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ค่าพีเอชของดิน เนื้อดิน ชนิดของดิน เหนียว ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และชนิดของพืชที่ปลูก ก็ยังไม่สามารถยกระดับ ค่าพีเอช ถึงระดับที่ต้องการ เนื่องจากมีปัจจัยอื่นประกอบ เช่น ปูนที่ใส่ถูกน้ำชะล้างไปบ้าง ทำปฏิกิริยากับกรด ที่มาจากน้ำชลประทาน หรือน้ำฝน หรือถ้าใส่ในดินเปรี้ยวจัด (acid sulfate soil) ปูนจะต้องสะเทินกรดซัลฟิวริก ที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารไพไรท์ที่อยู่ในดิน ในการให้คำแนะนำสำหรับดินกรดซัลฟิวริกหรือกรดกำมะถัน จะแนะนำให้ใส่เต็มปริมาณ แต่นักวิชาการเกษตร เห็นว่าจากผลการวิเคราะห์ได้ค่าสูงเกินไป ก็แนะนำให้ใส่เพียงครึ่งเดียวเท่านั้น หรือถ้าเป็นดินกรดที่มีเนื้อดินเป็นดินทรายร่วนหรือดินร่วนทราย จะพิจารณาใส่น้อยลง เนื่องจากอาจจะเกิดสภาพเกินปูน (overliming) ซึ่งเป็นอันตรายต่อพืชที่ปลูกได้ เพราะเกิดการเปลี่ยนแปลง

ค่าพีเอชของดิน อย่างรวดเร็ว เนื่องจากดินทราย มีสมบัติในการต้านทานความเป็นกรดหรือด่างต่ำ (low buffer capacity) ทำให้เกิดปัญหาดังนี้

- 1) เกิดภาวะไม่สมดุลของธาตุอาหาร ทำให้ผลผลิตของพืชลดลง
- 2) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลง เนื่องจากฟอสฟอรัสหรือฟอสเฟตทำปฏิกิริยากับปูนได้สารประกอบแคลเซียมฟอสเฟต ซึ่งละลายน้ำได้ยาก
- 3) ปริมาณโบรอนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชลดลง เนื่องจากอนุภาคดินเหนียวดูดยึดโบรอนไว้ ทำให้พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้
- 4) ปริมาณสังกะสีที่ละลายน้ำเป็นประโยชน์ต่อพืชลดลง ปกติความสามารถในการละลายได้ของสังกะสี จะอยู่ที่ระดับค่าพีเอช 6.0-7.0
- 5) ความเป็นประโยชน์ของธาตุหลัก แมงกานีส ทองแดง จะลดลง เนื่องจาก ค่าพีเอช ของดินอยู่ที่ระดับไม่เหมาะสมต่อการละลายได้ของธาตุอาหารพืชเหล่านี้ สำหรับปริมาณความต้องการปูนเพื่อปรับค่าพีเอชของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช แสดงดังตารางที่ 10 และปริมาณปูนที่แนะนำ ได้แก่ ปูนแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) บริสุทธิ์ 100 กิโลกรัม เทียบเท่ากับปริมาณปูนทางการเกษตรอื่น ๆ แสดงดังตารางที่ 11

ตารางที่ 10 ปริมาณความต้องการปูนเพื่อปรับค่าพีเอช (pH) ให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

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

ที่มา: Brady (1974)

ตารางที่ 11 ปริมาณปูนที่แนะนำ ได้แก่ ปูนแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) บริสุทธิ์ 100 กิโลกรัมเทียบเท่ากับปริมาณปูนทางการเกษตรอื่นๆ

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

ที่มา: Brady (1974)

ผลิตภาพดินและความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ผลิตภาพดิน (soil productivity) หมายถึง ความสามารถของดินในการให้ผลผลิตพืช เมื่อปลูกพืชชนิดหนึ่งหรือพืชระบบหนึ่ง ภายใต้ปัจจัยการผลิตที่กำหนดให้ ผลิตภาพดินจึงวัดจากผลผลิตที่ได้ต่อหน่วยพื้นที่ต่อเวลา เช่น กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี

ดินผลิตภาพสูง (productive soil) หมายถึงดินที่มีสมบัติทางเคมี ฟิสิกส์และชีวภาพเหมาะสมและเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง เมื่อใช้ปลูกพืชภายใต้สภาพแวดล้อมที่ดี และมีการจัดการที่เหมาะสมกับพืชก็จะให้ผลผลิตสูง ดังนั้นดินผลิตภาพสูงจึงต้องเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงแต่ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงโดยสมบัติด้านอื่น ๆ ไม่เหมาะสมก็จะมีผลิตภาพต่ำ

ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (soil fertility) หมายถึง ความสามารถของดินในการสนองธาตุอาหารรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืช

ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูง (fertile soil) คือ ดินที่ให้ธาตุอาหารรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืช ครบทุกธาตุ แต่ละธาตุเพียงพอ และสมดุลกันตามความต้องการของพืช

ดินที่ใช้ในการเพาะปลูกโดยทั่วไปจะมีกระบวนการ 2 ด้านเกิดขึ้นควบคู่กันเสมอ ด้านหนึ่งเป็นกระบวนการที่ก่อให้เกิดความเสื่อมของดิน ซึ่งมีผลให้ผลิตภาพดินลดลง ส่วนด้านที่สองเป็นกระบวนการบำรุงและอนุรักษ์ดิน ช่วยรักษาผลิตภาพดินเอาไว้หรือทำให้ดีขึ้น ถ้ากระบวนการที่นำไปสู่ความเสื่อมของดินเกิดรุนแรงกว่า ย่อมทำให้ผลิตภาพดินลดลง แต่ถ้าการจัดการดินในระบบการปลูกพืชมีกิจกรรมด้านกระบวนการบำรุงและอนุรักษ์ดินอย่างสม่ำเสมอ ผลิตภาพดินที่เคยดีก็จะดีต่อไปหรือมีแนวโน้มที่จะดียิ่งขึ้น ผลิตภาพดินในช่วงเวลาหนึ่ง จึงเป็นผลเชิงสัมพัทธ์ของกระบวนการที่ลดดินให้เสื่อมลง กับการอนุรักษ์และจัดการดินเพื่อฟื้นฟูดินนั่นเอง ซึ่งหากกระบวนการที่ก่อให้เกิดความเสื่อมของดินมีความรุนแรงกว่าและเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องแล้วในที่สุดผลิตภาพดินจะต่ำลงจนไม่อาจใช้ปลูกพืชได้

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

กระบวนการบำรุงและอนุรักษ์ดิน ได้แก่ การจัดระบบการปลูกพืชหมุนเวียน ปรับระบบการปลูกพืชเหมาะสม การไถพรวนแบบอนุรักษ์ ไถพรวนตามแนวระดับ การทำชั้นบันได การจัดการซากพืช การอนุรักษ์ดินและน้ำ และการจัดระบบการจัดการน้ำ การใช้ปุ๋ยเคมี ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพ ฯลฯ

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

วัสดุปรับปรุงดิน (Soils amendment) หมายถึงวัสดุใด ๆ ที่ใส่ลงไปในดินโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงสมบัติดิน 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 แบ่งออกตามประเภทของการใช้งานได้ 3 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้

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

สารปรับสภาพทางกายภาพของดิน เพื่อปรับสภาพโครงสร้างของดินให้มีการเกาะตัว เพิ่มความเสถียรของก้อนดิน ทำให้ดินโปร่ง ร่วนซุย แก้ปัญหาความแน่นทึบของดิน ทำลายชั้นดาน อาทิเช่น อินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ยิปซัม ไลม์-ซัลเฟอร์ แอมโมเนียมล่อเร็กซ์ซัลเฟต สาหร่ายสกุลนอสตอค

3.2 แนวทางการพัฒนาวางระบบด้านอนุรักษ์ดินและน้ำ เป็นไปตามพระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2551 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551) องค์ความรู้ในการวางระบบการพัฒนาที่ดินในเขตพัฒนาที่ดิน เช่น การประเมินน้ำไหลบ่า การกร่อนของดิน (Soil erosion) การประเมินการสูญเสียดิน มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโครงสร้างมาตรฐานระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และแนวทางการวางระบบพัฒนาที่ดินภายใต้แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ นโยบายรัฐบาล นโยบายกระทรวงเกษตรและสหกรณ์

3.2.1 พระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2551

ในปี พ.ศ. 2551 ช่วงเวลานั้นได้เกิดปัญหาความเสื่อมโทรมของดินเพราะไม่มีการอนุรักษ์ดินและน้ำ ทำให้เกิดการกร่อนของดิน ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเศรษฐกิจและสังคม ในขณะที่พระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2526 ไม่มีบทบัญญัติให้หน่วยงานของรัฐสามารถเข้าไปดำเนินการป้องกันรักษาสภาพพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินถล่มและเกิดการกร่อนของดินอย่างรุนแรง และเพื่อให้การใช้ที่ดินเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและเกิดประโยชน์สูงสุด จึงได้ยกเลิกพระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2526 และประกาศใช้พระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2551 เมื่อวันที่ 27 มกราคม 2551 ซึ่งพระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2551 มีบทบัญญัติทั้งสิ้น 25 มาตรา แม้ว่าบทบัญญัติทั้งหมดในพระราชบัญญัตินี้มีพื้นฐานมาจากพระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2526 เช่น กำหนดให้มีคณะกรรมการพัฒนาที่ดิน และกำหนดให้กรมพัฒนาที่ดินเป็นหน่วยงานหลักในการจำแนกที่ดิน การพัฒนาที่ดิน และทำสำมะโนที่ดิน เป็นต้น แต่มีอยู่หลายเรื่องที่พระราชบัญญัตินี้ได้แก้ไขเพิ่มเติม ได้แก่ 1) ปรับปรุงบทนิยามความหมายให้ถูกต้องเหมาะสม 2) เพิ่มจำนวนคณะกรรมการพัฒนาที่ดินในส่วนของผู้ทรงคุณวุฒิ 3) กำหนดมาตรการป้องกันรักษาสภาพพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินถล่มและเกิดการกร่อนของดิน 4) กำหนดมาตรการเกี่ยวกับการสำรวจความอุดมสมบูรณ์ของดินตามธรรมชาติและความเหมาะสมแก่การใช้ประโยชน์ที่ดิน 5) กำหนดการอนุรักษ์ดินและน้ำ การปรับปรุงดินหรือที่ดิน การวิเคราะห์ตรวจสอบตัวอย่างดิน 6) กำหนดมาตรการห้ามกระทำการใดๆ 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 ทำให้เกิดการกร่อนของดิน ก่อให้เกิดความเสียหายต่อเศรษฐกิจและสังคม และไม่มีบทบัญญัติให้หน่วยงานรัฐเข้าไปดำเนินการป้องกันรักษาพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่มและชะล้างพังทลายของดิน

มาตรา 12 รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการมีอำนาจประกาศในราชกิจจานุเบกษา กำหนดบริเวณการใช้ที่ดินตามมาตรา 9 (2) และให้มีแผนที่แนบท้ายประกาศด้วย แผนที่ดังกล่าวให้ถือเป็นส่วนหนึ่งแห่งประกาศ

มาตรา 14 ในกรณีที่ปรากฏว่าพื้นที่ใดมีการใช้หรือทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารเคมีหรือวัตถุอันตรายอื่นใด ที่จะทำให้ที่ดินเกิดความเสื่อมโทรมต่อการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ให้รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการมีอำนาจประกาศในราชกิจจานุเบกษาควบคุมการใช้ที่ดินบริเวณนั้นและให้มีแผนที่แนบท้ายประกาศด้วย แผนที่ดังกล่าวให้ถือเป็นส่วนหนึ่งแห่งประกาศ

กรณีมีการปนเปื้อนเกิดขึ้น ให้ผู้กระทำการปนเปื้อนดำเนินการปรับปรุงที่ดินให้คืนสู่สภาพเดิมหรือชดเชยค่าเสียหายให้แก่รัฐหรือผู้ที่ได้รับความเสียหาย

มาตรา 13 ในกรณีที่ปรากฏว่าบริเวณพื้นที่ใดมีลักษณะเป็นพื้นที่ลาดชันเสี่ยงต่อการกร่อนของดินหรือเสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม อันเกิดจากการกระทำของผู้เข้าไปครอบครองทำประโยชน์ในบริเวณพื้นที่

ดังกล่าวไม่เหมาะสม หรืออาจเกิดขึ้นจากภัยธรรมชาติ หากปล่อยไว้ไม่ดำเนินการจะเกิดการกร่อนของดิน อย่างรุนแรงจนถึงขั้นเกิดดินถล่ม สร้างความสูญเสียแก่ชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน ให้รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการมีอำนาจประกาศในราชกิจจานุเบกษากำหนดให้พื้นที่นั้นเป็นเขตอนุรักษ์ดินและน้ำ และให้มีแผนที่แนบท้ายประกาศด้วย แผนที่ดังกล่าวให้ถือเป็นส่วนหนึ่งแห่งประกาศ

มาตรา 15 ในการออกประกาศตามมาตรา 12 มาตรา 13 และมาตรา 14 ให้กำหนดมาตรการ อย่างใดอย่างหนึ่ง ดังต่อไปนี้ ไว้ในประกาศด้วย

1) กำหนดมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ เพื่อลดการกร่อนของดิน และป้องกันการเกิดดินถล่ม โดยใช้มาตรการวิธีกล มาตรการวิธีพืช หรือมาตรการอื่นใดที่เหมาะสม

2) ห้ามกระทำใดๆ รวมถึงการทำให้เกิดการปนเปื้อนของสารพิษที่เป็นอันตรายต่อดินหรือทำให้ สภาพที่ดินเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรง

3) กำหนดมาตรการอื่นๆ ตามที่เห็นสมควรและเหมาะสมแก่สภาพพื้นที่นั้นในการกำหนดมาตรการ ตาม (1) (2) และ (3) ให้ดำเนินการจัดให้มีการรับฟังความเห็นของประชาชนที่อาจได้รับผลกระทบจากการ กำหนดมาตรการดังกล่าว

มาตรา 16 ให้กรมพัฒนาที่ดินมีหน้าที่สำรวจและวิเคราะห์ ตรวจสอบดิน หรือที่ดินเพื่อให้ทราบ ถึงความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติ เหมาะสมแก่การใช้ประโยชน์ที่ดินหรือภาวะเศรษฐกิจที่ดินหรือเพื่อ ประโยชน์ในการจำแนกประเภทที่ดิน การพัฒนาที่ดิน การกำหนดบริเวณการใช้ที่ดิน การกำหนดเขต การ อนุรักษ์ดินและน้ำ และการทำสำมะโนที่ดิน และมาตรา 20 ผู้ใดประสงค์จะให้กรมพัฒนาที่ดินวิเคราะห์ ตรวจสอบตัวอย่างดิน หรือปรับปรุงดิน หรือที่ดิน หรืออนุรักษ์ดินและน้ำ หรือบริการแผนที่ ข้อมูลทางแผนที่ เว้นแต่แผนที่หรือข้อมูลทางแผนที่ในพื้นที่ที่เกี่ยวข้องกับความมั่นคงของประเทศ เป็นการเฉพาะรายให้ยื่นคำขอ ต่อหน่วยงานพัฒนาที่ดินในท้องที่ซึ่งที่ดินตั้งอยู่ ฯลฯ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551)

3.2.2 การวางระบบการพัฒนาที่ดิน (Land development system designing)

ระบบ (System) มีความหมายตามพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2525) ได้ให้ ความหมายเอาไว้ว่า ระบบ คือ ระเบียบเกี่ยวกับการรวมสิ่งต่าง ๆ ซึ่งมีลักษณะซับซ้อนให้เข้าลำดับประสาน เป็นอันเดียวกันตามหลักเหตุผลทางวิชาการ หรือหมายถึงปรากฏการณ์ทางธรรมชาติซึ่งมีความสัมพันธ์ ประสานเข้ากัน โดยกำหนดรวมเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน

ระบบ คือ กระบวนการต่างๆ ที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกันและมีความสัมพันธ์กันระหว่าง กระบวนการเหล่านั้น และเชื่อมต่อกันเพื่อทำงานใดงานหนึ่งให้บรรลุถึงเป้าหมายที่วางไว้

ระบบ คือ กลุ่มขององค์ประกอบต่าง ๆ ที่ทำงานร่วมกัน เพื่อจุดประสงค์อันเดียวกันและ เพื่อให้เข้าใจในความหมายของคำว่าระบบ การที่จะต้องทำการวิเคราะห์ จึงต้องเข้าใจลักษณะของระบบก่อน

การพัฒนาที่ดิน (Land development) มีความหมายว่า การกระทำใด ๆ ต่อดินหรือที่ดิน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพของดินหรือที่ดิน หรือเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้สูงขึ้น และหมายความรวมถึง การปรับปรุงดินหรือที่ดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติหรือขาดความ

อุดมสมบูรณ์ เพราะการใช้ประโยชน์และการอนุรักษ์ดินและน้ำ เพื่อรักษาคุณธรรมชาติ หรือเพื่อความเหมาะสมในการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร ดังนั้น พอแบ่งหลักการพัฒนาที่ดินออกได้เป็น 2 อย่างดังนี้ 1) ส่งเสริมให้มีการนำที่ดินที่ยังไม่เคยใช้ประโยชน์ให้มาอยู่ในรูปที่ใช้ประโยชน์ในกิจกรรมต่างๆ เช่น ด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม พาณิชยกรรม และที่อยู่อาศัย เป็นต้น 2) ส่งเสริมให้ที่ดินที่ใช้ประโยชน์อยู่แล้วให้ได้รับประโยชน์หรือผลตอบแทนอย่างเต็มที่ โดยวิธีปรับปรุงบำรุงดินด้วยวิธีการต่าง ๆ

การวางระบบการพัฒนาที่ดินเป็นรูปแบบของการจัดการทรัพยากรที่ดิน โดยการบูรณาการของการจัดการระบบต่าง ๆ ของการพัฒนาที่ดินทั้งทางด้านทรัพยากรธรรมชาติตลอดจนทางด้านเศรษฐกิจและสังคม โดยมีเป้าหมายให้ประชาชน หรือเกษตรกรมีความเป็นอยู่ที่ดีมีรายได้จากผลผลิตทางการเกษตรและในขณะเดียวกันไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม ซึ่งมีความเกี่ยวพันกันอาทิเช่นดิน ภูมิอากาศ อุทกวิทยา ภูมิประเทศ พืชพรรณ รวมทั้งมนุษย์และสัตว์ซึ่งอาศัยอยู่บนพื้นดิน เป็นต้น การวางระบบการพัฒนาที่ดิน (Land development system designing) จึงหมายถึง การศึกษาและวิเคราะห์ระบบงานพัฒนาที่ดินเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและคุณภาพของดินหรือที่ดิน เพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรให้สูงขึ้น รวมถึงการปรับปรุงดินหรือที่ดินที่ขาดความอุดมสมบูรณ์ทั้งนี้อาจจะเป็นเครือข่ายการทำงานร่วมกันขององค์กรต่าง ๆ หรือลักษณะงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องและมีความสัมพันธ์กัน เพื่อรักษาสมดุลธรรมชาติและเพื่อความเหมาะสมในการใช้ที่ดินเพื่อการเกษตรแบบยั่งยืนต่อไป (สถาพร, 2556)

การรวบรวมองค์ความรู้และองค์ประกอบที่สำคัญของการจัดการงานพัฒนาที่ดิน ภายใต้ระบบการพัฒนาที่ดินที่สำคัญ ๆ เช่น เขตพัฒนาที่ดิน ระบบข้อมูลดิน การสำรวจจำแนกดินและที่ดิน ระบบการจำแนกความเหมาะสมของดิน ระบบแผนที่ดิน การวางแผนการใช้ที่ดิน ระบบลุ่มน้ำและการระบายน้ำ ระบบชลประทาน ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ระบบการปลูกพืช ปัญหาและการจัดการดินและพืชเพื่อการเกษตร ระบบการมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาที่ดินและมาตรการการใช้กฎหมาย เป็นต้น แนวทางการพัฒนาที่ดินที่ถูกหลักวิชาการโดยการวางระบบการพัฒนาที่ดินที่เหมาะสม มีการบูรณาการกันอย่างจริงจังขององค์ความรู้ในสาขาต่าง ๆ ตลอดจนหน่วยงานและประชาชนที่เกี่ยวข้องในพื้นที่พัฒนา ภายใต้ระบบพื้นที่ลุ่มน้ำ จะทำให้สามารถใช้ทรัพยากรที่ดินได้อย่างยั่งยืนและเกิดการสมดุลระหว่างการพัฒนากับการอนุรักษ์ทรัพยากรดินและที่ดิน

เขตพัฒนาที่ดิน คือ พื้นที่ลุ่มน้ำย่อยที่ได้รับการคัดเลือกให้เป็นพื้นที่ดำเนินการพัฒนา โดยการบูรณาการกิจกรรมที่เกี่ยวข้องของการพัฒนาที่ดิน ได้แก่การจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำทั้งวิธีกลและวิธีพืช เพื่อป้องกันการกร่อนของดิน การปรับปรุงบำรุงดินที่มีปัญหา รวมทั้งการฟื้นฟูดินเสื่อมโทรม ดินขาดอินทรีย์วัตถุ และการวางแผนการพัฒนาที่ดิน ให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้องตามหลักวิชาการและมีความยั่งยืน

วัตถุประสงค์ คือ 1) เพื่อสาธิตและถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการพัฒนาที่ดิน ให้เกษตรกรและประชาชนทั่วไปให้เห็นประโยชน์ของการพัฒนาที่ดินเพื่อเกษตรกรรมอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

2) เพื่ออนุรักษ์ทรัพยากรดินให้เกษตรกรมีการใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืนมีรูปแบบการใช้ที่ดินที่เหมาะสมตามศักยภาพของที่ดิน มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำทั้งวิธีกลและวิธีพืช และ 3) เพื่อกำหนดแนวทางการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยคำนึงถึงการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม 4) เพื่อรณรงค์สร้างเครือข่ายเกษตรกร กลุ่มเกษตรกรและ ชุมชน ในการปรับเปลี่ยนทัศนคติ ในการใช้พื้นที่อย่างถูกต้อง และเกิดประโยชน์สูงสุด

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

ลักษณะงาน (แบบมาตรฐานของงบประมาณแผ่นดิน) 1) จัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำตามรูปแบบต่างๆ (วิธีกลและวิธีพืช) 2) ค้นดินแบบที่ 1-6 3) ทางลำเลียงในไร่นา 4) ปรับรูปแปลงนาลักษณะที่ 1-3 5) บ่อดักตะกอนดิน 6) ทางระบายน้ำหรือคูระบายน้ำ 7) ชั้นบันไดดิน (นาขั้นบันได) 8) ฝายน้ำล้น (Check Dam) 9) อาคารชะลอน้ำ (Drop Structure) 10) ท่อระบายน้ำล้น/ท่อลอดใต้ถนนและ 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 ปัญหาการ

บุกรุกป่าไม้ลดลง ปัญหาการกร่อนของดินลดลง ปัญหาหมอกควันลดลง 4) ปัญหาด้านคุณภาพชีวิต เกษตรกรมีคุณภาพชีวิตดีขึ้น มีรายได้เพิ่มขึ้น เกษตรกรมีความสะดวกในการเดินทางและการขนส่งผลผลิตมากขึ้น

3.2.3 การวิเคราะห์ลุ่มน้ำและการจำแนกลำดับพื้นที่ลุ่มน้ำ

ลุ่มน้ำ (watershed) หมายถึง พื้นที่บนผิวโลกที่รับน้ำฝนที่ตกลงมาแล้วไหลลงมารวมกันในแม่น้ำ ลำธาร หรือแอ่งรับน้ำในพื้นที่แล้วรวมกันไหลออกมาที่จุดใดจุดหนึ่งของลำธารที่กำหนดขึ้น เพื่อเป็นจุดตรวจวัด โดยมีแนวขอบเขตพื้นที่จากเส้นสันปันน้ำ (กรมทรัพยากรน้ำ, 2551) อีกนัยหนึ่งหมายถึง พื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งที่เน้นเกี่ยวกับการจัดการน้ำ มีขนาดไม่แน่นอนแล้วแต่วัตถุประสงค์และความต้องการในการจัดการ (นิวัติ, 2547) หรือหมายถึงพื้นที่หน่วยหนึ่งซึ่งครอบคลุมลำน้ำธรรมชาติเพื่อทำหน้าที่รวบรวมน้ำให้ไหลลงสู่แม่น้ำหนึ่ง พื้นที่ลุ่มน้ำแต่ละแห่งจะมีขนาดไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิศาสตร์และวัตถุประสงค์ในการจัดแบ่งพื้นที่เพื่อการบริหารจัดการ (เกษม, 2551) และหมายถึงหน่วยพื้นที่ ซึ่งทางกายภาพมีรูปร่างปิด มีขอบโดยรอบ ระบบทางน้ำโดยธรรมชาติจะไหลจากขอบเข้าสู่ตอนกลางซึ่งมีลำน้ำหลักรองรับ มีทิศทางการไหลออกสู่พื้นที่รับน้ำที่มีขนาดใหญ่ เช่น มหาสมุทร ทะเล ทะเลสาบ หรือแม่น้ำสายหลัก เป็นต้น โดยขนาดของลุ่มน้ำจะขึ้นกับความต้องการแต่ละบุคคลและประเภทการศึกษา ซึ่งภายในลำน้ำหนึ่ง ๆ จะประกอบด้วยลุ่มน้ำสาขามากกว่าหนึ่งเสมอ เพราะลุ่มน้ำเป็นระบบหรือระบบสิ่งแวดล้อม (คำธณ, 2552)

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

การจำแนกลำดับพื้นที่ลุ่มน้ำ เป็นการวิเคราะห์พื้นที่ลุ่มน้ำโดยพิจารณารูปร่างตัดตามความยาวของลำน้ำหลัก จากสันปันน้ำที่เป็นต้นกำเนิดของลำน้ำหลัก (head water) จนถึงปากน้ำ (outlet) ส่วนของปากแม่น้ำนี้ถ้าไหลลงสู่ทะเลจะเรียก river mouth หรือ estuary จากภาพตัดขวางตามยาวของพื้นที่ลุ่มน้ำนี้จะทราบความลาดชัน (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 ในลุ่มน้ำที่สมบูรณ์อาจพบ ลำธารอันดับ 3 ในบริเวณพื้นที่ต้นน้ำด้วย ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ ประกอบด้วย ชั้น 1 ชั้น 2 และชั้น 3 เป็นส่วน ใหญ่ สภาพพื้นที่ที่มีความชัน ลำน้ำหลักจะแคบ บางช่วงอาจพบแก่ง หรือการเปลี่ยนระดับของลำธาร รูปหน้า ตัดของลำธารเป็น V-shape ปรากฏการณ์การเกิดน้ำท่วมจะเป็นน้ำป่าไหลหลาก (quick flash flood) น้ำโจน (hydraulic jump) และเป็นพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม (land slide) มากที่สุด ถ้าเกิดฝนตกหนัก ติดต่อกันปรากฏการณ์น้ำท่วมดินถล่มจะรุนแรงและรุนแรงมากเป็นภัยพิบัติ

พื้นที่กลางน้ำ เป็นพื้นที่อยู่ต่ำกว่าพื้นที่ต้นน้ำ มีความลาดชันน้อยกว่าพื้นที่ต้นน้ำอย่างชัดเจน ส่งผลถึงการไหลของน้ำในลำน้ำหลักจะช้าลง ขณะที่ลำน้ำจะกว้างขึ้น อันดับของลำธาร (Strahler) จะเป็น อันดับที่ 2 อันดับ 3 และพบที่เป็นอันดับ 1 บ้าง ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำเป็นชั้น 3 และชั้น 4 แม่น้ำจะกว้างขึ้นรูป หน้าตัดของแม่น้ำจะเปลี่ยนจาก V-shape เป็น U-shape สภาพพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลอนชัน และพื้นที่ ลอนลาด 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 ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำเป็น ชั้น 4 และชั้น 5 สภาพพื้นที่ของพื้นที่ปลายน้ำค่อนข้างราบเรียบ แม่น้ำจะ กว้าง และคดเคี้ยว มีร่องรอยทางน้ำเก่า รูปหน้าของแม่น้ำจะเป็น U-shape

การจำแนกลำดับพื้นที่ลุ่มน้ำมีความสำคัญมาก ต้องศึกษาปริมาณน้ำฝน การแพร่กระจาย ของฝน ระบบทางน้ำธรรมชาติ อันดับของลำธาร ปรากฏการณ์น้ำท่วมดินถล่มในอดีต ปรากฏการณ์ธรรมชาติ ที่มีความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นและมีความรุนแรงต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน เช่น ไฟป่า ลมพายุ พายุ ลูกเห็บ เป็นต้น ต้องศึกษาถึงปัญหา สาเหตุ และแนวทางแก้ไข และป้องกัน (คำรณ, 2552)

แบบรูปทางน้ำ (drainage pattern) หมายถึง รูปร่างหรือการจัดรูปแบบทางน้ำตามธรรมชาติใน บริเวณใดๆ ก็ตามที่ปรากฏเมื่อมองในแนวดิ่ง ทางน้ำนี้จะแสดงถึงทิศทางการไหลของน้ำทั้งส่วนที่มีน้ำไหล ตลอดเวลาและส่วนที่มีน้ำไหลเป็นครั้งคราวที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ แบบรูปทางน้ำจะมีความสัมพันธ์กับ ลักษณะโครงสร้างทางธรณีวิทยา ธรณีสัณฐาน ประวัติของบริเวณนั้นๆ และชนิดของหินรองรับพื้นที่นั้น เป็นต้น ดังนั้นถ้าเราทราบว่าแบบรูปทางน้ำในแต่ละบริเวณเป็นแบบใด เราอาจจะคาดคะเนเกี่ยวกับชนิดและโครงสร้างของ หินในบริเวณนั้นๆ ได้ แบบรูปทางน้ำที่สำคัญมีดังนี้

แบบรูปทางน้ำกิ่งไม้ (dendritic drainage pattern) ประกอบด้วยทางน้ำที่มีสาขาหลายสาย ไหลมาลงทางน้ำสายใหญ่ ทำให้มีรูปลักษณะคล้ายกิ่งก้านสาขาของต้นไม้ มุมที่ทางน้ำแต่ละสาขามารวมกัน มีค่าน้อยกว่า 90 องศา ทิศทางการไหลของน้ำไม่เป็นระเบียบ แบบรูปทางน้ำนี้พบเสมอในบริเวณที่มีความ ลาดชันเล็กน้อย มักเกิดในบริเวณที่หินรองรับมีความทนทานต่อการกร่อนใกล้เคียงกัน เช่น หินตะกอนที่ วางตัวในแนวระดับ ที่ราบตะกอนลมหอบ (loess deposits) หินอัคนีที่มีเนื้อสม่ำเสมอ เป็นต้น และไม่ขึ้นกับ อิทธิพลของโครงสร้างทางธรณีวิทยา

แบบรูปทางน้ำขนาน (parallel drainage pattern) รูปแบบการระบายน้ำแบบนี้ลำน้ำสายใหญ่และสายเล็ก ๆ 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)

3.2.4 การชะล้างพังทลายของดิน

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

การชะล้างพังทลาย หมายถึง กระบวนการแตกกระจาย (detachment) และการพัดพาไป (transportation) ของดินโดยตัวการกัดกร่อน (erosion agents) ได้แก่การชะล้างพังทลายโดยน้ำ (water erosion) ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญอย่างมากในประเทศไทย และการพังทลายโดยลม (wind erosion) การชะล้างพังทลายแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือการชะล้างพังทลายโดยธรรมชาติ (geologic or natural or normal erosion) และการชะล้างพังทลายโดยมีตัวเร่ง (accelerated or man-made erosion) การกร่อนของดินในพื้นที่เกษตรกรรมเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งจากสภาพตามธรรมชาติ และจากกิจกรรมของมนุษย์ที่จะเป็นปัจจัยเร่งให้เกิดการกร่อนของดินรุนแรงขึ้น โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีความลาดเทและขาดการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่เกษตรกรรม การกร่อนของดินสามารถแบ่งได้ 3 แบบ คือ แบบกระเด็น (splash erosion) แบบแผ่น (sheet หรือ inter-rill erosion) และแบบริ้ว (rill erosion) ซึ่งในพื้นที่กว้าง ๆ ที่มีน้ำมารวมกันมาก การพังทลายแบบริ้วอาจขยายตัวออกเป็นร่องลึก (gully erosion) สำหรับการพังทลายแบบ

กระเด็นจะทำให้เม็ดดินหลุดออกจากพื้นดินและกระเด็นไปอยู่ห่างออกไปจากที่เดิม พร้อมทั้งจะทำให้การเกิดการพังทลายแบบแผ่น ตะกอนดินและน้ำจะถูกพัดพาาลงสู่ที่ต่ำ ในกรณีที่น้ำไหลมารวมกันมากตรงจุดที่เป็นที่ตั้ง น้ำจะมีปริมาณมากและมีพลังงานมากพอที่จะกัดเซาะดินให้เกิดร่องน้ำตื้นที่มีขนาด 5-15 เซนติเมตร ดินในร่องน้ำนั้นจะถูกพัดพาาลงสู่ที่ต่ำเช่นเดียวกัน

น้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการกร่อนของดินชนิดต่างๆ ได้แก่การชะล้างพังทลายที่เกิดจากการกระเด็นของเม็ดฝน การชะล้างพังทลายแบบร่องน้ำขนาดเล็ก การกร่อนของดินแบบร่องลึก การกร่อนของดินที่เคลื่อนที่ในลักษณะเป็นแผ่น การเกิดดินถล่ม การชะล้างพังทลายตามริมฝั่งและท้องน้ำของแม่น้ำ ลำธาร การชะล้างพังทลายตามชายฝั่งทะเล ซึ่งการกร่อนของดินโดยเฉพาะผลกระทบอันเนื่องจากการกระทำของมนุษย์ที่มีการใช้ที่ดินไม่เหมาะสม เช่น การบุกรุกทำลายป่า การก่อสร้าง การตัดถนน และเส้นทางคมนาคม การไถพรวนขึ้นลงตามความลาดเท ส่งผลให้ดินถูกชะล้างอย่างรุนแรง ซึ่งมีผลกระทบต่อระบบนิเวศ ชีวิตความเป็นอยู่ของประชาชน และผลกระทบต่อเศรษฐกิจของประเทศ นอกจากนี้การใช้ที่ดินโดยไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ จะช่วยส่งเสริมให้เกิดการกร่อนของดินที่มีความรุนแรงเพิ่มมากขึ้น

การชะล้างพังทลายโดยธรรมชาติ

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

1) การชะละลาย (leaching) หมายถึงการชะล้างชนิดที่แร่ธาตุต่าง ๆ ธาตุอาหารและอินทรีย์วัตถุถูกทำให้ละลาย หรืออยู่ในสภาพแขวนลอยแล้วไหลลงสู่ส่วนล่างของหน้าตัดดินไปกับน้ำที่ซึมผ่าน (percolation water) ซึ่งในที่สุดจะไหลลงสู่ทะเล และการสูญเสียของดินแบบนี้เกิดขึ้นอยู่เป็นประจำ และมีบทบาทมากที่สุดในการชะล้างพังทลายในธรรมชาติ

2) การชะล้างพังทลายที่พื้นผิวดินโดยน้ำ (surface erosion by water) หมายถึงการพัดพาหน้าดินหรือหินซึ่งขาดพืชพรรณปกคลุมโดยน้ำ การขาดพืชพรรณปกคลุมนั้นเนื่องจากสภาพแวดล้อมในธรรมชาติ เช่น ลม พายุอากาศ ความสูงต่ำของภูมิประเทศ (topography) ซึ่งเป็นปัจจัยที่ควบคุมการเจริญเติบโตของพืช

3) แผ่นดินเลื่อนหรือดินเลื่อน (landslides and soil creep)

แผ่นดินเลื่อน คือ การถล่มตัวของแผ่นดินจากที่สูงลงสู่ที่ต่ำอย่างรวดเร็ว โดยเกิดจากปัจจัย 3 ประการ ได้แก่ สภาพความลาดเทของพื้นที่ ดินหรือหินชั้นล่างมีการไหลซึมของน้ำเข้ามา และดินชั้นบนไม่เกาะกันเนื่องจากการอิ่มตัวด้วยน้ำ

ดินเลื่อน คือ การเลื่อนของดินบนที่ถูกน้ำชะจนเป็นโคลนลงสู่ที่ต่ำตามความลาดเทด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก แต่เนื่องจากยังมีความหนืดระหว่างชั้นดินที่มีความชื้นต่างกัน ดังนั้นดินนั้นจึงค่อย ๆ เลื่อนลงมาโดยปกติแล้วดินที่เลื่อนลงมาจะหนาไม่เกิน 1 เมตร

4) การพัดพาโดยลม (wind erosion) ในบริเวณที่มีลมแรงและขาดสิ่งปกคลุมโดยธรรมชาติ ประกอบกับอุณหภูมิสูง เช่นในทะเลทรายหรือริมฝั่งทะเล ลมจะเป็นตัวการสำคัญที่ก่อให้เกิดการสูญเสียดิน การกร่อนของดินโดยธรรมชาติและการสร้างตัวขึ้นมาเป็นดิน การเกิดการชะล้างพังทลายในธรรมชาติผันแปรไปตามสภาพแวดล้อม และเป็นปรากฏการณ์ที่มักพบเกิดขึ้นเสมอในทะเลทรายหรือบริเวณซึ่งปราศจากพืชขึ้นปกคลุม ปัจจัยที่สำคัญที่สุดก็คือ ความลาดเทของสภาพพื้นที่ ซึ่งสามารถใช้เป็นเครื่องมือชี้ชนิดของหน้าตัดดินที่เกิดขึ้นในบริเวณที่ถูกการกร่อนของดินนั้น ๆ เช่น

ในพื้นที่ชันมาก ดินจะถูกชะล้างและพัดพาไปมาก ดินบนจะเกิดเร็วเพราะวัตถุต้นกำเนิดอยู่ตื้น จึงมีโอกาสสัมผัสกับสิ่งแวดล้อมมาก นั่นคือ กระบวนการต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดดินก็จะดำเนินไปได้ อย่างเต็มที่ และเนื่องจากความลาดเทสูง ดังนั้นสิ่งที่ถูกชะละลายมาจากดินบนโดยกระบวนการที่เรียกว่า Eluviation จะไหลลงสู่ที่ต่ำหมด หน้าตัดของดินในที่ลาดชันมากจึงมักจะมีเพียง 2 ชั้น คือ A กับ C เท่านั้น

ในพื้นที่ที่มีความลาดเทไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์ อัตราการเกิดของการชะล้างพังทลายน้อยกว่าอัตราการเกิดดิน ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุต้นกำเนิด ในบริเวณเช่นนี้จะเกิดหน้าตัดดินที่สมบูรณ์มีชั้นดินครบถ้วน ยิ่งดินนี้มีอายุมากขึ้นจะยังมีหน้าตัดลึกมากขึ้น

ในที่ที่เกือบอยู่ในแนวระดับหรืออยู่ในแนวระดับการเกิดการชะล้างพังทลายเกือบจะไม่มีเลย บริเวณดินบนที่ถูกชะล้างละลาย (A2) จะลึก ธาตุอาหารพืชและอนุภาคดินเหนียวส่วนมากถูกชะละลายออกไปจากบริเวณรากพืช ดังนั้นโดยปกติแล้วดินนี้จะมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและมีโครงสร้างไม่ดี

การชะล้างพังทลายโดยมีตัวเร่ง

การชะล้างพังทลายที่มีตัวเร่ง หมายถึง การชะล้างพังทลายที่มนุษย์หรือสัตว์เลี้ยงเข้ามาช่วยเร่งให้มีการกัดกร่อนเพิ่มขึ้นจากการชะล้างพังทลายโดยธรรมชาติ ซึ่งเกิดขึ้นเป็นประจำอยู่แล้ว เช่น การหักล้างถางป่าทำการเพาะปลูกอย่างขาดหลักวิชาการ ทำให้พื้นดินปราศจากสิ่งปกคลุม ทำให้การกัดกร่อนโดยลมและฝนเกิดขึ้นและพัดพาดินสูญเสียดินได้เพิ่มขึ้น การสูญเสียดินจะมากขึ้นอยู่กับการใช้ทำการเกษตร

การชะล้างพังทลายโดยน้ำ คือ การแตกกระจายและพัดพาดินไปโดยน้ำ อาจพิจารณาจากอัตราการแตกกระจายของดิน (rate of detachment) มีหน่วยวัดเป็นน้ำหนักต่อพื้นที่ต่อเวลา เช่น ตันต่อไร่ต่อปี และอัตราของการพัดพาตะกอนดิน (rate of transportation) มีหน่วยวัดเป็นน้ำหนักต่อระยะทางต่อพื้นที่ต่อเวลา เช่น ตันต่อไมล์ต่อไร่ต่อปี ดินที่มีความยากง่ายในการที่จะเกิดการกร่อนของดินแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับสมบัติของดินที่ได้รับมาจากวัตถุต้นกำเนิด การใช้ที่ดิน และการจัดการ

กระบวนการชะล้างพังทลายของดิน กรมพัฒนาที่ดิน (2558) คือกระบวนการแตกกระจาย (detachment) เมื่อเม็ดฝนตกลงมากระแทกกับก้อนดิน ทำให้ก้อนดินแตกเป็นเม็ดดินเล็ก ๆ ภายหลังที่เม็ดฝนกระแทกก้อนดินแล้วน้ำบางส่วนจะไหลซึมลงไปในดิน เมื่อดินอิ่มตัวจนน้ำไม่สามารถจะไหลซึมลงไปได้อีก

แล้ว จะเกิดการไหลบ่าและพัดพาเอาก้อนดินเล็ก ๆ ที่แตกกระจายอยู่บนผิวดินไป (transportation) และการตกตะกอนทับถม (deposition) เม็ดดินที่ถูกพัดพาไปกับน้ำจะไหลลงสู่พื้นที่ต่ำ ทำให้เกิดการสะสมตะกอนดินในที่ลุ่มต่ำ (ภาพที่ 1) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) กระบวนการแตกกระจาย (detachment) เป็นการแตกตัวของดินโดยแรงกระทบของเม็ดฝน เมื่อแรงกระทำที่เกิดจากเม็ดฝนมีมากกว่าแรงยึดเกาะของเม็ดดิน (aggregate) อนุภาคดิน (particle) จะแตกตัวออก กระบวนการนี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

(1) เม็ดฝนตกกระทบเม็ดดิน: เมื่อเกิดการกระทบ พลังงานจลน์ของเม็ดฝนจะเปลี่ยนเป็นแรงทำให้อนุภาคดินแยกจากเม็ดดิน

(2) การกระดอนของอนุภาคดิน หากเกิดในพื้นที่ราบอนุภาคดินจะกระจายออกรอบข้างโดยสม่ำเสมอ หากเกิดในพื้นที่ลาดชันแรงดึงดูดของโลกจะทำให้มีสัดส่วนของอนุภาคดินที่กระดอนลงสู่ที่ต่ำมากกว่า

(3) การปิดผนึกพื้นผิวดิน หากกระบวนการที่ 1 และ 2 เกิดขึ้นนานพอ ผิวดินจะถูกผนึกด้วยอนุภาคขนาดเล็ก ซึ่งจะส่งผลต่ออัตราการซึมน้ำและการเกิดน้ำไหลบ่า พลังงานจลน์ของเม็ดฝน 1 เม็ดมีค่าดังสมการ

$$KE = 1/2mv^2$$

โดย m คือมวลของเม็ดฝน และ v คือความเร็วตกกระทบ

กลไกการกร่อนของดินโดยน้ำฝน พลังงานจลน์ของพายุฝนจะขึ้นกับจำนวนและขนาดของเม็ดฝน ยิ่งพายุฝนมีความเข้มสูง (intensity) จำนวนและสัดส่วนของเม็ดฝนที่มีขนาดใหญ่ก็จะเพิ่มขึ้น ยิ่งเม็ดฝนมีขนาดใหญ่ก็จะมีความเร็วตกกระทบสูง

2) กระบวนการพัดพาตะกอน (transportation) เกิดขึ้นเมื่อฝนตกติดต่อกันได้ระยะเวลาหนึ่งและดินเริ่มอิ่มตัวด้วยน้ำ ทำให้น้ำฝนซึมลงใต้ผิวดินไม่ทัน เกิดน้ำไหลบ่าลงมาตามความลาดชันของพื้นที่ หากพื้นที่มีความลาดชันสม่ำเสมอทำให้น้ำมีการกระจายตัวสม่ำเสมอทั่วทั้งพื้นที่ ความลึกของการไหลไม่มากและความยาวของผิวสัมผัสระหว่างน้ำและผิวดินใกล้เคียงกับหน้าตัดของการไหลเรียกว่าการไหลลักษณะนี้ว่า overland flow โดยที่มีความลึกของการไหลไม่มาก แรงเสียดทานของผิวดินจึงมีอิทธิพลต่อความเร็วของการไหลมาก จึงทำให้ความเร็วในการไหลต่ำ กระแสน้ำจะไม่มีอำนาจในการกัดเซาะผิวดินแต่จะสามารถพัดพาเอาตะกอนหรืออนุภาคดินขนาดเล็กที่แตกตัวออกเนื่องจากแรงกระทบของเม็ดฝนลงมาตามกระแสน้ำได้ ซึ่งจะพบว่าผิวดินถูกชะล้างไปเป็นแผ่นบางๆ เรียกกระบวนการนี้ว่า การกัดเซาะเป็นผืน (sheet erosion)

พื้นที่ตามธรรมชาติส่วนใหญ่จะมีลักษณะไม่สม่ำเสมอ และมักมีร่องที่ให้น้ำไหลบ่ารวมตัวกันมีความลึกและความเร็วในการไหลสูง ซึ่งกระแสน้ำจะมีอำนาจในการกัดเซาะท้องน้ำหรือผนังด้านข้างด้วย เรียกกระบวนการนี้ว่าการกัดเซาะแบบเป็นร่อง (rill) หรือแบบเป็นร่องลึก (gully erosion) ขึ้นกับขนาดของร่องน้ำตะกอนดินที่ถูกยกเคลื่อนจากที่นี้จะถูกพัดพาให้เคลื่อนที่ออกจากแหล่งกำเนิดได้โดยกระแสน้ำ

การเคลื่อนที่นี้เกิดอย่างรวดเร็วต่อเนื่องและมีทิศทางเคลื่อนที่จากที่สูงลงสู่ที่ต่ำตามแรงดึงดูดของโลก รูปแบบของการพัดพาตะกอนจะมี 4 รูปแบบด้วยกันคือ

(1) แขนวลอย ซึ่งจะเกิดได้กับอนุภาคที่มีขนาดเล็กเท่านั้น โดยอนุภาคจะลอยปะปนไปในกระแสน้ำ และมักจะพบว่าตะกอนมีการเคลื่อนที่ในลักษณะนี้เป็นสัดส่วนมากที่สุด โดยอาจจะมากถึง 80-95 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณตะกอนทั้งหมด ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความเข้มข้นของตะกอนแขวนลอยในลำน้ำ ได้แก่ความเร็วในการตกตะกอน (sediment settling velocity) อันเป็นจะแปรผันตามแรงต้านอันเกิดจากความหนืดจลน์ (kinetic viscosity) และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคตะกอน อีกปัจจัยได้แก่ความเร็วของกระแสน้ำซึ่งนอกจากจะมีพลังงานจลน์ซึ่งมีอำนาจในการพัดพาตะกอนแล้ว ลักษณะการไหลซึ่งมักจะเป็นแบบอลวน (turbulence flow) ยังมีส่วนในการยกตะกอนให้ลอยขึ้นสวนทางกับการตกลงสู่พื้นตามแรงดึงดูดของโลกด้วยเป็นเหตุให้ที่ระดับความลึกต่าง ๆ มีความเข้มข้นของตะกอนไม่เท่ากัน

(2) เคลื่อนที่ครูดไปกับท้องน้ำด้วยอำนาจการพัดพาของกระแสน้ำซึ่งจะเกิดกับตะกอนที่มีขนาดใหญ่กว่าในข้อ 1) อันได้แก่ตะกอนที่มีขนาดใหญ่กว่าทรายหยาบ (coarse sand) ขึ้นไปหรือมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 0.5 มม.การเคลื่อนที่ครูดไปกับท้องน้ำนี้เป็นใน 2 ลักษณะคือ ตะกอนถูกยกขึ้นจากตำแหน่งตามแนวดิ่งและเคลื่อนไปตามทิศทางของกระแสน้ำหรือถูกพลิกให้หมุนจากตำแหน่งที่อยู่โดยมีจุดหมุนคือตำแหน่งที่สัมผัสกับตะกอนข้างเคียง

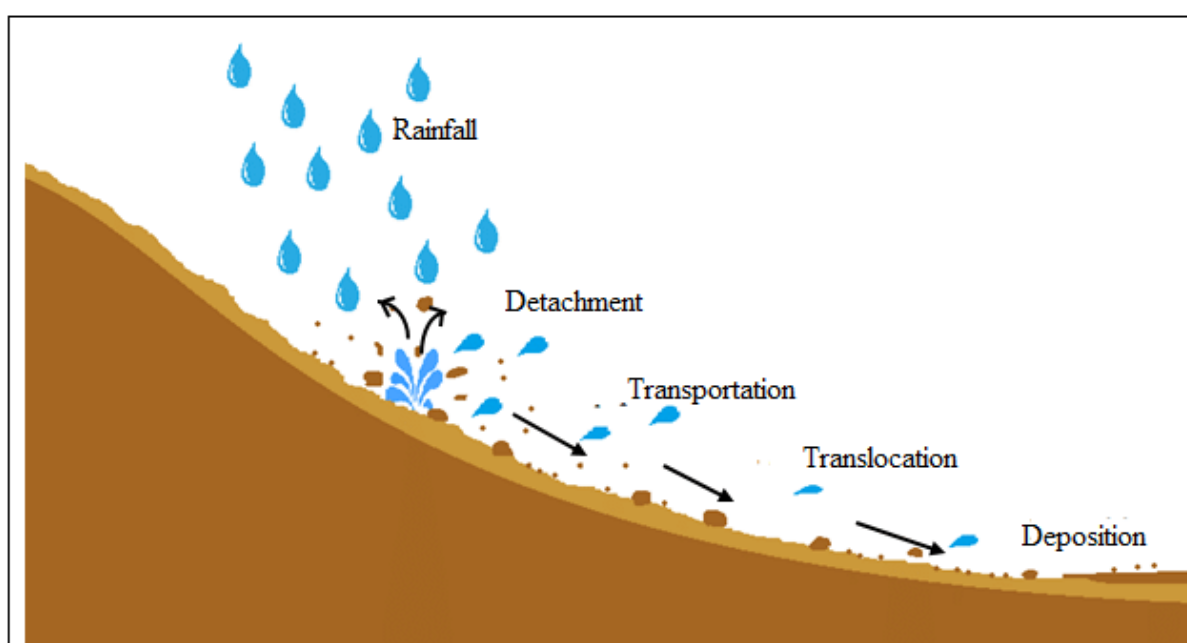
(3) ลอยขึ้นและตกลงเป็นช่วง ๆ เหมือนการกระโดด ซึ่งมีศัพท์เรียกเฉพาะสำหรับการเคลื่อนที่ลักษณะที่ 3 นี้ว่า saltation การลอยตัวของตะกอนเกิดขึ้นเนื่องจาก dynamic pressure ทางด้านบนของตะกอนน้อยกว่าด้านอื่น ๆ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อกระแสน้ำเคลื่อนที่ผ่านด้านบนของตะกอนด้วยความเร็วที่มากกว่ากระแสน้ำที่ไหลผ่านด้านข้าง ปรากฏการณ์นี้เป็นในลักษณะเดียวกับแรงยกที่เกิดขึ้นใต้ปีกเครื่องบินเมื่อเคลื่อนที่ผ่านอากาศ

(4) เคลื่อนที่ไปในรูปสารละลายคือส่วนประกอบของตะกอนที่สารประกอบเปลี่ยนสภาพแตกตัวละลายเคลื่อนที่ไปพร้อมกับกระแสน้ำเนื่องจากอยู่ในสภาพของสารละลายการเคลื่อนที่จึงไม่ขึ้นกับระดับพลังงานของกระแสน้ำ แต่ขึ้นกับปริมาณสารต้นกำเนิดที่ละลายน้ำ และระดับการอึดตัวของสารละลาย อุณหภูมิเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อระดับการอึดตัวของสารละลาย

กลไกการกร่อนของดินโดยน้ำไหลบ่าจะมีความสามารถในการพัดพาตะกอน (carrying capacity) จำกัดขึ้นกับระดับพลังงานของการไหล ในทางทฤษฎีการชะล้างหน้าดิน จะไม่เกิดขึ้นเมื่อมีปริมาณตะกอนในกระแสน้ำ เท่ากับความสามารถในการพัดพาตะกอน และถ้าปริมาณตะกอนในกระแสน้ำมีมากกว่าความสามารถในการพัดพาตะกอน จะเกิดการตกตะกอนขึ้น

3) การตกตะกอน (deposition) ตะกอนที่ถูกพัดพาไปกับกระแสน้ำ จะหยุดเคลื่อนที่และตกลงสู่พื้นเมื่อระดับพลังงานของกระแสน้ำลดลง ซึ่งจะทำให้ความสามารถในการพัดพาตะกอนของกระแสน้ำลดลงจนกระทั่งต่ำกว่าระดับปริมาณตะกอนที่มีอยู่ในกระแสน้ำขณะนั้น สาเหตุที่ทำให้พลังงานของกระแสน้ำลดลงนั้นมี 3 ประการด้วยกันคือ ความลาดชันของท้องน้ำลดลง ท้องน้ำมีแรงเสียดทานมากขึ้น อันเนื่องมาจากมีความขรุขระมากขึ้น เพราะลักษณะของพื้นผิวที่เปลี่ยนไป หรือมีวัชพืชน้ำขึ้น และความลึกของการไหลลดลงเนื่องจากแผ่กระจายออกไป ทำให้น้ำตดการไหลเพิ่มมากขึ้น

ด้วยเหตุที่ตะกอนจะเคลื่อนที่ด้วยพลังงานของกระแสน้ำที่กำลังไหล เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงภูมิประเทศ ทำให้ระดับพลังงานของกระแสน้ำลดลง จะเกิดการตกตะกอนขึ้น เช่น เมื่อกระแสน้ำไหลผ่านที่ลาดชันลงสู่ที่ราบเชิงเขาไหลออกจากร่องน้ำในหุบเขาที่แคบลงสู่พื้นที่องหุบเขาที่กว้างกว่าเดิม เมื่อน้ำไหลล้นฝั่งลำน้ำออกสู่ที่ราบน้ำท่วมถึงหรือลำน้ำขยายตัวกว้างกว่าเดิม มีสันดอนทรายกลางน้ำหรือลำน้ำมีความคดโค้งจนกระแสน้ำไหลไม่สะดวกชะลอความเร็วลง ตลอดจนเมื่อลำน้ำไหลสู่พื้นที่ชุ่มน้ำ นอกจากลักษณะทางภูมิประเทศแล้ว พืชพันธุ์ที่ปกคลุมพื้นที่ยังมีส่วนช่วยชะลอความเร็วของน้ำและก่อให้เกิดการตกตะกอน พืชพันธุ์ที่ขึ้นอยู่สองฟากลำน้ำมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการช่วยกรองตะกอนจากน้ำไหลบ่าผิวดินก่อนที่จะไหลลงสู่ลำน้ำ เช่นเดียวกับพืชน้ำที่ขึ้นในลำน้ำมีผลช่วยชะลอความเร็วของการไหล ลดพลังงานของกระแสน้ำและความสามารถในการพัดพาตะกอน

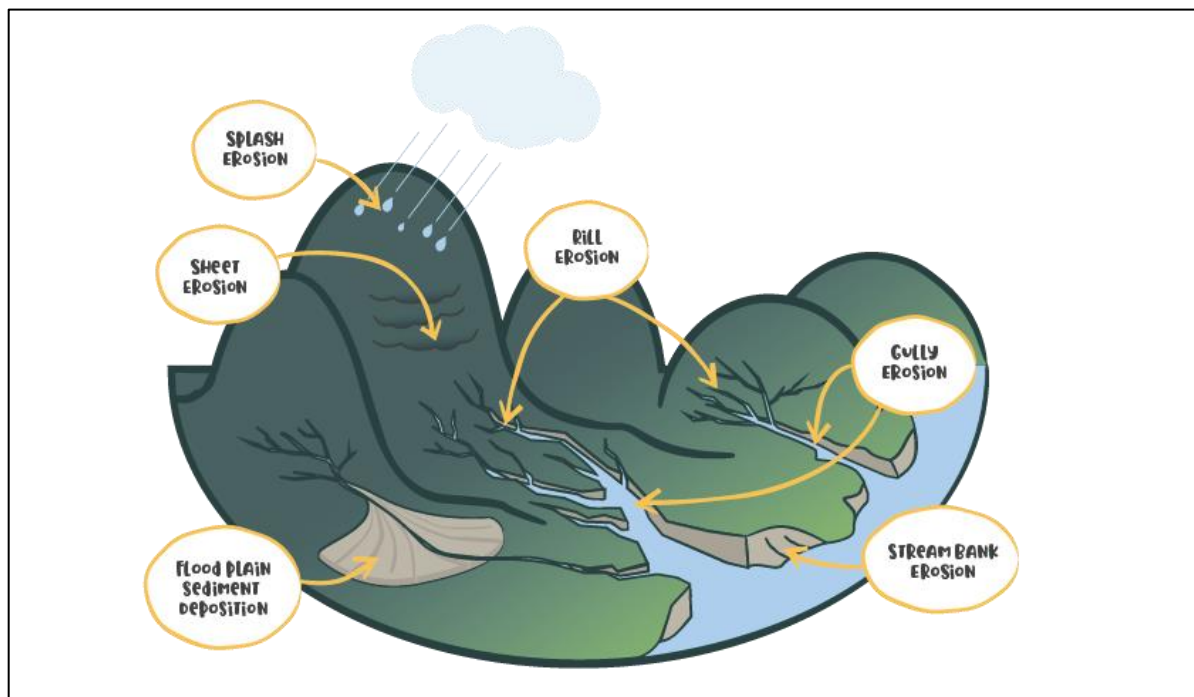


ภาพที่ 1 กระบวนการชะล้างพังทลายของดิน

ที่มา: Zafirah, N., et al. (2017)

กรมพัฒนาที่ดิน (2567ก) รูปแบบการชะล้างพังทลายของดิน ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบใดนั้น มีสาเหตุมาจากความรุนแรงของเม็ดฝนที่ตกกระทบ และจากแรงของน้ำไหลบ่าหน้าดิน อันเกิดจากดินไม่สามารถรับการซึมของน้ำฝนได้หมด และถ้าฝนตกหนักมาก อาจเกิดการเคลื่อน และการเลื่อนไหลของมวลดินโดยแรงดึงดูดของโลก และแรงดันของน้ำได้ผิวดิน แม้ว่าการเลื่อนไหลของดิน จะเป็นการพังทลายของดินที่มีปริมาณมาก แต่มักไม่เกิดบ่อยนัก การพังทลายของดินส่วนใหญ่จึงมักเกิดจากน้ำไหลบ่าหน้าดินเป็นสำคัญ และมักจะเกิดขึ้นเสมอบนพื้นที่ลาดเขา ถ้าหากว่าฝนตกไม่หนักนัก พลังงานของน้ำไหลบ่าหน้าดิน ก็จะมีเพียงการชะล้างพังทลายของหน้าดิน และพัดพาสิ่งสกปรกที่ต่ำ แต่จะตกตะกอนในตอนใดตอนหนึ่งของลาดเขา โดยไม่พัดพาสิ่งสกปรกที่ต่ำลงมาถึงร่องลำธาร ก็จะเป็นแหล่งของดินที่จะถูกพัดพาสู่ที่ต่ำลงไปอีกจากฝนตกในคราวต่อ ๆ ไป ยกเว้นเสียว่าไม่มีฝนตกตามมาในเวลาใกล้เคียงกัน จนพืชพรรณขึ้นปกคลุมอย่างดี

ดินที่ตกตะกอนดังกล่าวก็จะได้รับการป้องกันจากพลังน้ำไหลบ่าหน้าดินได้ดียิ่งขึ้นรูปแบบการชะล้างพังทลายของดินที่สำคัญในประเทศไทย (ภาพที่ 2) มีดังนี้



ภาพที่ 2 รูปแบบการชะล้างพังทลายของดิน

ที่มา: Mike Donovan (2024)

1) การชะล้างพังทลายแบบกระเด็น (splash erosion) เป็นการตกกระทบของเม็ดฝนติดต่อกันจากเม็ดของน้ำฝนจำนวนมากนั้น ทำให้อนุภาคดินบนผิวหน้าแตกกระจาย และกระเด็นออกไปจากตำแหน่งเดิม โดยเฉพาะบนผิวดินที่ไม่มีสิ่งปกคลุมจะเกิดขึ้นอย่างรุนแรง การชะล้างพังทลายชนิดนี้หากเกิดในที่ราบเม็ดดินก็จะไปได้ไกลนัก แต่ถ้าหากเกิดบนพื้นที่ลาดเขานั้นจะถูกน้ำไหลบ่าหน้าดินพัดพาไป อย่างไรก็ตามการกัดกร่อนในลักษณะกระเด็นนี้เป็นจุดเริ่มต้นของการสูญเสียดินที่ค่อยเป็นค่อยไป

2) การชะล้างแบบแผ่น (sheet erosion) เม็ดดินที่ถูกกัดจะถูกพัดพาเคลื่อนที่ออกไปจากพื้นที่ลาดเขาโดยแรงน้ำไหลบ่าหน้าดินซึ่งไหลเอ่อเหนือผิวดินเป็นแผ่นบางๆ อัตราการถูกพัดพาลงสู่ที่ต่ำขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่นน้ำไหลบ่าหน้าดินเป็นสำคัญ ขนาด รูปร่าง และความหนาของตะกอนก็มีส่วนอยู่มากในการที่จะถูกพัดพาไปได้มากหรือน้อย ซึ่ง การกัดกร่อนในลักษณะนี้สังเกตได้ยาก ทำให้เสียหน้าดินที่มีสีดำซึ่งนับเป็นส่วนที่มีความอุดมสมบูรณ์ของดินเป็นอย่างมาก เพราะมีอินทรีย์วัตถุสูง การปล่อยให้มีการกัดกร่อนเช่นนี้เกิดขึ้นติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน จะทำให้ผลผลิตของพืชลดลง

3) การชะล้างแบบริ้ว (rill erosion) เป็นการกร่อนของดินแล้วกัดเซาะลงไปในเนื้อดินที่ก่อให้เกิดร่องเล็กๆกระจายทั่วผิวดิน มักเกิดจากน้ำไหลตามร่องพืชที่ปลูกตามแนวลาดเท หรือบริเวณพื้นที่ซึ่งมีความลาดเทเล็กน้อยไม่สม่ำเสมอ ความลึกของริ้วมีขอบเขตจำกัด คือ ลึกไม่เกิน 5-8 เซนติเมตรสามารถไถกลับได้โดยใช้เครื่องมือไถพรวนธรรมดา ความรุนแรงของกระบวนการกัดเซาะล้างและกระบวนการ

เคลื่อนย้ายในกรณีที่เกิดการชะล้างพังทลายแบบนี้ มีความรุนแรงมากกว่าที่เกิดในลักษณะการชะล้างพังทลายแบบแผ่น การชะล้างพังทลายแบบร่องริ้วนี้ หน้าดินบางส่วนจะสูญหายไป แต่เมื่อใดที่ร่องริ้วแล้วและไม่มี การปรับผิวหน้าดินใหม่ น้ำในร่องริ้วก็จะกัดกร่อนร่องริ้วนี้ให้ลึก และกว้างจนถึงชั้นล่างได้อย่างรวดเร็ว

4) การชะล้างแบบร่องธาร (gully erosion) เป็นการกร่อนของดินกว้างกว่าแบบริ้ว โดยกว้างมากกว่า 30 เซนติเมตร หรืออาจกว้างถึง 10 เมตร มักเกิดขึ้นเนื่องจากการปลูกพืชตามแนวลาดเทซ้ำซาก หรือเกิดขึ้นบนพื้นที่ที่มีความลาดสูงและระยะของความลาดเทยาวมาก การชะละลายของน้ำจึงมีมากขึ้น ทำให้ดินถูกพัดพาไปเป็นจำนวนมาก การเกิดการชะล้างพังทลายแบบร่องลึกนี้ ขึ้นอยู่กับปริมาณน้ำไหลในร่อง ทั้งในลักษณะการกัดเซาะและการเคลื่อนย้ายดิน รูปตัดของร่องลึกนี้มักเป็นรูปตัว U หรือตัว V แล้วแต่ชนิดของดิน การชะล้างพังทลายแบบร่องลึกนี้ ยากที่จะปรับหน้าดินใหม่ด้วยเครื่องไถพรวนชนิดใด ต้องเสียเวลาและลงทุนมากในการที่จะควบคุมให้กลับสู่สภาพที่ใช้ประโยชน์ได้ดีเช่นเดิม

5) การพังทลายแบบเลื่อนไหล (mass soil movement) เป็นการเคลื่อนที่ของมวลดินหรือหินบนพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง เนื่องจากแรงถ่วงของโลก และความแตกต่างของความชื้นของมวลสารชนิดเดียวกันหรือคนละชนิดกัน การพังทลายแบบนี้อาจเกิดตามธรรมชาติได้ แต่กิจกรรมของมนุษย์มักเป็นตัวเร่ง และก่อให้เกิดการพังทลายของดินแบบนี้มากกว่าธรรมชาติ

6) การชะล้างในธารน้ำ (stream erosion) เป็นการกร่อนของดินที่เกิดขึ้นตามธารน้ำธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ ลำธาร จะมีน้ำไหลผ่านในร่องน้ำเป็นปริมาณมากและเวลายาวนาน โดยเฉพาะภายจากหลังฝนตกหนัก พลังน้ำไหลตามร่องหรือลำน้ำนี้จะกัดเซาะดินชายฝั่งซึ่งอยู่ต่ำกว่าระดับผิวหน้าดิน ทำให้เกิดชะงักงันได้ผิวน้ำลึกเข้าไปในฝั่งจนดินบนเหนือระดับน้ำ ซึ่งไม่มีฐานค้ำยันที่แข็งแรงเพียงพอที่จะไหลเลื่อนและพังลงมาสู่ท้องลำธารได้ การพังทลายแบบนี้จะมีมากบริเวณที่ลำธารหักโค้งหรือลำน้ำเปลี่ยนทิศทางการไหล โดยการทำให้ดินแตกกระจายและชะแร่ธาตุจากสองข้างฝั่งไป

3.2.5 การประเมินการสูญเสียดิน

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

$$A=RKLSCP$$

โดย A = ค่าปริมาณการสูญเสียดินที่คำนวณได้ต่อพื้นที่ มีหน่วยผืนแปรไปตามการประเมิน (ตันต่อเฮกตาร์ต่อปี)

R = ค่าปัจจัยเกี่ยวกับน้ำฝน เป็นค่าดัชนีการกร่อนของดินที่เกิดจากฝน

K = ค่าปัจจัยความยากง่ายต่อการถูกชะล้างของดินเป็นค่าอัตราการสูญเสียดินต่อหนึ่งหน่วยของค่าดัชนีการกร่อนของดินโดยฝน จากแปลงมาตรฐาน ที่มีขนาดความยาวของแปลง 72.6 ฟุตและมีความลาดชัน 9 เปอร์เซ็นต์ มีการไถพรวนขึ้นลงตามความลาดเท และปล่อยให้ว่างเปล่าไม่มีการปลูกพืช

L = ค่าปัจจัยความยาวของความลาดเท เป็นค่าอัตราส่วนของการสูญเสียดินจากแปลงที่มีความยาวของความลาดเทใดๆ กับแปลงที่มีความยาวของความลาดเท 72.6 ฟุตโดยมีสภาพอื่นๆ เหมือนกัน

S = ค่าปัจจัยความลาดเท เป็นค่าอัตราส่วนของการสูญเสียดินจากแปลงที่มีความลาดชันใด ๆ กับแปลงที่มีความลาดชัน 9 เปอร์เซ็นต์โดยมีสภาพอื่นๆ เหมือนกัน

C = ค่าปัจจัยจัดการพืช เป็นค่าอัตราส่วนของการสูญเสียดิน จากแปลงที่มีการปลูกพืช และมีการจัดการใดๆ กับแปลงที่มีการไถพรวนดินขึ้นลงตามความลาดเท แล้วปล่อยไว้ว่างเปล่าและไม่มีการปลูกพืช ซึ่งทั้ง 2 แปลงนี้ต้องอยู่ในสภาพดิน ความลาดเท และปริมาณฝนที่เหมือนกัน

P = ค่าปัจจัยอนุรักษ์ เป็นค่าอัตราส่วนของการสูญเสียดิน จากแปลงที่มีวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำชนิดใดๆ กับแปลงที่มีการไถพรวนดินขึ้นลงตามความลาดเท แล้วปล่อยไว้ว่างเปล่าและไม่มีการปลูกพืช ซึ่งทั้ง 2 แปลงนี้ต้องอยู่ในสภาพดิน ความลาดเท และปริมาณฝนที่เหมือนกัน

3.2.6 การจัดชั้นอัตราการสูญเสียดิน

การสูญเสียดินจะส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพหรือไม่ขึ้นอยู่กับลักษณะของดินในแต่ละพื้นที่หากกระบวนการเกิดดินเป็นไปอย่างรวดเร็วดินลึกและมีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติสูงแม้จะมีอัตราการสูญเสียดินสูงก็อาจไม่มีผลกระทบต่อการใช้ที่ดินตรงกันข้ามถ้าดินตื้นมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและกระบวนการเกิดดินเป็นไปอย่างช้าๆ แม้มีการสูญเสียดินเพียงเล็กน้อยก็อาจส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์บนที่ดินนั้นค่าการสูญเสียดินเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับลักษณะตามธรรมชาติของดินในประเทศย่อมสามารถวิเคราะห์ความเสียหายจากการสูญเสียดินได้

ค่าการสูญเสียดินที่คำนวณได้จากสมการการสูญเสียดินสามารถนำมาจัดชั้นความรุนแรงของการสูญเสียดินและแสดงผลออกมาเป็นแผนที่การสูญเสียดินมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ทราบถึงขอบเขตของพื้นที่ที่มีปัญหาเนื่องจากการสูญเสียดินตลอดทั้งระดับความรุนแรงของการสูญเสียดินที่เกิดขึ้นในภูมิภาคต่างๆ ของประเทศเพื่อเป็นแนวทางในการวางแผนอนุรักษ์ดินและน้ำ ระดับเขตพัฒนาที่ดิน ระดับภาคและระดับประเทศต่อไป

การจัดชั้นอัตราการสูญเสียดินยึดถือตามแนวคิดดังต่อไปนี้คือ

1) ค่าการสูญเสียดินสูงสุดที่ยอมรับได้สำหรับพื้นที่เกษตร (soil loss tolerance) คือระดับที่ยังคงได้รับผลผลิตพืชและความยั่งยืนทางเศรษฐกิจ (USDA, 1997)

2) ดินมีความเหมาะสมสำหรับการใช้ประโยชน์มากเมื่อการใช้ประโยชน์นั้นมีความยั่งยืนนาน 25 ปีขึ้นไป (FAO, 1993)

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

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

ชั้น 2 : การสูญเสียดินเป็นค่าเฉลี่ย 25-75 เปอร์เซ็นต์ของความหนาของชั้น A/E (หรือของความหนา 20 เซนติเมตรถ้า A/E หนาน้อยกว่า 20 เซนติเมตร) พื้นที่เกษตรส่วนใหญ่ยังมีชั้น A/E เหลืออยู่แต่ถูกไถปนกับดินล่างไปแล้วแต่ถ้าบริเวณนั้นมีชั้น 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 ลึกอาจมีดินบนเหลืออยู่บ้างแต่ถูกไถปนกับดินชั้นล่างไปแล้ว

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

4) การสำรวจลักษณะหน้าตัดดินและความลึกของชั้น A/E ของชุดดินต่างๆ ในประเทศไทย โดยกองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน พบว่าดินในประเทศไทย ในสภาพปกคลุมด้วยพืชพรรณธรรมชาติ มีความหนาเฉลี่ยของชั้น A/E อยู่ที่ 24 เซนติเมตร

5) การวิเคราะห์ความหนาแน่นรวม (bulk density) ของชุดดินต่างๆ ในประเทศไทยโดยกองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน พบว่าดินในสภาพธรรมชาติมีค่าความหนาแน่นรวมเฉลี่ยอยู่ที่ 1.3 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

6) การศึกษาการสูญเสียดิน ในแปลงทดลองของกรมพัฒนาที่ดิน (2544)

จากข้อพิจารณาทั้งหมดข้างต้น สามารถกำหนดปริมาณการสูญเสียดินสูงสุด ที่ยอมรับได้ (soil loss tolerance หรือ permissible soil loss) สำหรับดินในประเทศไทยเป็น 2 ตันต่อไร่ต่อปี หรือเทียบเท่ากับ 0.96 มิลลิเมตรต่อปี การสูญเสียในระดับนี้ไม่ทำให้สมรรถนะของดินสำหรับการเกษตรเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลา 25 ปี ค่าการสูญเสียที่สูงกว่าระดับนี้จะมีผลเสียหายต่อคุณภาพดินและผลผลิตพืชในระยะยาวไม่มีความมั่นคงทางเศรษฐกิจและจำเป็นต้องมีการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม

การจัดชั้นความรุนแรงของการสูญเสียดินจำแนกเป็น 5 ระดับ แสดงดังตารางที่ 12 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) การสูญเสียดินทำให้ขีดความสามารถของดินสำหรับปลูกพืชเปลี่ยนแปลงลงกว่าเดิม เช่น ดินไม่สามารถใช้ปลูกข้าวโพดได้อีกต่อไปต้องเปลี่ยนไปทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์แทนและต้องเสียค่าใช้จ่ายในการจัดการดินสูงมากเกินกว่าระดับที่ยอมรับได้หรือใช้เวลานานมากในการปรับปรุงคุณภาพดินให้ใช้ปลูกพืชได้เช่นเดิม

ชั้น 5 รุนแรงมากที่สุด (extremely severe) อัตราการสูญเสียดินมากกว่า 20 ตันต่อไร่ต่อปี (มากกว่า 9.6 มิลลิเมตรต่อปี) มีการกร่อนของดินเป็นร่องลึก (gully) เกิดขึ้นทั่วไป

ตารางที่ 12 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)

3.2.7 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

การอนุรักษ์ดินและน้ำ เป็นการป้องกันและรักษา ตลอดจนการปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินและน้ำเพื่อให้ผลผลิตการเกษตรดีขึ้น เป็นการรู้จักใช้พื้นที่ดินภายในขอบเขตจำกัดของเศรษฐกิจ วิธีใด ๆ ก็ตามเพื่อที่จะรักษาความสามารถในการให้ผลผลิตสูงและสามารถใช้ที่ดินนั้นในการเกษตรกรรมได้นานที่สุดที่จะทำได้ ซึ่งอาจจะทำได้โดยการมีเกษตรกรรมอย่างถูกต้องและเหมาะสม หรือใช้วิธีการพิเศษเพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำโดยเฉพาะก็ได้ ถือว่าเป็นเครื่องมือ หรือวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำทั้งสิ้น เพื่อที่จะทำให้บรรลุถึงจุดหมายของการอนุรักษ์ดินและน้ำได้นั้น จะต้องอาศัยหลักการต่างๆ ที่สำคัญ 4 ประการ ดังต่อไปนี้คือ (สมเจตน์, 2522)

1) การปรับปรุงบำรุงดิน การปรับสภาพดินนั้นสามารถทำได้โดยการปรับปรุงให้ดินให้สามารถทนทานต่อการแตกกระจายและการพัดพา และให้น้ำซึมผ่านได้ดีขึ้น เช่น ทำให้โครงสร้างของดินร่วนซุยทนทานต่อการชะล้างพังทลายและสามารถรักษาความชื้นให้คงอยู่ในดินได้ในระดับพอเหมาะ รวมทั้งการรักษาปริมาณอากาศในบริเวณรากพืชให้อยู่ในอัตราส่วนที่เหมาะสม

2) การคลุมดิน (cover the soil) จุดมุ่งหมายเพื่อป้องกันการกระแทกของเม็ดฝน เช่น การคลุมดินด้วยพืชหรือเศษเหลือของพืช เพื่อช่วยป้องกันดินจากแรงกระแทกของเม็ดฝน ลดความเร็วของลมที่ผิวหน้าดิน และช่วยปรุงแต่งสมบัติของฟิสส์ ของดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

3) การลดความเร็วของน้ำไหลบ่า (decrease runoff velocity) จุดมุ่งหมายเพื่อลดการแตกกระจายและการพัดพาของอนุภาคของดิน โดยเพิ่มความสามารถในการเกาะตัวของดิน (soil aggregation) และให้น้ำสามารถซึมผ่านดินไปได้โดยง่าย รวมทั้งการสร้างสิ่งกีดขวางการไหลของน้ำ ซึ่งอาจใช้วิธีการปลูกพืชหรือใช้วิธีกลก็ได้

4) การทำทางระบายน้ำ (waterway) การทำขั้นบันได (terracing) เพียงอย่างเดียว อาจไม่เพียงพอเนื่องจากอาจมีน้ำส่วนเกิน ซึ่งจะซึมลงไปในดินไม่หมด น้ำส่วนเกินนี้จะต้องได้รับการระบายอย่างถูกวิธี โดยการทำทางระบายน้ำซึ่งมีหน้าขึ้นหนาแน่น เพื่อเบนน้ำไปสู่พื้นล่างหรือแหล่งเก็บน้ำบริเวณใกล้เคียง

นอกจากหลักการที่สำคัญทั้ง 4 ประการในการอนุรักษ์ดินและน้ำแล้ว มาตรการที่จะนำไปใช้เพื่อก่อให้เกิดประสิทธิผลในการอนุรักษ์ดินและน้ำ สามารถแบ่งได้เป็น 2 มาตรการ คือ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

1) มาตรการวิธีพืช (vegetative measure) เป็นมาตรการที่คำนึงถึงหลักการในลักษณะเป็นตัวสกัดกั้นพลังน้ำฝนและอัตราการชะล้าง ที่มีอิทธิพลต่อการกัดเซาะหน้าดินโดยตรง ซึ่งพืชพรรณในที่นี้ นอกเหนือจากพืชเศรษฐกิจแล้ว ยังมีพืชตระกูลหญ้า ตระกูลถั่ว ไม้พุ่ม หรือไม้ป่าด้วย มาตรการทางพืชให้เหมาะสมตามชั้นสมรรถนะดิน มีหลายวิธีดังต่อไปนี้เช่น

(1) การปลูกพืชคลุมดิน (cover cropping) คือ การปลูกพืชที่มีใบหนาหรือมีระบบรากแน่น สำหรับคลุมและยึดดินเช่น พืชตระกูลถั่วหรือตระกูลหญ้า ซึ่งเมื่อปลูกแล้วจะปกคลุมผิวหน้าดิน ช่วยควบคุมการกร่อนของดินและปรับปรุงบำรุงดิน 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 ชนิด ขึ้นไปบนพื้นที่ในเวลาเดียวกัน โดยทำการปลูกพืชที่สองแซมลงในระหว่างแถวของพืชแรกหรือพืชหลัก ช่วยลดการระเหยน้ำจากผิวดิน ลดการเสี่ยงต่อความเสียหายของพืชที่จะเกิดขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตต่อพื้นที่ให้สูงขึ้น โรค แมลงและวัชพืชลดลง พืชแซมควรมีอายุสั้นกว่าพืชหลัก เป็นพืชตระกูลถั่ว ระบบรากของพืชหลักและพืชแซมควรมีระดับที่แตกต่างกัน การปลูกพืชแซมควรเลือกพืช ที่สามารถทำรายได้ดี

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

(7) คันซาคพีซ (contour trash line) คันซาคพีซเป็นการนำซาคพีซที่เกิดจากการบุกเบิกพื้นที่หรือที่เหลือหลังการเก็บเกี่ยวแล้ว เพื่อช่วยลดความเร็วของน้ำไหลบ่า และดักตะกอนดิน ควรใช้เศษเหลือของพีซให้เกิดประโยชน์ในการปรับปรุงบำรุงดิน มาวางสุมให้สูงประมาณ 50 เซนติเมตร เป็นคันตามแนวระดับไว้เป็นระยะๆ ห่างกันประมาณ 20-40 เมตร หรือตามแนวคันดิน ควรดำเนินการ ในขณะที่บุกเบิกพื้นที่ใหม่

2) มาตรการวิธีกล (Mechanical measure) โดยหลักการนั้น มาตรการทางกลหรือทางวิศวกรรมนั้น เป็นวิธีการที่สำคัญอันหนึ่งในการจัดการที่ดิน ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นสิ่งก่อสร้าง ทั้งถาวรและชั่วคราว เพื่อเป็นตัวขวาง และเบนน้ำไหลบ่าที่ไหลในพื้นที่การเกษตรไปสู่แหล่งกักเก็บ เพื่อลดอัตราการชะล้างพังทลาย สำหรับมาตรการวิธีกลนั้น นอกจากจะช่วยป้องกันการกร่อนของดินแล้ว ยังสามารถช่วยกักเก็บน้ำและปรับปรุงสมรรถนะการซึมของน้ำได้ด้วย การใช้วิธีนี้มีอยู่หลายวิธีซึ่งพอสรุปได้ดังนี้เช่น

(1) คันดินเบนน้ำ (diversion terrace) คือ คันดินเบนน้ำเป็นคันดินขนาดใหญ่ที่สร้างขึ้นขวางความลาดเทของพื้นที่ และในกรณีที่คันดินธรรมดา ไม่สามารถควบคุมน้ำในพื้นที่ได้ ก็ต้องใช้คันดินขนาดใหญ่แทน เพื่อเบนน้ำส่วนใหญ่ออกจากพื้นที่ ไปยังร่องน้ำหรือทางน้ำธรรมชาติ ซึ่งคันดินธรรมดา ไม่สามารถควบคุมได้ ช่วยป้องกันพื้นที่ตอนล่างจากการไหลบ่าของน้ำ โดยมีการลดระดับเพื่อเบนน้ำที่ไหลบ่าลงมาจากพื้นที่ด้านบนไปยังทางระบายน้ำ เป็นคันดินขนาดใหญ่ก่อสร้างตอนบนสุดของพื้นที่ต้องมีการคำนวณออกแบบอย่างถูกต้อง เพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดกับคันดินส่วนล่าง

(2) ขั้นบันไดดิน (bench terrace) คือ เป็นการปรับพื้นที่เป็นขั้นๆ ต่อเนื่องกันคล้ายขั้นบันไดเพื่อลดความยาวและระดับของความลาดเท ช่วยลดการไหลบ่าของน้ำและควบคุมการกร่อนของดิน และสะดวกในการไถพรวน รวมทั้งเก็บกักน้ำไว้ใช้ในการเกษตร ใช้ในพื้นที่ดินลึก ขั้นบันไดดินแบบระดับควรใช้ในพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยกว่า 650 มิลลิเมตรต่อปี และดินลึกมีอัตราซาบซึมน้ำปานกลางถึงสูง สำหรับขั้นบันไดดินแบบเอียงเข้าในพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า 650 มิลลิเมตรต่อปี ดินลึกไม่มากและอัตราการซึมซาบของน้ำปานกลางถึงต่ำ ขั้นบันไดดินแบบลาดเอียงออก ใช้ที่มีความลาดชันปานกลางฝนตกหนัก และดินลึกถึงลึกมาก เป็นวิธีการที่มีค่าใช้จ่ายสูง ควรใช้ในพื้นที่ศักยภาพการผลิตสูง

(3) คูรับน้ำขอบเขา (hillside ditches) คือ คูรับน้ำขอบเขาเป็นคูรับน้ำที่สร้างบริเวณขอบเขาตามแนวระดับ หรือลดระดับเป็นรูปสามเหลี่ยมหรือรูปสี่เหลี่ยมคางหมู เพื่อลดความยาวของความลาดเทของพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงออกเป็นช่วงๆ สามารถเก็บกักน้ำหรือระบายน้ำออกไปในทิศทางที่ต้องการ ทำให้น้ำไหลบ่าแต่ละช่วงมีน้อย และใช้เป็นทางลำเลียงได้ ระยะห่างของคูรับน้ำขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ สภาพแวดล้อม คูรับน้ำขอบเขา เหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่มีความลาดเทน้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์

(4) คันชะลอความเร็วของน้ำ (check dam) คือคันชะลอความเร็วของน้ำเป็นสิ่งก่อสร้างที่สร้างขึ้นในพื้นที่ที่มีการกร่อนของดินแบบร่องลึก เพื่อชะลอความเร็วของน้ำ และช่วยให้เกิดการตกตะกอนทับถมในร่องน้ำ ทำให้น้ำตื้นเขิน ช่วยให้พืชต่าง ๆ ในร่องน้ำที่เพิ่งงอกใหม่ไม่ถูกน้ำพัดพาไปสามารถเจริญเติบโตขึ้นปกคลุมร่องน้ำได้เร็วขึ้น โดยสร้างขวางเป็นช่วง ๆ ในร่องน้ำที่มีการ กัดเซาะ อาจสร้างด้วยเศษไม้ เศษพีซ หิน ดิน หรือคอนกรีตก็ได้ หรือเป็นสิ่งก่อสร้างที่ช่วยลดปัญหาการกัดเซาะในทางระบายน้ำที่ปูด้วยหญ้า ใช้กับพื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายแบบร่องลึก หรือในทางระบายน้ำ

(5) ทางระบายน้ำ (waterways) คือ ทางระบายน้ำเป็นสิ่งก่อสร้างที่สร้างขึ้นเพื่อรับน้ำจากพื้นที่ต่างๆ ที่ถูกเบ้นมา เพื่อให้ไหลไปยังแหล่งที่ต้องการ เช่น อ่างเก็บน้ำ พังงาเลี้ยงสัตว์ และแหล่งธรรมชาติ

(6) บ่อน้ำในไร่นา (farm pond) คือ เป็นพื้นที่ที่สร้างขึ้นโดยการขุดหรือทำคันดินล้อมรอบสำหรับเก็บกักน้ำไว้ในพื้นที่การเกษตร หรือถมดินขวางกั้นทางเดินน้ำหรือร่องน้ำ เพื่อรับน้ำจากคันดิน เบ้นน้ำลงมาเก็บ และนำน้ำไปใช้ในพื้นที่ทำ การเกษตรในช่วงที่มีฝนทิ้งช่วงและในช่วงฤดูแล้ง และใช้อุปโภคบริโภค เลี้ยงสัตว์ ลดปัญหาน้ำท่วม ใช้สำหรับพื้นที่ที่เป็นที่ลุ่มมีน้ำขัง โดยขุดดินตรงจุดต่ำสุดเพื่อกักเก็บน้ำ

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

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

(9) การไถพรวนน้อยครั้ง (minimum tillage) คือ การไถพรวนน้อยครั้งเป็นการไถพรวนในขั้นตอนของการเตรียมดิน สำหรับการปลูกพืชที่เน้นให้มีจำนวนครั้งของการไถพรวนน้อยที่สุด เพื่อป้องกันการกร่อนของดิน และการอัดแน่นเป็นแผ่นแข็งของผิวดิน ประหยัดพลังงาน และแรงงานในการเตรียมดิน ปลูกพืช เหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่มีดินร่วน ดินร่วนปนทราย และมีการระบายน้ำดี และไม่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่มีดินเนื้อละเอียด เช่น ดินร่วนปนดินเหนียว ดินทรายแป้ง และดินเหนียวที่มีการระบายน้ำไม่ดี

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

กรมพัฒนาที่ดิน ได้มีการกำหนดปริมาณการสูญเสียดินสูงสุดที่ยอมรับได้ สำหรับดินในประเทศไทยเป็น 2 ตันต่อไร่ต่อปี ซึ่งการสูญเสียดินในระดับนี้จะไม่ทำให้สมรรถนะของดินสำหรับการเกษตรเปลี่ยนแปลงตลอดระยะเวลา 25 ปี และค่าการสูญเสียดินที่สูงกว่าระดับนี้จะมีผลเสียหายต่อคุณภาพดินและผลผลิตพืชในระยะยาว อัตราการสูญเสียดินในพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศไทย อยู่ระหว่าง 0-50 ตันต่อไร่ต่อปี แสดงว่าในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการชะล้างพังทลาย จะเกิดการสูญเสียดินที่รุนแรงทั้งอัตราและปริมาณ ผลกระทบจากการสูญเสียดินในพื้นที่ส่งผลต่อความสามารถในการให้ผลผลิตของดินและรายได้ของเกษตรกร

ลดลง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพสิ่งแวดล้อม และส่งผลต่อโครงสร้างทางวิศวกรรมและอุตสาหกรรม เช่น การทำลายโครงสร้างถนน ทำให้ทางน้ำและแหล่งน้ำตื้นเขิน เป็นต้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) นอกจากนี้ ยังประเมินการสูญเสียธาตุอาหารในดินที่ถูกพัดพาจากพื้นที่ลุ่มน้ำ ในด้านอัตราการสูญเสียในรูปของ ตะกอนดิน ธาตุอาหารพืช และคุณค่าทางเศรษฐกิจในรูปของปุ๋ย พบว่า มูลค่าธาตุอาหารพืชจากตะกอนดินที่ถูกชะล้างไปทั่วประเทศ จะสูญเสียธาตุไนโตรเจนในรูปของปุ๋ยยูเรีย ประมาณ 294,128 ตันต่อปี ปริมาณ ฟอสฟอรัสในรูปของปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต ประมาณ 275,040 ตันต่อปี และปริมาณโพแทสเซียมในรูปของปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ ประมาณ 1,040,314 ตันต่อปี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556)

มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ความลาดชันเป็นปัจจัยสำคัญที่ก่อให้เกิดการกร่อนของดิน ดังนั้น มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ จึงผันแปรไปตามความลาดชัน ตั้งแต่ลักษณะพื้นที่ราบ พื้นที่ดอน และพื้นที่สูง ซึ่งมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ใช้กันแบ่งออกตามลักษณะของมาตรการได้ 2 ประเภท คือมาตรการวิธีกล (mechanical measures) และมาตรการวิธีพืช (vegetative measures) การเลือกใช้มาตรการใดนั้นควร พิจารณาลักษณะของดิน ภูมิประเทศ ปริมาณน้ำฝน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยเลือกวิธีการผสมผสาน มาตรการให้เหมาะสมเพื่อให้การทำการเกษตรเกิดความยั่งยืน และช่วยเสริมให้การอนุรักษ์ดินและน้ำ มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การกำหนดวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ ในการดำเนินการอนุรักษ์ดินและน้ำ ให้เกิดประโยชน์และ ประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อนำไปสู่แนวทางของปฏิบัติสำหรับเจ้าหน้าที่ ในสนามและการยอมรับของเกษตรกร สามารถกำหนดวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำได้ดังต่อไปนี้

วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อป้องกันการสูญเสียดิน รูปแบบการดำเนินงานโดยทั่วไป คือ บริเวณ พื้นที่สูง ถ้าเป็นภูเขาสูง ให้เป็นพื้นที่ป่าไม้หรือถ้ามีการทำการเกษตรอยู่แล้ว ก็ควรจะมีการปลูกไม้ผลไม้นาน ควบคู่ไปกับพืชคลุมดินทดแทนการปลูกพืชไร่และจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ เช่น ชั้บันไคดิน เป็นต้น ตามความจำเป็น

บริเวณที่ดอน บริเวณที่ปลูกพืชไร่อยู่แล้ว และจะต้องมีการปลูกพืชไร่ ไม้ผลไม้นาน ต้นไม้โตเร็ว และพืชคลุมดินควรปลูกเป็นแถบล้อมความลาดเทตามขอบเขตการถือครองที่ดินของ เกษตรกร

บริเวณที่ลุ่ม พื้นที่ที่อยู่ตอนใต้ของแหล่งน้ำที่สร้างไว้แล้ว และมีปริมาณน้ำเพียง พอที่จะนำมาใช้ ในการเพาะปลูกในฤดูแล้งควรทำการปรับปรุงรูปแบบของแปลงนาให้มีเนื้อที่ เพาะปลูกเพิ่มขึ้นและทำทางรับ น้ำจากแหล่งน้ำเข้าแปลงเพาะปลูก นอกจากนี้ควรสร้างหรือขุดบ่อ น้ำตื้นให้กระจายกระจายในพื้นที่เพื่อ นำมาใช้ในการเพาะปลูกฤดูแล้ง

วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อหยุดยั้งการกร่อนของดิน การกำหนดแผนการใช้ที่ดินกับการ อนุรักษ์ดินและน้ำมีดังนี้

พื้นที่บริเวณที่ปลูกพืชไร่ พื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยถึงปานกลาง (0-8 เปอร์เซ็นต์) ควรทำการ ไถพรวนขวางความลาดเทในช่วงระยะที่ดินมีความชื้นที่เหมาะสม เพื่อป้องกันและรักษาคุณสมบัติทาง กายภาพของดิน ไม่ควรปลูกพืชชนิดเดียวกันซ้ำพื้นที่เป็นระยะเวลานานใช้วัสดุคลุมดินเพื่อเป็นการอนุรักษ์ดิน และน้ำทำคันดินกั้นน้ำพร้อมทางระบายน้ำแบบลดระดับเพื่อลดความเร็วของน้ำไหลบ่าและป้องกันการกร่อน

ของดินและควรปลูกพืชคลุมดินบนคัน และเมื่อไม่ได้ใช้ประโยชน์จากที่ดินนั้นๆควรปลูกพืชคลุมดินเอาไว้และปรับปรุงบำรุงดินเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน

ส่วนพื้นที่ที่มีความลาดชันค่อนข้างสูง (8-16 เปอร์เซ็นต์) การใช้พื้นที่เพื่อการเกษตรควรมีการจัดการที่ดีทั้งในด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ การปรับปรุงบำรุงดินการอนุรักษ์ดินและน้ำ ควรจะปฏิบัติเช่นเดียวกันและควรปฏิบัติเพิ่มเติมคือ ทำคันดินกั้นน้ำ (contour terrace) พร้อมทางระบายน้ำตามแนวระดับเพื่อลดความเร็วของน้ำไหลบ่าพร้อมทางระบายน้ำ และมีการปลูกพืชคลุมบนคันดินหรืออาจจะทำคันดินแบบขั้นบันได ใช้วัสดุคลุมดินระหว่างแถวพืชที่ปลูกหรือปลูกพืชสลับเป็นแถบ มีการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์พร้อมกับการใช้ยาปราบศัตรูพืช สำหรับพืชที่ปลูกตามความเหมาะสม จัดระบบการปลูกพืชให้เหมาะสมและ

ในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง (16-35 เปอร์เซ็นต์)การอนุรักษ์ดินและน้ำนอกจากเช่นเดียวกับข้างต้นแล้วควรดำเนินการเพิ่มเติมคือ ทำขั้นบันไดดินพร้อมทางระบายน้ำโดยใช้แรงคนแล้วปลูกพืชคลุมดินบริเวณทางระบายน้ำในกรณีที่มีปัญหาอาจทำคูรับขอบเขาหรือปลูกหญ้าเป็นแถบ และอาจจะใช้วิธีการอื่นเข้าช่วยเช่นไถพรวนดินให้น้อยที่สุดปลูกพืชสลับเป็นแถบขวางความลาดเทและใช้วัสดุคลุมดิน เป็นต้น

พื้นที่ที่ใช้ปลูกไม้ผลหรือไม้ยืนต้น แบ่งตามระดับความลาดชันคือ พื้นที่ที่มีความลาดชันสูง 16-35 เปอร์เซ็นต์ การใช้ที่ดินในการปลูกไม้ผลหรือไม้ยืนต้น ส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝนแนวทางในการอนุรักษ์ดินและน้ำคือ ทำคันดินแบบขั้นบันไดที่มีทางระบายน้ำ แล้วปลูกพืชคลุมดินระหว่างต้นไม้ผล เพื่อเป็นการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน และสะดวกต่อการดูแลรักษา ควรมีการปรับปรุงบำรุงดิน เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน พื้นที่ความลาดชัน 35 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป สภาพพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงมาก โดยปกติแล้วไม่แนะนำให้ทำการกสิกรรมใดๆ แต่ถ้ามีความจำเป็นในการใช้พื้นที่จริงๆ ก็พอจะปรับปรุงให้สามารถปลูกไม้ผลหรือไม้ยืนต้นได้บ้าง โดยมีแนวทางในการจัดการคือ ทำคูรับน้ำขอบเขาแล้วระบายน้ำไปยังทางน้ำธรรมชาติและไถพรวนดินเฉพาะเท่าที่จำเป็นเท่านั้น

3.2.8 หญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ

กรมพัฒนาที่ดิน (2567ข) การบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะทรัพยากรดิน ซึ่งมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตของมนุษย์ พระบาทสมเด็จพระบรมชนกาธิเบศร มหาภูมิพลอดุลยเดชมหาราช บรมนาถบพิตร ทรงให้ความสำคัญและมีพระราชดำริตั้งแต่วันที่ พ.ศ.2534 ให้นำหญ้าแฝก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty ชื่อสามัญคือ Vetiver Grass ซึ่งเป็นพืชที่มีคุณลักษณะพิเศษมีรากยาว หยั่งลึกแผ่กระจายเป็นตาข่ายลงไปในดินเสมือนเป็นกำแพงธรรมชาติที่มีชีวิตมาใช้แก้ปัญหาการกร่อนของดินอย่างต่อเนื่อง ทรงเน้นความสำคัญของหญ้าแฝกในการอนุรักษ์ดินและน้ำ ครอบคลุมการดำเนินงานทั้งการศึกษา วิจัย วิธีการปลูกเพื่อประโยชน์ในการป้องกันการกร่อนของดิน ซึ่งกรมพัฒนาที่ดินได้ดำเนินการศึกษาการใช้ประโยชน์หญ้าแฝกรูปแบบต่างๆ ตั้งแต่นั้นมาจนถึงปัจจุบัน นำแนวทางพระราชดำริมากำหนดเป็นนโยบาย การศึกษา วิจัยและพัฒนาการบริหารจัดการการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์เพื่อให้การนำหญ้าแฝกไปใช้ประโยชน์เกิดผลสัมฤทธิ์ โดยมีหมอดินอาสาซึ่งเป็นเกษตรกรผู้นำในพื้นที่ปฏิบัติงานอยู่ทั่วประเทศ จัดทำแปลงสาธิตการใช้ประโยชน์หญ้าแฝกและช่วยเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ผลงานหญ้าแฝกไปยังเกษตรกรในพื้นที่ใกล้เคียง

หญ้าแฝก มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Chrysopogon zizanioides* (L.) Roberty ชื่อสามัญคือ Vetiver Grass เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยววงศ์หญ้าชนิดหนึ่งเช่นเดียวกับ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง อ้อย พบกระจายอยู่ทั่วไปตามภาคต่างๆ ของประเทศ สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินเกือบทุกชนิด ทนต่อสภาพความแห้งแล้งและสภาพน้ำท่วมขังได้ดี สามารถเจริญเติบโตได้ในสภาพภูมิประเทศที่เป็นที่ราบใกล้เคียงระดับทะเล ถึงพื้นที่ภูเขาสูงที่ระดับ 2,000 เมตร จากระดับทะเล หรือในพื้นที่ดินเปรี้ยว ดินด่าง ดินเค็ม ดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำรวมทั้งพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำ ฝนน้อย 200 มิลลิเมตร ถึงพื้นที่ที่มีฝนตกชุกถึง 5,000 มิลลิเมตร และพื้นที่สภาพภูมิอากาศ หนาวเย็น -9 องศาเซลเซียส ถึงอากาศร้อนจัด 45 องศาเซลเซียส เป็นพืชที่มีระบบรากลึกและแผ่กระจายลงไป ในดินตรงๆ มีอายุหลายปี ขึ้นเป็นกอใหญ่ ขนาดของกอประมาณ 8-14 เซนติเมตร มีความสูงของลำต้นประมาณ 100-200 เซนติเมตร ใบแคบยาวประมาณ 35-100 เซนติเมตร กว้าง 0.4-1.2 เซนติเมตร มีรากเป็นกระจุก

หญ้าแฝกที่นำมาใช้ประโยชน์ด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำทั่วโลก คือหญ้าแฝกกลุ่มจากประเทศอินเดีย ซึ่งได้รับการส่งเสริมและเผยแพร่โดยธนาคารโลก ประเทศไทยได้รับพันธุ์หญ้าแฝกดังกล่าวมา เช่นเดียวกันในช่วงต้นปี พ.ศ.2535 ซึ่งเป็นขณะเดียวกันที่กรมพัฒนาที่ดินเริ่มมีการศึกษาการใช้ประโยชน์หญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ และพบว่าหญ้าแฝกที่ขึ้นในประเทศไทยมีการกระจายทั่วไปขึ้นได้ทั้งในสภาพพื้นที่ลุ่มและพื้นที่ดอน รวมทั้งในดินสภาพต่างๆ จึงได้มีการรวบรวมหญ้าแฝกจากแหล่งต่างๆ ทั่วประเทศ เพื่อศึกษาและคัดเลือกพันธุ์ที่มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ในการอนุรักษ์ดินและน้ำและสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพพื้นที่และเนื้อดินประเภทต่างๆ กัน

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

หญ้าแฝกกลุ่ม 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 พิษณุโลก และพันธุ์กำแพงเพชร 1

ต่อมากรมพัฒนาที่ดินได้ศึกษาเปรียบเทียบการเจริญเติบโต และคัดเลือกพันธุ์หญ้าแฝกที่มีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการอนุรักษ์ดินและน้ำ สามารถเจริญเติบโตเหมาะสมกับสภาพท้องถิ่นได้แนะนำและรณรงค์ส่งเสริม การนำไปใช้ประโยชน์ จำนวน 10 พันธุ์ แบ่งเป็นหญ้าแฝกกลุ่ม 4 พันธุ์ และหญ้าแฝกดอน 6 พันธุ์

นอกจากพันธุ์หญ้าแฝกในประเทศไทยแล้ว มีการนำหญ้าแฝกกลุ่มจากต่างประเทศเข้ามาหลายพันธุ์ เช่น พันธุ์ศรีลังกา พันธุ์อินเดียเหนือ(พระราชทาน) พันธุ์อินเดียใต้ (เขาค้อ) พันธุ์อินโดนีเซีย พันธุ์ไทเป พันธุ์ญี่ปุ่น พันธุ์บราซิล พันธุ์กัวเตมาลา พันธุ์มอนโตและพันธุ์ฟิจิ ซึ่งพันธุ์ต่างๆ เหล่านี้ มีอยู่ 2 พันธุ์ที่

เหมาะสมและนำมาใช้ส่งเสริมเพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์ดินและน้ำทางภาคเหนือ คือ พันธุ์ศรีลังกา และพันธุ์อินเดียนเหนือ (พระราชทาน)

การปลูกหญ้าแฝกเพื่อป้องกันการกร่อนของดิน พื้นที่ลาดชัน ควรปลูกเป็นแถวเดี่ยวตามแนวระดับขวางความลาดเทของพื้นที่ เพื่อชะลอการไหลบ่าของน้ำ และดักตะกอนดินจากพื้นที่ด้านบน และยังช่วยให้มีน้ำมีโอกาสซึมลงดินมากขึ้น ส่วนระยะห่างระหว่างแถวของหญ้าแฝกขึ้นกับความชันของพื้นที่ ยิ่งพื้นที่มีความชันสูงจะปลูกหญ้าแฝกโดยให้มีระยะระหว่างแถวน้อยลง จำนวนแถวจะเพิ่มขึ้น หรือปลูกร่วมกับวิธีกล เช่น ปลูกหญ้าแฝกตามแนวขอบขั้นบันไดดินเพื่อให้หญ้าแฝกช่วยลดการกร่อนของดินได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สำหรับพื้นที่ระหว่างแถวหญ้าแฝกสามารถปลูกพืชหลักได้ด้วย

4. สรุปสาระสำคัญ ขั้นตอนการดำเนินการ และเป้าหมายของงาน

4.1 บทคัดย่อ

การศึกษาผลของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดบนพื้นที่สูง ในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำจันทอนบน ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระยะห่างแนวตั้งที่เหมาะสมของคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝกสำหรับการปลูกข้าวโพดบนพื้นที่สูง และศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและกายภาพของดินเมื่อมีวิธีการจัดการดินที่ต่างกัน พื้นที่ดำเนินการที่บ้านตงจาไส หมู่ที่ 13 ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ในกลุ่มชุดดินที่ 30 ชุดดินดอยปุย (Doi Pui series: Dp) ระยะเวลาดำเนินการระหว่าง ปี พ.ศ. 2557-2559 วางแผนการทดลองแบบ Split Plot in Randomized Complete Block Design จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย ปัจจัยหลักคือหญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 (M1) และหญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน (M2) สำหรับปัจจัยรองประกอบด้วย 5 วิธีการ ดังนี้ ไม่มีระบบอนุรักษ์และไม่ใส่ปุ๋ย (S1) คูรับน้ำขอบเขามีระยะห่างในแนวตั้ง (V.I.) 4 เมตร ร่วมกับแถบหญ้าแฝกมีระยะห่างในแนวตั้ง (V.I.) 4 เมตร (S2) คูรับน้ำขอบเขามีระยะห่างในแนวตั้ง (V.I.) 4 เมตร ร่วมกับแถบหญ้าแฝกมีระยะห่างในแนวตั้ง (V.I.) 8 เมตร (S3) แถบหญ้าแฝกมีระยะห่างในแนวตั้ง (V.I.) 4 เมตร (S4) และคูรับน้ำขอบเขามีระยะห่างในแนวตั้ง (V.I.) 8 เมตร ร่วมกับแถบหญ้าแฝกมีระยะห่างในแนวตั้ง (V.I.) 4 เมตร (S5)

ผลการทดลองพบว่า ผลผลิตข้าวโพด วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ใช้ปลูกแถบหญ้าแฝก ระยะห่างในแนวตั้ง (V.I.) 4 เมตร ในปี 3 มีแนวโน้มให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงที่สุด 1,683.13 กิโลกรัมต่อไร่ สำหรับปริมาณการสูญเสียดิน วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ใช้วิธีคูรับน้ำขอบเขาร่วมกับปลูกแถบหญ้าแฝกด้านนอก คูรับน้ำขอบเขา และแถบหญ้าแฝกมีระยะห่างในแนวตั้ง 4 เมตร มีการสูญเสียดินน้อย ซึ่งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ค่าเฉลี่ยการสูญเสียดินระหว่าง ปี พ.ศ. 2557-2559 พบว่ามีการสูญเสียดิน 584.69 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี คิดเป็น 34.88 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการไม่มีวิธีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยจะมีปริมาณการสูญเสียดินที่สูงถึง 1,482.71 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับตะกอนดินคือ ปริมาณไนโตรเจนที่สูญเสียไปเฉลี่ย 3.78 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินที่สูญเสียไปเฉลี่ย 0.59 กิโลกรัม P_2O_5 ต่อไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินที่สูญเสียไปเฉลี่ย 0.50 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่

ในส่วนของสมบัติดินทางเคมีของการใช้หญ้าแฝกและวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต ดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างหรือค่าพีเอช 4.59-4.69 ซึ่งจัดอยู่ในระดับกรดจัดถึงกรดรุนแรง ปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นในระดับสูงถึงสูงมาก 4.30-4.76 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ลดลง เท่ากับ 1.00-1.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับต่ำมาก และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง เท่ากับ 44.47-53.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในเกณฑ์ระดับต่ำถึงปานกลาง การศึกษาในพื้นที่ลาดชันต่ำกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ การปลูกข้าวโพด ควรใช้ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีพืชคือแถบหญ้าแฝกมีระยะห่างในแนวตั้ง (V.I.) 4 เมตร ให้ผลตอบแทนดีที่สุดโดยมี NPV สูงถึง 70,299.21 บาท BCR เท่ากับ 3.41 และ ROI สูงถึง 240.92 เปอร์เซ็นต์ สามารถให้ความคุ้มค่าสูงสุดในเชิงเศรษฐกิจ เพื่อลดการสูญเสียหน้าดินและธาตุอาหารในดิน การศึกษาเชิงลึกในด้านผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ จากการใช้ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่ง เพื่อเป็นข้อเสนอแนะทางนโยบายพัฒนาระบบการเกษตรบนพื้นที่สูง ให้มีประสิทธิภาพต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ หญ้าแฝก คูรับน้ำขอบเขา ระยะห่างในแนวตั้ง

4.2 Abstract

Study of the Effects of Soil and Water Conservation Measures on the Growth Rate and Yield of Corn in Highland Areas of Maejun Sub-watershed, Mae Salong Nok Subdistrict, Mae Fah Luang District, Chiang Rai Province. The objectives were to determine the vertical interval and vetiver grass measures suited to the growing of corn on upland and to study the changes in the chemical and physical properties of the soil that differed in soil management. The study area was at Ban Tong Ja Sai, Moo 13, Maeslong Noak sub-district. In the Doi Pui series: Dp. During the years 2013-2016. The split plot in the randomized complete block design with 3 replications was applied in this study. The experiment consisted of the Main Plot, including vetiver grass Songkhla 3 variety (M1) and vetiver grass pharachatan variety (M2), and the Sub Plot, which had 5 treatments as the following: S1= no Hillside Ditch and no fertilizer, S2=Hillside Ditch (vertical interval 4 meters) with the vetiver grass outside Hillside Ditch (vertical interval 4 meters), S3=Hillside Ditch (vertical interval 4 meters) with the vetiver grass outside Hillside Ditch (vertical interval 8 meters) S4 is the vetiver grass outside Hillside Ditch (vertical interval 4 meters), as well as S5, Hillside Ditch (vertical interval 8 meters), with the vetiver grass outside Hillside Ditch (vertical interval 4 meters).

The results revealed that the average soil loss of S2 and S3 was less than a system without soil and water conservation, with 584.69 kg/rai/year and 1,482.71 kg/rai/year, respectively. The soil loss of S2 and S3 was 34.88 percent. According to the loss of nutrients contained in the sediment, the total loss of nitrogen was 3.78 kg (N)/rai, phosphorus loss was

0.59 kg (P_2O_5)/rai, and potassium loss was 0.50 kg (K_2O)/rai. However, there was no statistically significant difference between the soil properties regarding the use of vetiver grass and the soil and water conservation system. After harvesting, the properties of soil were changed into extremely acidic with pH 4.59-4.69. Organic matter content ranged from 4.30 to 4.76 percent. While phosphorus decreased to range between 1 and 1.1 milligrams/kg, which was classified as a very low level. In addition to the loss, potassium fell to range from 44.47 to 53.47 percent, which was defined as low to the middle level. In areas with slopes less than 35 percent, corn cultivation using a soil and water conservation system with vetiver grass strips spaced at a vertical interval (V.I.) of 4 meters provides the highest economic return. This method yielded a Net Present Value (NPV) of 70,299.21 baht, a Benefit-Cost Ratio (BCR) of 3.41, and a Return on Investment (ROI) of 240.92 percent, indicating the most economically viable option for reducing topsoil and nutrient losses. As a result, a strategy for encouraging farmers to plant corn on high land using the soil and water conservation system should be implemented. A further study regarding an economic return is necessary and crucial to potentially enhance farmers on high land in the future.

Keywords: Corn, soil and water conservation, vetiver grass, hillside ditch, vertical interval

4.3 หลักการและเหตุผล

4.3.1 เขตพัฒนาที่ดิน

เขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำแม่จันเขตที่ 1 ชร.4 (2556) มีพื้นที่ 140,422 ไร่ และเขตพัฒนาที่ดิน ลุ่มน้ำแม่จันเขตที่ 2 ชร.5 (2556) มีพื้นที่ 255,290 ไร่ อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาน้ำแม่จัน (0203) ลุ่มน้ำหลักแม่น้ำโขง (02) ครอบคลุมอำเภอแม่จัน อำเภอแม่ฟ้าหลวง และอำเภอเชียงแสน จังหวัดเชียงราย ลักษณะพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน ที่ลาดเชิงเขาและเนินเขา ที่มีความลาดชันสูง ดินผ่นแปรไปตามชนิดของหิน มีทั้งที่เป็นดินต้นและดินลึก ลักษณะดินง่ายต่อการถูกชะล้างพังทลาย เสี่ยงต่อการเกิดดินถล่ม น้ำป่าไหลหลากและน้ำท่วมในพื้นที่ลุ่มเมื่อฝนตกหนัก พื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการทำการเกษตร แต่เนื่องจากพื้นที่ราบมีจำกัด ทำให้มีการใช้ประโยชน์พื้นที่ดังกล่าว และตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวงจังหวัดเชียงราย อยู่ในพื้นที่ต้นน้ำของโครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงแม่สลอง มีพื้นที่ 163.56 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น 102,230 ไร่ แบ่งเป็นพื้นที่อยู่อาศัย 2,518 ไร่ พื้นที่ป่าไม้ 60,667 ไร่ พื้นที่ลำห้วย หนองน้ำ แม่น้ำ 259 ไร่ และพื้นที่ทำการเกษตร 38,786 ไร่ สภาพป่าทั่วไปถูกถางทำลายและทำไร่หมุนเวียนเพื่อปลูกข้าวไร่และข้าวโพดในพื้นที่ พบปัญหาการบุกรุกพื้นที่ป่าเพื่อทำการเกษตร เพื่อการปลูกพืชเชิงเดี่ยว เกิดการกร่อนและเสื่อมโทรมของดิน ผลมาจากการเผา และการใช้สารกำจัดวัชพืช จึงควรมีการส่งเสริมให้ชุมชนมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์และฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม เช่น การปลูกป่าชาวบ้าน การปลูกหญ้าแฝก การฟื้นฟูป่าชุมชน การจัดทำฝาย การลดใช้ สารเคมีและลดการเผา การทำปุ๋ยหมัก ปุ๋ยชีวภาพ

และการจัดทำแผนที่ดินรายนแปลงและปรับระบบการใช้พื้นที่ให้เหมาะสม โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน หน่วยงานต้นน้ำ ความต้องการและความจำเป็นในการพัฒนาของชุมชน คืออนุรักษ์และฟื้นฟูป่าต้นน้ำ พัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการเกษตรเป็นหลัก รวมทั้งน้ำเพื่อการอุปโภคและบริโภค ส่งเสริมการประกอบอาชีพการเกษตร และนอกภาคเกษตร ปรับปรุงคุณภาพผลผลิตการเกษตรและหาช่องทางการตลาดรองรับ ลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ ส่งเสริมการทำเกษตรแบบปลอดภัย เกษตรอินทรีย์โดยยึดหลักเศรษฐกิจพอเพียง ส่งเสริมสาธิตการทำการเกษตรโดยมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม

4.3.2 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ข้าวโพดเป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งทำรายได้ให้กับประเทศปีละกว่า หมื่นล้านบาท ปลูกมากในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือและภาคกลางตามลำดับพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในเขตเกษตรอาศัยน้ำฝน เป็นพื้นที่ดอนและมีความลาดชัน สภาพพื้นที่นี้เมื่อมีฝนตกจะเกิดน้ำไหลบ่าเกิดปัญหาการกร่อนของดินสูง ทำให้ดินเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว ข้าวโพด (Maize) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Zea mays* L. เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทยชนิดหนึ่ง อยู่ในวงศ์ Gramineae วงศ์ย่อย Panicoideae เจริญเติบโตได้ดีในดินแทบทุกชนิด โดยเฉพาะในดินร่วนปนทราย ที่มีการระบายน้ำดี และมีปริมาณแร่ธาตุอาหารพืชอุดมสมบูรณ์ดี มีค่าพีเอชของดิน ระหว่าง 5.5-7.0 มีอินทรีย์วัตถุสูงกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสไม่ต่ำกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ โพแทสเซียม ไม่ต่ำกว่า 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พื้นที่ปลูกควรเป็นพื้นที่ดอนน้ำไม่ท่วมขังและความลาดชันต่ำ ถ้าดินมีค่าความเป็นกรดเป็นด่างต่ำกว่า 5.5 ควรหว่านด้วยปูนขาวอัตรา 200-400 กิโลกรัมต่อไร่ การใช้ปุ๋ยเคมีในข้าวโพด พื้นที่ที่เป็นดินเหนียวสีดำ ให้ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 20-20-0 อัตรา 40 กิโลกรัมต่อไร่ หรือสูตร 16-20-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ รองกันหลุมพร้อมปลูก และใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ หรือสูตร 46-0-0 อัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ โดยข้างแถวหลังปลูก 20-25 วัน พื้นที่ที่เป็นดินเหนียวสีแดง ให้ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-20-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ รองกันหลุมพร้อมปลูก และใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ หรือสูตร 46-0-0 อัตรา 10 กิโลกรัมต่อไร่ โดยข้างแถวหลังปลูก 20-25 วัน พื้นที่ที่เป็นดินร่วน หรือดินร่วนปนทราย ให้ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 16-16-8 หรือสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ รองกันหลุมพร้อมปลูก และใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ โดยข้างแถวหลังปลูก 20-25 วัน แล้วพรวนดินกลบ (กรมวิชาการเกษตร, 2547) การปลูกข้าวโพดในพื้นที่ที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงลาดชัน ดินร่วนเหนียวปนทราย ใช้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 อัตรา 60-80 กิโลกรัมต่อไร่ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547) ข้าวโพดปลูกมากในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลางตามลำดับพื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ในเขตเกษตรอาศัยน้ำฝน เป็นพื้นที่ดอนและมีความลาดชัน สภาพพื้นที่นี้เมื่อมีฝนตกจะเกิดน้ำไหลบ่าเกิดปัญหาการกร่อนของดินสูง ทำให้ดินเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547)

ข้าวโพดเป็นพืชที่ปลูกได้ทุกภาคของประเทศไทย ทั้งสภาพพื้นที่ที่เป็นที่ราบและที่ดอน ไม่มีน้ำท่วมขัง แต่ต้องมีปริมาณน้ำเพียงพอสำหรับใช้ตลอดฤดูปลูก เนื้อดินเป็นดินร่วนหรือร่วนเหนียวปนทรายหรือร่วนปนทราย มีปริมาณอินทรีย์วัตถุไม่น้อยกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มากกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่า 40 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ความอุดมสมบูรณ์จัดอยู่ในระดับสูง หน้าดินลึกประมาณ 25-30 เซนติเมตร และมีค่าความเป็นกรดเป็นด่าง

ระหว่าง 5.5-6.8 ข้าวโพดจัดเป็นธัญพืชที่สำคัญลำดับ 3 รองจากข้าวสาลีและข้าว และแหล่งคาร์โบไฮเดรต และโปรตีนสำหรับมนุษย์และสัตว์ ผลผลิตของข้าวโพดจะขึ้นอยู่กับจำนวนเมล็ดต่อพื้นที่และน้ำหนักเมล็ด ซึ่งพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการลดลงของปริมาณของผลผลิตข้าวโพด คือ จำนวนเมล็ด โดยจะขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารในดิน ความชื้นดินและความเข้มของแสง ด้านปริมาณความต้องการธาตุอาหารของธาตุอาหารหลักประกอบด้วย ธาตุไนโตรเจน ธาตุฟอสฟอรัสและธาตุโพแทสเซียม นั้นจะขึ้นอยู่กับชนิดของดิน ภูมิอากาศ เป้าหมายผลผลิต พันธุ์ข้าวโพด และการจัดการ เช่น ธาตุไนโตรเจน โดยปกติประสิทธิภาพการดูดใช้ธาตุไนโตรเจน (apparent fertilizer N recovery, AFNR) ของข้าวโพดมีค่าประมาณ 30-70 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น ชนิดดิน อัตราปุ๋ยไนโตรเจนที่ใช้และการจัดการน้ำ โดยค่า AFNR จะลดลงเมื่อเพิ่มอัตราการใส่ปุ๋ยให้สูงขึ้น และดินที่มีเนื้อหยาบจะสูงกว่าดินเนื้อละเอียด ทั้งนี้เนื่องจากดินเนื้อละเอียดสามารถปลดปล่อยไนโตรเจนที่เป็นประโยชน์ต่อพืชโดยกระบวนการ mineralization ได้มากกว่าดินเนื้อหยาบ ดังนั้นการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนในอัตราที่เหมาะสม จึงช่วยให้ได้ผลผลิตสูง เนื่องจากมีประสิทธิภาพการดูดใช้ ไนโตรเจนสูง (คณาจารย์ภาควิชาปฐพี, 2548ก)

4.3.3 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่ดอนและพื้นที่สูง

ความลาดชันของพื้นที่นับเป็นปัจจัยสำคัญที่สุดในกระบวนการกร่อนของดิน ซึ่งแบ่งได้เป็น 6 ระดับ คือ พื้นที่ราบเรียบถึงค่อนข้างราบเรียบ (0-2 เปอร์เซ็นต์) ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย (2-5 เปอร์เซ็นต์) ลูกคลื่นลอนลาด (5-12 เปอร์เซ็นต์) ลูกคลื่นลอนชัน (12-20 เปอร์เซ็นต์) เนินเขา (20-35 เปอร์เซ็นต์) และพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อนหรือที่ลาดชันสูง (>35 เปอร์เซ็นต์) เมื่อความลาดชันมากขึ้นอัตราการกร่อนของดินจะมากขึ้นด้วย เนื่องจากน้ำไหลบ่าหน้าดินได้รวดเร็วและรุนแรง จึงไม่ควรปลูกพืชในพื้นที่ที่มีความลาดชันเกินกว่า 35 เปอร์เซ็นต์ หากต้องการปลูกพืชในพื้นที่ลาดชันจะต้องมีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อชะลอการสูญเสียหน้าดิน การใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำทั้งมาตรการวิธีกลและมาตรการวิธีพืชที่เหมาะสมตามความลาดชัน ซึ่งนอกจากพิจารณาระดับความลาดชันของพื้นที่เป็นสำคัญแล้ว ยังได้พิจารณาสมบัติของดิน อาทิ เนื้อดิน ความลึกของดิน การระบายน้ำ ปริมาณน้ำฝน ปริมาณน้ำไหลบ่า การใช้ประโยชน์ที่ดิน

มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่ดอนและพื้นที่สูง ที่นับว่ามีประสิทธิภาพในด้านการป้องกันตะกอนดินไม่ให้ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ คือ แนวหญ้าแฝกและคูรับน้ำขอบเขา (hillside ditch) ซึ่งจะมีระยะห่างระหว่างแนวอนุรักษ์ผันแปรไปตามระยะห่างในแนวตั้ง (vertical interval, V.I.) แต่เมื่อนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบการปลูกพืชไร่หรือพืชชนิดต่างๆ โดยเฉพาะการปลูกข้าวโพดที่มีความจำเป็นจะต้องมีการไถพรวนดิน พบว่าระยะระหว่างแถบอนุรักษ์ดังกล่าว เป็นอุปสรรคต่อการไถพรวนเพื่อเตรียมพื้นที่สำหรับปลูกพืช เกษตรกรบางส่วนจึงไถพรวนเอาระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ คูรับน้ำขอบเขา (hillside ditch) นั้นออกจากพื้นที่ นอกจากนี้ยังพบว่าในพื้นที่ที่ทำการปลูกข้าวโพดที่อยู่ระหว่างแถบอนุรักษ์ดินและน้ำยังคงเกิดกระบวนการชะล้างพังทลายของผิวน้ำดิน จึงทำให้พื้นที่ดังกล่าวสูญเสียความอุดมสมบูรณ์อย่างรวดเร็ว ในปัจจุบันได้มีการนำเอาหญ้าแฝกเข้ามาร่วมในระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ เนื่องจากเป็นพืชที่มีระบบรากลึกทำให้สามารถยึดและดักตะกอนดินไม่ให้ไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ ซึ่งจากผลการศึกษาเกี่ยวกับมาตรการ

ปลูกแถบหญ้าระยะห่างต่างๆกันในการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูงของวาสุเทพ และคณะ (2537) พบว่าการปลูกข้าวไร่ระยะห่างระหว่างแถบหญ้าแฝกตามค่า V.I.3 เมตร และวิธีการปลูกข้าวไร่ระยะห่างระหว่างแถบหญ้าที่ตามค่า V.I.3 เมตรเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ การปรับปรุงบำรุงดิน รวมทั้งการให้ผลผลิตตอบแทนที่คุ้มค่า เพราะวิธีการทั้งสองสามารถชะลอปริมาณน้ำไหลบ่าให้ลงดินได้มากขึ้น ช่วยดักตะกอนดินไม่ให้ไหลลงสู่พื้นแหล่งน้ำธรรมชาติและเสียพื้นที่เพาะปลูกไปมากนัก สอดคล้องกับทงศักดิ์ และคณะ (2554) ศึกษาระยะห่างที่เหมาะสมของคูรับน้ำขอบเขาเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูง ชุดดินหนองมด (Nm) กลุ่มชุดดินที่ 29 อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย ปลูกข้าวไร่ระยะห่างในแนวตั้งที่เหมาะสมสำหรับคูรับน้ำขอบเขาบนพื้นที่ที่มีความลาดชัน 15-25 เปอร์เซ็นต์ คือ 3 เมตร ลดปริมาณตะกอนดินได้ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ ของตะกอนดินในพื้นที่ที่ไม่ระบบคูรับน้ำขอบเขา รองลงมาคือ 3.5 เมตร ลดปริมาณตะกอนดินได้ 55 เปอร์เซ็นต์ และ 4.0 เมตร ลดปริมาณตะกอนดินได้ 50 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณการสูญเสียดินระยะห่างในแนวตั้ง 4.5 เมตร มีการสูญเสียตะกอนดินมากที่สุดคิด เป็นปริมาณธาตุอาหารเท่ากับ 62.29 กิโลกรัม สำหรับการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวไร่ พบว่าการเปลี่ยนแปลงระยะห่างในแนวตั้งของคูรับน้ำขอบเขาไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวไร่ที่ปลูก แต่การเปลี่ยนแปลงระยะห่างในแนวตั้งของระบบอนุรักษ์ดินและน้ำแบบคูรับน้ำขอบเขามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินน้อยกว่าการจัดการพื้นที่

พื้นที่บริเวณที่ปลูกพืชไร่ พื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยถึงปานกลาง (0-8 เปอร์เซ็นต์) ควรทำการไถพรวนขวางความลาดเทในช่วงระยะที่ดินมีความชื้นที่เหมาะสม เพื่อป้องกันและรักษาคุณสมบัติทางกายภาพของดิน ไม่ควรปลูกพืชชนิดเดียวกันซ้ำพื้นที่เป็นระยะเวลานานใช้วัสดุคลุมดินเพื่อเป็นการอนุรักษ์ดินและน้ำทำคันดินกั้นน้ำพร้อมทางระบายน้ำแบบลดระดับเพื่อลดความเร็วของน้ำไหลบ่าและป้องกันการกร่อนของดินและควรปลูกพืชคลุมดินบนคัน และเมื่อไม่ได้ใช้ประโยชน์จากที่ดินนั้นๆควรปลูกพืชคลุมดินเอาไว้และปรับปรุงบำรุงดินเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แกดิน

ส่วนพื้นที่ที่มีความลาดชันค่อนข้างสูง (8-16 เปอร์เซ็นต์) การใช้พื้นที่เพื่อการเกษตรควรมีการจัดการที่ดีทั้งในด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ การปรับปรุงบำรุงดินการอนุรักษ์ดินและน้ำ ควรจะปฏิบัติเช่นเดียวกันและควรปฏิบัติเพิ่มเติมคือ ทำคันดินกั้นน้ำ (Contour terrace) พร้อมทางระบายน้ำตามแนวระดับเพื่อลดความเร็วของน้ำไหลบ่าพร้อมทางระบายน้ำ และมีการปลูกพืชคลุมบนคันดินหรืออาจจะทำคันดินแบบขั้นบันได ใช้วัสดุคลุมดินระหว่างแถวพืชที่ปลูกหรือปลูกพืชสลับเป็นแถบ มีการปรับปรุงบำรุงดินเพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์พร้อมกับการใช้ยาปราบศัตรูพืชสำหรับพืชที่ปลูกตาม ความเหมาะสมจัดระบบการปลูกพืชให้เหมาะสม

ในพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง (16-35 เปอร์เซ็นต์)การอนุรักษ์ดินและน้ำนอกจากเช่นเดียวกับข้างต้นแล้วควรดำเนินการเพิ่มเติมคือ ทำขั้นบันไดดินพร้อมทางระบายน้ำโดยใช้แรงคนแล้วปลูกพืชคลุมดินบริเวณทางระบายน้ำในกรณีที่มีปัญหาอาจทำคูรับน้ำขอบเขาหรือปลูกหญ้าเป็นแถบ และอาจจะใช้วิธีการอื่นเข้าช่วยเช่นไถพรวนดินให้น้อยที่สุดปลูกพืชสลับเป็นแถบขวางความลาดเทและใช้วัสดุคลุมดินเป็นต้น

พื้นที่ที่ใช้ปลูกไม้ผลหรือไม้ยืนต้น แบ่งตามระดับความลาดชันคือ พื้นที่ที่มีความลาดชันสูง 16-35 เปอร์เซ็นต์ การใช้ที่ดินในการปลูกไม้ผลหรือไม้ยืนต้น ส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝนแนวทางในการ

อนุรักษ์ดินและน้ำ คือทำคันดินแบบขั้นบันไดที่มีทางระบายน้ำ แล้วปลูกพืชคลุมดินระหว่างขั้นไม้ผล เพื่อเป็นการป้องกันการชะล้างพังทลายของดิน และสะดวกต่อการดูแลรักษา ควรมีการปรับปรุงบำรุงดิน เพื่อเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ให้แก่ดิน พื้นที่ที่มีความลาดชัน 35 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นไป สภาพพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงมาก โดยปกติแล้วไม่แนะนำให้ทำการกสิกรรมใดๆ แต่ถ้ามีความจำเป็นในการใช้พื้นที่จริงๆ ก็พอจะปรับปรุงให้สามารถปลูกไม้ผลหรือ ไม้ยืนต้นได้บ้าง โดยมีแนวทางในการจัดการคือ ทำคูรับน้ำขอบเขาแล้วระบายน้ำไปยังทางน้ำธรรมชาติและไถพรวนดินเฉพาะเท่าที่จำเป็นเท่านั้น

คูรับน้ำขอบเขา (hillside ditch) เป็นคูรับน้ำที่สร้างบริเวณขอบเขาตามแนวระดับหรือลดระดับ เพื่อลดความยาวของความลาดเทของพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงออกเป็นช่วงๆ สามารถเก็บกักน้ำหรือระบายน้ำออกไปในทิศทางที่ต้องการ ทำให้น้ำไหลบ่าแต่ละช่วงมีน้อย นอกจากนี้ยังใช้เป็นทางลำเลียงได้ ระยะห่างของคูรับน้ำขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศและสภาพแวดล้อม คูรับน้ำขอบเขาเหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่มีความลาดเทน้อยกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ถ้าใช้ร่วมกับขั้นบันไดดินแบบลาดเอียงออก หรือแถบหญ้าจะสามารถใช้ได้ในพื้นที่ลาดเทมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ถ้าพื้นที่ระหว่างคูรับน้ำขอบเขามีการปลูกหญ้าก็สามารถใช้ในพื้นที่ที่มีความลาดเทได้ถึง 55 เปอร์เซ็นต์ ในพื้นที่ลาดเทน้อยสามารถขยายฐานคูรับน้ำให้กว้างขึ้น ในพื้นที่ที่ลาดชันสูงกว่าคูรับน้ำใช้ฐานแคบ และควรมีการปลูกหญ้าบริเวณคูรับน้ำ ระยะห่างของคันดิน (Bank spacing) จุดประสงค์ที่สำคัญของการกำหนดระยะห่างระหว่างคันดินในพื้นที่การเกษตร ก็คือ ป้องกันมิให้เกิดการชะล้างเป็นแบบริ้วหรือร่องในระหว่างคันดิน ซึ่งการที่จะเกิดหรือไม่เกิดการชะล้างแบบริ้ว คูรับน้ำขอบเขาเป็นคูรับน้ำที่จัดทำขึ้นขวางความลาดเท มีจุดมุ่งหมายที่จะแบ่งพื้นที่ออกเป็นช่วงๆ ประมาณ 6-12 เมตร โดยขึ้นกับเปอร์เซ็นต์ของความลาดชันและความกว้างของคูรับน้ำ ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ขนาด คือ คูรับน้ำชนิดกว้าง เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีความลาดเทน้อย มีความกว้างของฐานคู 2 เมตร และคูรับน้ำชนิดแคบ เหมาะสำหรับพื้นที่ที่มีความลาดเทมาก มีความกว้างของฐานคู 1.5 เมตร ในส่วนของระยะห่างตามผิวดินพบว่า ระยะของคูรับน้ำขอบเขาแต่ละคูมีระยะห่างตามผิวดินผันแปรอยู่ในช่วง 12-30 เมตร ซึ่งสามารถคำนวณค่าระยะตามแนวตั้ง (V.I.) ได้จาก $V.I. = (S+6)/10$ เมื่อ S เป็นค่าเปอร์เซ็นต์ของความลาดชัน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2534)

คันดินกั้นน้ำ (Broadbase terrace or field terrace) เป็นวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีความสำคัญสร้างขึ้นขวางความลาดเทของพื้นที่ แบ่งพื้นที่ออกเป็นช่วงๆ เพื่อป้องกันการกร่อนของดินส่วนใหญ่ใช้กับพื้นที่ที่มีความลาดชันตั้งแต่ 2-12 เปอร์เซ็นต์ แต่อาจใช้ได้กับพื้นที่ที่มีความลาดชันต่ำกว่า 2 เปอร์เซ็นต์หรือสูงไปจนถึง 15 เปอร์เซ็นต์ (สุธน, 2531) แต่อย่างไรก็ตามในพื้นที่ทำการปลูกพืชระหว่างแถบอนุรักษ์ดินและน้ำ ก็ยังคงเกิดการกร่อนของผิวหน้าดิน จะเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาอันเป็นผลเนื่องมาจากการตกกระทบโดยตรงของเม็ดฝนกับผิวหน้าดิน จึงทำให้เม็ดดินแตกกระจาย และง่ายต่อการพัดพาโดยน้ำ ผิวหน้าดินส่งผลทำให้เกิดการสูญเสียหน้าดินและผลผลิตของพืชลดลง

กรมพัฒนาที่ดินได้มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่นำมาใช้ในพื้นที่ แถบหญ้าแฝก คูรับน้ำขอบเขา แต่ในระยะหลังวิธีการทางพืช เช่น แถบหญ้าแฝก มักจะเสียหายเนื่องจากเกษตรกรทำลายโดยการไถทิ้ง และพ่นสารเคมีกำจัดวัชพืช รวมถึงเสียหายเนื่องจากการบังร่มเงาของวัชพืชเมื่อมีการทิ้งพื้นที่ และการสร้างคูรับน้ำขอบเขา มักพบปัญหาสันคันดินพังเนื่องจากเป็นดินถมใหม่ เมื่อฝนตกในปริมาณมากทำให้พังได้

จึงต้องมีการเปลี่ยนวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยศึกษาวิธีพืชและวิธีกลร่วมกัน การขยายระยะห่างระหว่างคันดิน (V.I.) เพื่อให้เกษตรกรได้มีพื้นที่ปลูกข้าวโพด มีส่วนร่วมในการอนุรักษ์และฟื้นฟูสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ควรมีการศึกษาสายพันธุ์หญ้าแฝกที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในพื้นที่สูง เพื่อช่วยกรองตะกอนดิน ลดการกร่อนของดินบนพื้นที่สูง จึงเป็นที่มาของการศึกษาผลของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดบนพื้นที่สูงในเขตพัฒนาที่ดิน กลุ่มน้ำจันทอนบน ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ในพื้นที่หมู่บ้านตงจาไฮ หมู่ที่ 13 ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ซึ่งพื้นที่ศึกษาจะอยู่ในเขตพัฒนาที่ดินเป็นตัวแทนของปัญหาที่จะต้องเร่งดำเนินการเป็นอันดับแรกในพื้นที่ตอนบนของกลุ่มน้ำ โดยการศึกษาวิจัยด้านอนุรักษ์ดินและน้ำในเขตพัฒนาที่ดินกลุ่มน้ำ เน้นการพัฒนาเกษตรกรให้มีความรู้ เพื่อลดการก่อให้เกิดการกร่อนของดิน ลดต้นทุนและให้เกษตรกรสามารถใช้ประโยชน์ในการพัฒนาพื้นที่ทางการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน เพื่อเป็นแนวทางเลือกแก่เกษตรกรและนโยบายมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม และเป็นที่ยอมรับของเกษตรกร เพื่อแก้ปัญหาการกร่อนของดินที่เกิดขึ้นมากบนพื้นที่สูง

4.4 วัตถุประสงค์

4.4.1. ศึกษาความสัมพันธ์ของระยะห่างที่เหมาะสมของคูรับน้ำขอบเขา กับแถบหญ้าแฝกในพื้นที่ลาดชัน 35 เปอร์เซ็นต์

4.4.2. ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและกายภาพของดิน เมื่อมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ลาดชัน 35 เปอร์เซ็นต์

4.5 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาผลของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีต่อการกร่อนของดิน การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพด โดยมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ใช้จะมีทั้งวิธีกล (คันคูรับน้ำขอบเขา เพิ่ม V.I. จาก 4 เมตร เป็น V.I. 8 เมตร) และวิธีพืช (หญ้าแฝก) ศึกษาหามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมกับระบบการปลูกข้าวโพดบนพื้นที่สูง ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางด้านเคมีและกายภาพที่สำคัญของดินเมื่อมีการจัดการดินต่างกัน

4.6 ขั้นตอนการดำเนินการ: ระบุขั้นตอนการดำเนินการตั้งแต่เริ่มต้นจนเสร็จสิ้นอย่างละเอียด ซึ่งอาจแสดงเป็นแผนผังการทำงาน (Flowchart) และรายละเอียดแต่ละขั้นตอนการดำเนินการอาจมีการแสดงแผนภาพ แผนภูมิ กราฟประกอบการอธิบายให้เกิดภาพชัดเจนยิ่งขึ้นด้วยก็ได้

4.6.1 อุปกรณ์

- 1) พื้นที่ทำแปลงทดลอง เป็นพื้นที่สูง มีความลาดชัน 35 เปอร์เซ็นต์
- 2) ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ใช้อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่
- 3) ข้าวโพดลูกผสมพันธุ์ C.P.888

4) หย้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 และหย้าแฝกพันธุ์พระราชทาน

4.6.2 วิธีการดำเนินงาน

1) การวางแผนการทดลองแบบ Split plot in RCBD (Split plot in Randomized Complete Block Design) มี 3 ซ้ำ ซึ่งมีวิธีการทดลองที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย

Main plot คือ สายพันธุ์หย้าแฝก

ปลูกแบบแถวเดี่ยว ใช้แฟกรากเปลือย ระยะห่างระหว่างต้น 5 เซนติเมตร

- Main plot 1 คือ พันธุ์สงขลา 3
- Main plot 2 คือ พันธุ์พระราชทาน

Sub plot คือ มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำทั้งวิธีกล และวิธีพืช

- Sub plot 1 ปลูกข้าวโพด ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่ใส่ปุ๋ย
- Sub plot 2 ปลูกข้าวโพด+คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 ม.)+แถบหย้าแฝก (V.I.=4 ม.)
- Sub plot 3 ปลูกข้าวโพด+คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 ม.)+แถบหย้าแฝก (V.I.=8 ม.)
- Sub plot 4 ปลูกข้าวโพด+แถบหย้าแฝก V.I.=4 เมตร
- Sub plot 5 ปลูกข้าวโพด+คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=8 ม.)+แถบหย้าแฝก (V.I.=4 ม.)

หมายเหตุ: แปลงทดลองกว้าง 5 เมตร ยาว 30 เมตร บริเวณท้ายแปลงมีบ่อดักตะกอนดิน ห่างจากมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ 1 เมตร

2) สำรวจและคัดเลือกพื้นที่แปลงทดลอง บ้านตงจาไส หมู่ที่ 13 ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย คัดเลือกพื้นที่ที่เกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดพื้นที่ที่มีความลาดชัน 35 เปอร์เซ็นต์ สำหรับงานวิจัยนี้ได้ใช้การอ้างอิงจาก คู่มือรัฐ การอนุรักษ์ดินและน้ำ ของกรมพัฒนาที่ดิน 2553 กำหนดมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีการกล โดยพิจารณาจากชันความลาดเทของพื้นที่ (slope classes) ดังนี้ E=20-35 เปอร์เซ็นต์ ใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีการกล คือคูรับน้ำขอบเขา (คันดินแบบที่ 5) ฐานกว้าง 2 เมตร และ F=>35 เปอร์เซ็นต์ ใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีการกล คือคูรับน้ำขอบเขา (คันดินแบบที่ 6) ฐานกว้าง 1.5 เมตร คันดินหรือคูรับน้ำขอบเขา (hillside ditch) วัตถุประสงค์ เพื่อลดความยาวของความลาดเทของพื้นที่ที่มีความลาดชันสูงออกเป็นช่วงๆ สามารถเก็บกักน้ำหรือระบายน้ำออกไปในทิศทางที่ต้องการ ทำให้น้ำไหลบ่าแต่ละช่วงมีน้อย นอกจากนี้ใช้เป็นทางลำเลียงได้ ระยะห่างของคูรับน้ำขึ้นอยู่กับสภาพภูมิประเทศ

ระยะห่างในแนวตั้ง (vertical interval, V.I.) การคำนวณระยะห่างของคันดิน (Bank spacing) การคำนวณระยะห่างในแนวตั้ง (V.I.)=(S+6)/10 อ้างอิงจาก Soil conservation Handbook, 1995 มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ป้องกันมิให้เกิดการชะล้างแบบบรีว หรือร่องในระหว่างคันดิน จากสภาพภูมิประเทศ และความลาดชันของพื้นที่วิจัย มีความลาดชัน (S) เฉลี่ย 35 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีกล ที่แนะนำได้แก่ คูรับน้ำขอบเขา (คันดินแบบที่ 6) ฐานคันดินกว้าง 1.5 เมตร ปริมาตรดินขุด-ถม 0.2 ลูกบาศก์เมตร เมื่อมีการประเมินราคาโดยใช้แรงงานคนขุดคูรับน้ำขอบเขา (คันดินแบบที่ 6) พื้นที่ 1 ไร่ ใช้ระยะห่างในแนวตั้ง (V.I.)=(S+6)/10 = 4 เมตร พื้นที่ 1 ไร่ จะมีระยะความยาว 160 เมตร

การคิดงบประมาณ มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีการกล คุ้มน้ำขอบเขา ดังนี้

คุ้มน้ำขอบเขา (Hillside Ditch) (คันดินแบบที่ 6) 0.160 กิโลเมตร (1)

ปริมาตรดินขุดตัก โดยใช้แรงงานคน 200.00 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลเมตร (2)

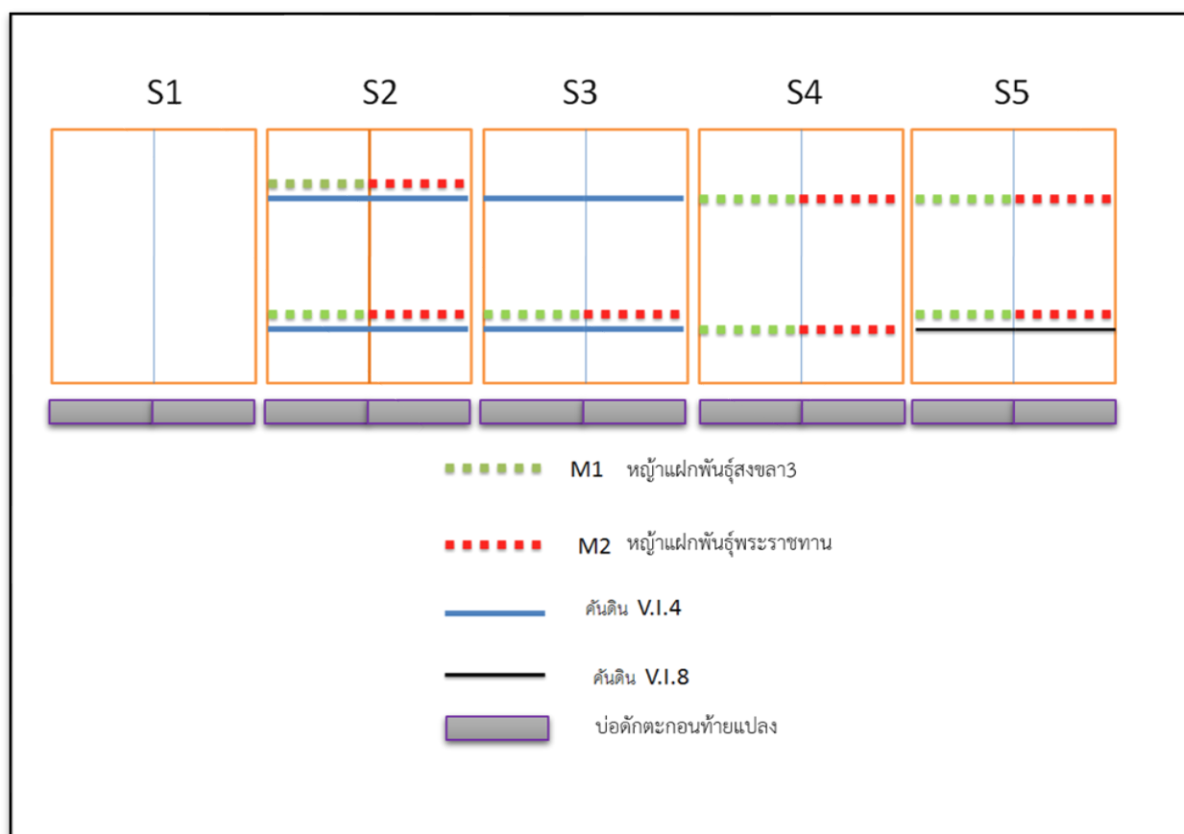
ปริมาณงาน (1)×(2) 32.00 ลูกบาศก์เมตร (3)

ค่าจ้างขุดโดยใช้แรงงานคน 188.93 บาทต่อลูกบาศก์เมตร (4)

ค่าก่อสร้างคุ้มน้ำขอบเขา (คันดินแบบที่ 6) (3)×(4) = 6,045.76 บาทต่อไร่

การคิดงบประมาณ มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีการพืช หญ้าแฝก ดังนี้ ค่าแรงปลูกหญ้าแฝก 1.2 บาทต่อกล้า ในพื้นที่ 1 ไร่ ถ้าพื้นที่ความชัน 35 เปอร์เซ็นต์ ปลูกแบบขวางความลาดเท ใช้แบบแถวเดี่ยว 6 แถว ระยะห่างระหว่างต้น 5 เซนติเมตร ใช้จำนวนกล้าหญ้าแฝก 240 เมตร คูณด้วย 20 กล้า เท่ากับ 4,800 กล้า คิดเป็นเงิน 1.2 บาท คูณด้วย 4,800 กล้า เท่ากับ 5,760 บาทต่อไร่

3) การวางแผนผังแปลงวิจัย แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนผังแปลงวิจัย

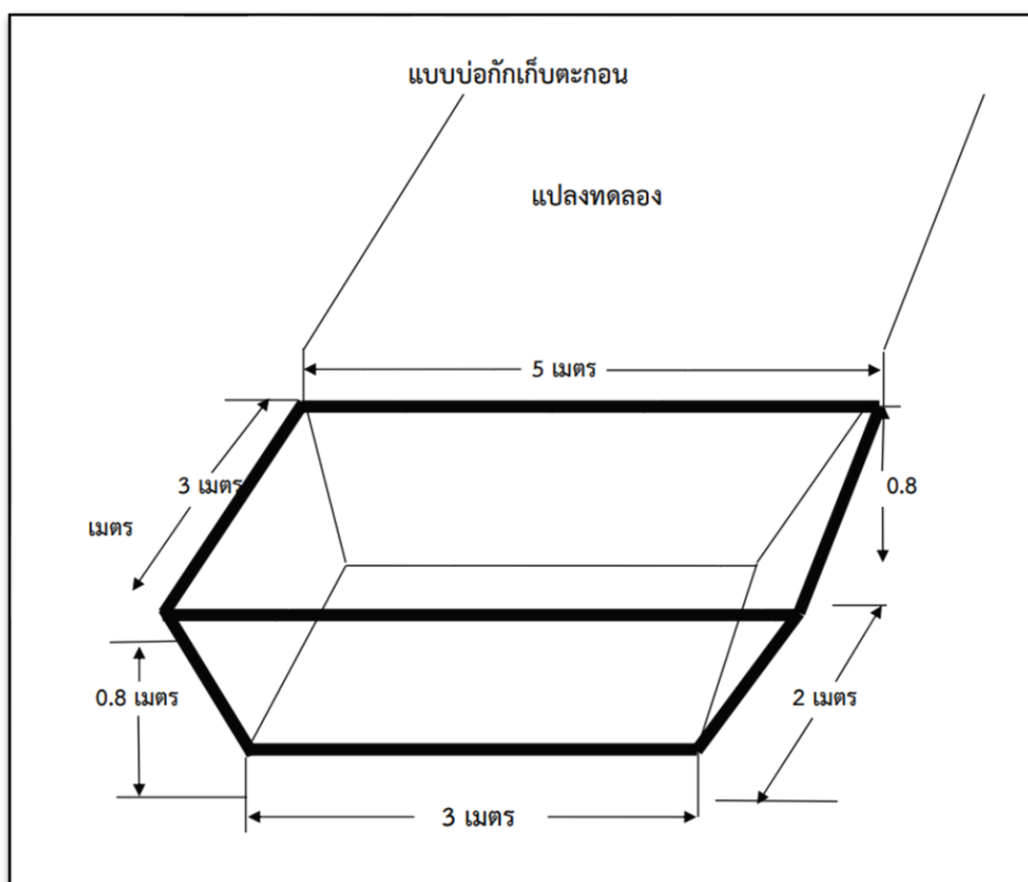
4) การเตรียมแปลงทดลอง ในเดือนตุลาคม 2556 โดยการส่องกล้องวางแนวระดับ เพื่อวางแผนผังแปลงทดลอง กำจัดวัชพืชโดยใช้จอบถากและเก็บเศษวัชพืชออกจากพื้นที่แบ่งแปลงย่อยขนาดกว้าง 5 เมตร ยาว 30 เมตร ทั้งหมด 30 แปลง ระยะห่างระหว่างแปลง 1 เมตร แต่ละแปลงใช้สังกะสีแผ่นเรียบล้อมรอบ 3 ด้านคือ ด้านบน ด้านข้างทั้ง 2 ด้าน โดยฝังสังกะสี ลงไปในดินลึก 20 เซนติเมตร และอยู่เหนือดิน 25 เซนติเมตรด้านล่างของแปลงเปิดไว้ให้น้ำไหลบ่า และตะกอนดินลงสู่บ่อตกตะกอน ซึ่งขุดไว้บริเวณ

ทำแปลงห่างจากมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ 1 เมตร บ่อตกตะกอนดินปูด้วยพลาสติกสีดำ ก้นบ่อเจาะรูให้น้ำซึมออก เหลือตะกอนดินไว้

5) ขุดบ่อกักเก็บตะกอนทำแปลงวิจัย แสดงดังภาพที่ 4 คำนึงถึงปัจจัยที่สำคัญ 2 ส่วนคือ ปริมาณที่ฝนตกครั้งมากที่สุด (มิลลิเมตร) และการซึมซับน้ำของดิน ในกรณีปริมาณน้ำฝน ฝนตกแต่ละครั้ง จะมีปริมาณแตกต่างกันไป คือ ตั้งแต่วัดไม่ได้ (ต่ำกว่า 0.1 มิลลิเมตร) จนถึงมากกว่า 100 มิลลิเมตร แต่ ปริมาณมากกว่า 100 มิลลิเมตร หรือมากกว่ามีน้อย หรือบางปีไม่มีเลย จึงพิจารณาเพียง 100 มิลลิเมตร เป็น ปริมาณฝนตกสูงสุดในแต่ละครั้ง ในส่วนการซึมซับน้ำของดิน การสูญเสียน้ำฝนไปจากพื้นที่เกษตรกรรม ในแต่ละฤดูปลูกมีเพียงไม่กี่สิบเปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมา เมื่อพิจารณาค่ากลาง พบว่า ฝนตก แต่ละครั้งจะเกิดเป็นน้ำไหลบ่าออกไปจากพื้นที่ไม่เกิน 50 เปอร์เซ็นต์ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547)

$$\text{ปริมาตรของบ่อโดยใช้สูตร } \frac{a + b}{2} \times c + \frac{d \times e}{2}$$

- เมื่อ
- a = ความกว้างของขอบบ่อด้านบน
 - b = ความกว้างของขอบบ่อด้านล่าง
 - c = ความยาวของขอบบ่อด้านบน
 - d = ความยาวของขอบบ่อด้านล่าง
 - e = ความลึกของบ่อ



ภาพที่ 4 แผนผังบ่อตกตะกอนดินทำแปลงวิจัย

ในแปลงทดลองนี้มีพื้นที่ 150 ตารางเมตร เมื่อมีฝนตกครั้งละ 100 มิลลิเมตร จะเป็นปริมาณน้ำฝนที่ตกลงมาในแปลงเท่ากับ 100 คูณด้วย 150 หารด้วย 1,000 เท่ากับ 15 ลูกบาศก์เมตร และจะเป็นน้ำไหลบ่า 15 คูณด้วย 150 หารด้วย 100 เท่ากับ 7.5 ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นบ่อกักเก็บตะกอนสำหรับแปลงทดลองจึงควรมีความจุไม่น้อยกว่า 7.5 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะเท่ากับความกว้างของขอบบ่อด้านบน (a) เท่ากับ 5 เมตร ความกว้างของขอบบ่อด้านล่าง (b) เท่ากับ 3 เมตร ความยาวของขอบบ่อด้านบน (c) เท่ากับ 3 เมตร ความยาวของขอบบ่อด้านล่าง (d) เท่ากับ 2 เมตร และบ่อมีความลึก (e) เท่ากับ 0.8 เมตร เท่ากับ 8.0 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งจะสามารถรับปริมาณน้ำไหลบ่าที่พัดพาตะกอนมาสะสมในบ่อกักเก็บตะกอนได้โดยไม่ล้น หลังจากขุดบ่อดักตะกอนเสร็จใช้พลาสติกสีดำขนาดหนา 0.2 มิลลิเมตรปูทับพื้นบ่อทุกบ่อ ให้ขอบของพลาสติกคลุมมาถึงด้านบนของขอบบ่อทุกด้าน ด้านกันบ่อใช้ไม้แหลมแทงให้เป็นรูให้ทั่ว เพื่อให้ น้ำซึมออกไปเหลือแต่ตะกอนดินไว้

6) การปลูกพืช

- ข้าวโพด

ในเดือน พฤษภาคม-มิถุนายน ทำการกำจัดวัชพืชโดยใช้จอบถากและเก็บเศษวัชพืชออกจากแปลง ไถเตรียมดิน ปลูกข้าวโพดโดยใช้วิธีกระทุ้งแล้วปลูกใช้ระยะปลูก 25 เซนติเมตร คูณด้วย 75 เซนติเมตร ปลูกเป็นแถวขวางความลาดชันของพื้นที่ ใช้พันธุ์ลูกผสม ข้าวโพดพันธุ์ C.P.888

- หญ้าแฝก

ปลูกหญ้าแฝกในเดือนกรกฎาคม 2557 ใช้ระยะระหว่างต้น 5 เซนติเมตร ปลูกจำนวน 1 แถว โดยขวางความลาดชันตามค่า $V.I. = 4$ เมตร และ $V.I. = 8$ เมตร

การใส่ปุ๋ย

- ข้าวโพด

ใส่ปุ๋ยเคมีตามชนิดและอัตราที่เกษตรกรใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 หลังปลูก 20 วัน ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และ 40 วัน ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ (การใส่ปุ๋ยทั้ง 3 ปี ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 ในอัตราเดียวกัน) โดยวิธีโรยข้างแถวแล้วพรวนกลบ การป้องกันกำจัดวัชพืชข้าวโพด กำจัดวัชพืชตามวิธีของเกษตรกร หญ้าแฝกกำจัดวัชพืช และปลูกซ่อมตามความจำเป็น ตัดควบคุมความสูงของกอหญ้าแฝกจากพื้นดิน 50 เซนติเมตรทุกเดือนในฤดูฝน และเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดในเดือน กันยายน

7) ขั้นตอนและวิธีการเก็บข้อมูลดิน พืช และตะกอนดิน

7.1 เก็บตัวอย่างดินเพื่อส่งวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน ก่อนปลูกและหลังปลูก ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เก็บตัวอย่างดินในแปลงย่อยละ 5 จุด รวมเป็น 1 ตัวอย่าง

การวิเคราะห์สมบัติดินทางเคมีในห้องปฏิบัติการ (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2547)

- การวิเคราะห์พีเอชดิน (soil reaction, pH) โดยใช้เครื่องมือวัดพีเอชดิน (pH meter) อัตราส่วนดินต่อน้ำเท่ากับ 1:1 (National Soil Survey Center, 1995)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter content) โดยวิธี Walkley-Black (Nelson and Sommers, 1996)

3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945)

4) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) โดยใช้ 1M NH₄OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) (Thomas, 1987)

7.2 เก็บตัวอย่างดิน เพื่อส่งวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน ก่อนการดำเนินงาน ปี พ.ศ. 2556 (เดือน ธันวาคม 2556) และหลังการทดลองปี พ.ศ.2557 2558 และ 2559 (เดือน ธันวาคม) เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของดินโดยใช้ soil core ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์หาความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) วิเคราะห์โดยใช้วิธี core method (สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2547) แยกตามวิธีการ แปลงย่อยละ 3 ตัวอย่างคือ บริเวณด้านบนของแปลง บริเวณส่วนกลางของแปลง และบริเวณท้ายแปลง ในวิธีการที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ จะเก็บดินบริเวณด้านล่างของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ รวมทั้งหมด 18 แปลง (54 ตัวอย่าง) เพื่อวิเคราะห์หาความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density, P_b) ความหนาแน่นรวมของดิน หมายถึง สัดส่วนระหว่างมวลดินแห้ง (m_s) และปริมาตรรวม (V_b) คือ

$$P_b = \frac{m_s}{V_b}$$

7.3 เก็บข้อมูลปริมาณตะกอนดิน ในบ่อดักตะกอนแบบสะสม โดยเก็บปีละ 1 ครั้ง ในเดือนธันวาคม และเก็บตัวอย่างตะกอนดิน จำนวน 3 จุดต่อบ่อดักตะกอน เพื่อวิเคราะห์หาค่า ค่าพีเอช ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (organic matter content) . ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium)

7.4 ข้อมูลพืช

ข้าวโพด

- 1) วัดความสูงของต้นข้าวโพดหลังปลูก 120 วัน จำนวน 10 ต้นต่อแปลงย่อย
- 2) น้ำหนักแห้งของต้นข้าวโพดในระยะเก็บเกี่ยว พื้นที่เก็บตัวอย่าง 5 คูณ 30 เมตร
- 3) ผลผลิตข้าวโพดในพื้นที่เก็บตัวอย่าง 5 คูณ 30 เมตร

7.5 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนประกอบด้วยปริมาณน้ำฝนรายวัน ปริมาณน้ำฝนรวมรายเดือน และรายปี โดยเก็บข้อมูลจากเครื่องวัดน้ำฝนแบบกระบอกตวง ซึ่งติดตั้งไว้บริเวณแปลงทดลอง

8) ขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

8.1 การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์หาความแปรปรวน (Analysis of variance) และเปรียบเทียบสิ่งทดลองโดยใช้วิธี ใช้วิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ค่าความเชื่อมั่น P<0.05 ทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ STAR (ชูศักดิ์, 2558)

8.2 ANOVA หรือ Analysis of Variance เป็นการทดสอบที่ใช้เพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มต่างๆ ของข้อมูลการวิจัยว่ามีความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยหรือไม่ ซึ่งการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงถึงระดับที่ค่าตัวเลขของตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยโดยรวม โดยข้อมูลที่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ได้ จะต้องกำหนดให้ตัวแปรตาม เป็นตัวแปรเชิงปริมาณ (มาตรอัตราภาคหรือมาตรอัตราส่วน) และตัวแปรอิสระต้องเป็นตัวแปรเชิงคุณภาพ (มาตรนามบัญญัติหรือมาตรเรียงลำดับ)

8.3 การทดสอบ Tukey's multiple comparison เป็นการทดสอบที่นิยมที่สุดของการทดสอบเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทุกคู่ในทุกระดับของตัวแปร เพื่อทดสอบว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่มใดแตกต่างจากกลุ่มอื่น ๆ ที่เหลือ วิธีการ Tukey's ถูกเรียกใช้หลังจาก ANOVA เมื่อมีตัวแปรอิสระส่งผลต่อตัวแปรตาม และสามารถใช้เพื่อสร้างช่วงความเชื่อมั่นสำหรับความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างคู่ในแต่ละระดับของปัจจัย ในขณะที่ควบคุมอัตราความผิดพลาดของกลุ่ม (family error rate) ให้อยู่ในระดับที่ผู้วิจัยกำหนด

8.4 การทดสอบของแมนและวิทนี (The Mann-Whitney U Test) เป็นสถิติประเภทนอนพาราเมตริกซ์ที่ใช้เพื่อการศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคุณลักษณะของข้อมูลที่มีระดับการวัดที่สูงกว่า Ordinal Scale นักวิจัยควรใช้สถิติ The Mann-Whitney U Test ใช้เมื่อข้อมูลขาดข้อตกลงเบื้องต้นอย่างใดอย่างหนึ่งของสถิติประเภทพาราเมตริกซ์ t-test ข้อตกลงเบื้องต้น

- 1) ตัวอย่างทั้งสองจะต้องเป็นตัวอย่างสุ่มของประชากรที่สุ่มมา
- 2) ตัวอย่างที่สุ่มทั้งสองจะต้องเป็นอิสระกันและไม่เกิดร่วมกัน
- 3) ข้อมูลจากตัวอย่างสุ่มทั้งสองอย่างน้อยต้องวัดมาจากมาตราอันดับ
- 4) ฟังก์ชันการแจกแจงของทั้งสองประชากรจะแตกต่างกันเฉพาะพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่ง เท่านั้น

8.5 การทดสอบ Kruskal Wallis เป็นการทดสอบสมมติฐานแบบไม่มีพารามิเตอร์ที่เปรียบเทียบกลุ่มอิสระตั้งแต่สามกลุ่มขึ้นไป เพื่อพิจารณาว่ามีความแตกต่างที่มีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างค่ามัธยฐานของกลุ่มอิสระสามกลุ่มขึ้นไปหรือไม่ ข้อตกลงเบื้องต้น

- 1) ข้อมูลตัวแปรตามอยู่ในมาตราอัตราส่วน
- 2) หน่วยตัวอย่างทุกหน่วยเป็นอิสระต่อกัน
- 3) การแจกแจงของข้อมูลแต่ละกลุ่มเหมือนหรือใกล้เคียงกัน

8.6 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 (อุมาพร, 2542)

4.7 ผลการศึกษาและวิจารณ์

4.7.1 ข้อมูลการจำแนกดินในแปลงศึกษาวิจัย

Site characterization กลุ่มชุดดินที่ 30 ชุดดินดอยปุย (Doi Pui series: Dp) การจำแนกดิน Fine, kaolinitic, hyperthermic (isohyperthermic or thermic) Kandic Palehumults พบบริเวณพื้นที่ภูเขา (mountain slope) เกิดจากการผุพังสลายตัวของหินชีสต์และไมก้าชีสต์ มีการระบายน้ำ: ดี การไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน: ช้าถึงเร็วมาก การซึมผ่านได้ของน้ำ: ปานกลางสภาพพื้นที่: ลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงเป็นภูเขาสูงชันมาก มีความลาดชันตั้งแต่ 12-75 เปอร์เซ็นต์ การใช้ประโยชน์ที่ดิน: ชา กาแฟ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวไร่ ไม้ตัดดอกไม้ผลเมืองหนาว เช่น พลับ บ๊วย มะคาเดเมีย และพืชผักเมืองหนาว

การจัดเรียงชั้นดิน: Ap (A)-Bt ลักษณะและสมบัติดิน : จากการสำรวจในพื้นที่ดำเนินการ โดยจุดตรวจสอบดินชุดนี้ พบว่า เป็นดินลึกมาก ดินบนหนาประมาณ 25 เซนติเมตร มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียวสีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลปนแดงเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลาง มีค่าพีเอชของดิน (pH) ประมาณ 6.0 ส่วนดินล่างเป็นดินเหนียวสีแดง ปฏิกริยาดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกรดเล็กน้อย มีค่าพีเอชของดิน (pH) ประมาณ 5.5-7.0

4.7.2 สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง ปี พ.ศ. 2557

จากการวิเคราะห์ดินก่อนเริ่มดำเนินการทดลองในปีแรก โดยเก็บตัวอย่างดินแบบ composite sample ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร พบว่า ดินเป็นกรดรุนแรงมาก มีค่าพีเอชของดิน เท่ากับ 4.5 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ อยู่ในระดับปานกลาง คือ 2.16 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เท่ากับ 71 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 13 ผลการวิเคราะห์ดินทางเคมีก่อนปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2557

ผลการวิเคราะห์ดิน	ค่าพีเอช ของดิน (pH)	ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัสที่เป็น ประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	โพแทสเซียมที่สกัดได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
ก่อนปลูกพืช	4.5	2.16	11	71

4.7.3 ค่าพีเอชของดิน (pH) หลังการทดลองปี พ.ศ. 2557

การเก็บตัวอย่างดิน ทุกแปลงย่อย จำนวน 30 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร หลังทำการทดลองในปีที่ 1 โดยผลการศึกษาเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง พบว่า ค่าพีเอชของดิน (pH) ก่อนการทดลองปี 2557 มีค่า 4.5 ดินมีสภาพเป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) หลังการทดลองปี พ.ศ. 2557 ค่าพีเอชของดิน (pH) ปรับลดลงเล็กน้อย มีสภาพเป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid)

มีค่าพีเอชของดิน (pH) อยู่ในช่วง 4.35-4.36 ผลร่วมระหว่างสายพันธุ์หญ้าแฝก และวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการต่างๆ พบว่าไม่แตกต่างกันในทางสถิติในแต่ละวิธีการ แต่มีแนวโน้มค่าพีเอชของดิน (pH) ลดลงกว่าก่อนการทดลอง แต่ยังอยู่ในเกณฑ์กรดรุนแรงมาก

เมื่อพิจารณาจากผลการวิเคราะห์ดินก่อนการทดลองปี 2557 พบว่าค่าพีเอชของดิน (pH) 4.5 ดินเป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) หลังการทดลองปี 2557 ในหนึ่งฤดูกาลเพาะปลูกข้าวโพด ค่าพีเอชของดิน (pH) ปรับลดลง มีค่าพีเอช (pH) อยู่ในช่วง 4.35-4.36 มีสภาพเป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) พื้นที่ทำการทดลอง เป็นพื้นที่สูง มีความลาดชัน 35 เปอร์เซ็นต์ ประกอบกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำอยู่ในปีที่หนึ่ง มีการขุดคูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) ร่วมกับการปลูกแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) พื้นที่ที่มีการขุด คูรับน้ำขอบเขา พื้นที่ยังไม่มี ความหนาแน่น ดินขุดบางส่วนที่เป็นดินล่างยังมีการกร่อนลงไปแปลง ในส่วนของแถบหญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตไม่เต็มที่ ทำให้ยังมีการกร่อนของหน้าดินอยู่ การใช้พื้นที่อย่างต่อเนื่องก่อให้เกิดการกร่อนของดินอย่างต่อเนื่องส่งผลทำให้ค่าพีเอชของดิน (pH) มีค่าลดลง อาจเป็นผลจากการที่พื้นที่ทำการทดลองมีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งจะใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งถ้าใช้ในปริมาณมากหรือบ่อยครั้ง เมื่อใส่ลงไปในดินจะมีผลตกค้างทำให้ดินเป็นกรด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548ข) สอดคล้องกับผลการศึกษาประสิทธิภาพปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทดแทนปุ๋ยเคมี เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จังหวัดลำปาง ก่อนการทดลองปี 2552 ค่าพีเอชของดิน (pH) เฉลี่ย 6.1 หลังการทดลอง ค่าพีเอชของดิน (pH) เฉลี่ยลดลงเป็น 5.7 เกิดจากปุ๋ยที่ใส่ลงไปคงเหลือตกค้างอยู่ในดินเกินความจำเป็น (กรวิภา, 2552)

4.7.4 ค่าพีเอชของดิน (pH) หลังการทดลองปี พ.ศ. 2558

การเก็บตัวอย่างดิน ทุกแปลงย่อย จำนวน 30 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร หลังทำการทดลองในปีที่ 1 โดยผลการศึกษาเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง พบว่า ค่าพีเอชของดิน ก่อนการทดลองปี 2557 ดินมีสภาพเป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) มีค่าพีเอช 4.5 หลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2558 ค่าพีเอชของดินปรับลดลง มีสภาพเป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) มีค่าพีเอชของดิน อยู่ในช่วง 4.15-4.18 ผลร่วมระหว่างสายพันธุ์หญ้าแฝก และวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการต่างๆ พบว่า ให้ผลไม่แตกต่างกันในทางสถิติในแต่ละวิธีการ แต่มีแนวโน้มค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ลดต่ำลงกว่าก่อนการทดลองซึ่งอยู่ในเกณฑ์กรดรุนแรงมาก (ตารางที่ 13)

จากการเก็บตัวอย่างดินหลังการทดลองปี พ.ศ. 2557 แยกเก็บรายแปลง ค่าพีเอชของดิน อยู่ในช่วง 4.35-4.36 มีสภาพเป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) จึงใช้ค่าเฉลี่ยหลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2557 เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชของดิน หลังการทดลองปี พ.ศ. 2558 ค่าพีเอชของดินปรับลดลง มีค่าพีเอช อยู่ในช่วง 4.15-4.18 เป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) จากการวิเคราะห์ในเรื่องสภาพพื้นที่ ที่ทำแปลงทดลองเป็นพื้นที่สูง มีความลาดชัน 35 เปอร์เซ็นต์ ในปีที่สองของการทดลองยังเกิดการกร่อนของดินอยู่ การกร่อนของหน้าดินจะทำให้เนื้อดิน อินทรีย์วัตถุ และธาตุอาหารพืช บริเวณผิวดินถูกชะล้างออกไป พื้นที่ที่มีการชะล้างของหน้าดินสูง จะส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดมากขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2555) จะเห็นได้ว่ามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ทั้งการใช้คูรับน้ำขอบเขา และคูรับน้ำขอบเขา ร่วมกับการใช้แถบหญ้าแฝก หรือการใช้แถบหญ้าแฝกเพียงอย่างเดียว ไม่สามารถปรับค่าพีเอชของดินให้สูงขึ้นได้ ประกอบกับการใช้ปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) อย่างต่อเนื่อง และไม่มีการปรับสภาพดินโดยการใช้ปูน และไม่มีการปรับปรุงบำรุงโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก เป็นต้น จึงส่งผลให้ดินในพื้นที่แปลงทดลอง ยังคงสภาพเป็นสภาพเป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) การกร่อนของดินอย่างรุนแรง ทำให้สมบัติในด้านเคมีและกายภาพของดิน เลวลง ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ผลจากการการกร่อนของดินอย่างรุนแรง มีผลทำให้ปริมาณต่าง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นธาตุอาหารพืช ที่มีอยู่ในปริมาณต่ำเมื่อถูกชะล้างออกไปจึงทำให้ดิน มีฤทธิ์เป็นกรด (สุรชัย และคณะ, 2535) และสอดคล้องกับผลการศึกษาปริมาณการสูญเสียดินและน้ำไหลบ่า ในพื้นที่สูงจากการปลูกมะคาเดเมีย ผสมพืชไร่ร่วมกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ในชุดดินบ้านจ้อง พื้นที่ ดำเนินการบ้านห้วยน้ำขาว หมู่ที่ 1 ตำบลเล็กน้อย อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ มีความลาดชันของพื้นที่ 32 เปอร์เซ็นต์ มีวิธีการดังนี้ 1) ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับข้าวไร่ และไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ 2) ปลูก มะคาเดเมียร่วมกับข้าวไร่ และมีคูรับน้ำขอบเขา 3) ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบ หญ้าแฝก 4) ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับถั่วแดงหลวง มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝก 5) ปลูกมะคาเดเมีย ร่วมกับถั่วพุ่ม มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝก การเปลี่ยนแปลงพีเอชของดิน ก่อนดำเนินการทดลอง ปี พ.ศ. 2561 ค่าพีเอชของดินเป็นกรดจัด (pH 4.66) หลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2562 ค่าพีเอชของดิน มีค่าลดลงเป็นกรดรุนแรง (pH 4.24-4.51) หลังการทดลองปี พ.ศ. 2563 ค่าพีเอชของดินมีค่าลดลง เป็นกรดรุนแรง (pH 4.27-4.37) (บุญเดียว และคณะ, 2566)

ตารางที่ 14 ค่าพีเอชของดิน (pH) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2558

วิธีการ	ค่าพีเอชของดิน		เฉลี่ย
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	4.13	4.10	4.12
S2 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แลบบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	4.13	4.27	4.20
S3 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แลบบหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	4.17	4.13	4.15
S4 แลบบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	4.23	4.33	4.28
S5 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.) แลบบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	4.10	4.07	4.08
เฉลี่ย	4.15	4.18	

C.V. (a) = 2.44 % C.V. (b) = 4.65 %

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากวิธีการอนุรักษ์แบบต่างๆที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน

4.7.5 ค่าพีเอชของดิน (pH) หลังการทดลองปี พ.ศ. 2559

การเก็บตัวอย่างดิน ทุกแปลงย่อย จำนวน 30 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร หลังทำการทดลองในปีที่ 1 โดยผลการศึกษาเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง พบว่า ค่าพีเอชของดินก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2557 ดินมีสภาพเป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) มีค่าพีเอช 4.5 หลังการทดลองปี พ.ศ. 2559 ค่าพีเอชของดินปรับสูงขึ้น มีสภาพเป็นกรดจัดมาก (very strongly acid) ค่าพีเอชในช่วงระหว่าง 4.59-4.69 ผลร่วมระหว่างสายพันธุ์หญ้าแฝก และวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการต่างๆ พบว่าให้ผลไม่แตกต่างกันในทางสถิติในแต่ละวิธีการ แต่มีแนวโน้มค่าความเป็นกรดเป็นด่าง เพิ่มขึ้นกว่าก่อนการทดลอง ซึ่งอยู่ในเกณฑ์กรดจัดมาก (very strongly acid) (ตารางที่15) ข้อมูลค่าพีเอชหลังการทดลองปี พ.ศ. 2557-2559 (ภาพที่ 5)

จากการเก็บตัวอย่างดินหลังการทดลองปี พ.ศ.2558 จะมีการแยกเก็บรายแปลง ค่าพีเอชของดิน อยู่ในช่วง 4.15-4.18 มีสภาพเป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) จึงใช้ค่าเฉลี่ยหลังการทดลองปี พ.ศ.2558 เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชของดิน หลังการทดลองปี พ.ศ. 2559 ค่าพีเอชของดิน ปรับสูงขึ้น มีสภาพเป็นกรดจัดมาก (very strongly acid) ค่าพีเอชของดินอยู่ในช่วงระหว่าง 4.59-4.69

จะเห็นได้ว่าปีที่ 3 ของการทดลอง มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่แปลงทดลอง โดยคุ้รับน้ำขอบเขามีความหนาแน่นของดินชุดและดินถม แลบบหญ้าแฝกมีการแตกกอเต็มแถบไม่มีช่องว่าง

ระหว่างต้นหญ้าแฝก และเจริญเติบโตเต็มที่ ในช่วงปีที่สองเข้าสู่ปีที่สามของการทดลอง มีการตัดแต่งแถบหญ้าแฝก และนำมาคลุมแปลงทดลอง และการใช้คูรับน้ำขอบเขาร่วมกับการปลูกหญ้าแฝกบริเวณสันคันดิน ซึ่งเป็นการปลูกหญ้าแฝกเพื่อรักษาคูรับน้ำขอบเขา (grass planting of hillside ditches) และวิธีการปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวเดี่ยวขวางความลาดเทของพื้นที่ สาเหตุที่ค่าพีเอชเพิ่มสูงขึ้นทุกวิธีการ เนื่องจากไม่มีการเผาตอซังข้าวโพด เศษวัชพืช และมีการมีการนำเศษพืชมาคลุมแปลงไว้ ทั้งนี้การย่อยสลายของเศษซากพืชที่คลุมลงในแปลง ตั้งแต่หลังการทดลองปีที่ 1 และ 2 จะส่งผลดีในปีที่ 3 ของการทดลอง เมื่อมีการย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุ โดยอินทรีย์วัตถุหรือฮิวมัสจะทำให้เกิดการต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างอย่างฉับพลันของดิน ทำให้ดินมีสถานะที่เป็นกลางเพิ่มขึ้นซึ่งจะเป็นผลดีต่อการเจริญเติบโตของพืชและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน สารที่ได้จากการหมักอินทรีย์วัตถุจะมีความจุบัฟเฟอร์ (buffering capacity) ตามธรรมชาติสูงจะทำให้ค่า pH ของดินปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในช่วง 6.0-7.0 (ยงยุทธ และคณะ, 2551) ผลของการจัดทำระบบอนุรักษ์ดิน และน้ำ โดยการทำคูรับน้ำขอบเขาและปลูกหญ้าแฝก กับการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการของดิน และผลผลิตข้าวไร่ ในชุดดินด่านซ้าย (Dan Sai series: Ds) ดำเนินการในพื้นที่บ้านต้นขนุน ตำบลน้ำไผ่ อำเภอน้ำป่าด จังหวัดอุดรธานี ระหว่างเดือนตุลาคม 2558 ถึงเดือนกันยายน 2560 พื้นที่ที่มีความลาดชัน 35 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลองปีพ.ศ. 2559 ค่าพีเอชของดินในช่วงระหว่าง 4.75-4.81 เป็นกรดจัดมาก (very strongly acid) หลังการทดลองปีพ.ศ. 2560 ค่าพีเอชของดิน มีค่าเพิ่มสูงขึ้นช่วงระหว่าง 5.01-5.28 เป็น กรดจัด (strongly acid) ในแปลงทดลองมีการกำจัดวัชพืชโดยใช้แรงงานคน ในส่วนของตอซังข้าวมีการตัดแล้วนำไปคลุมไว้ในแปลงทดลองเพื่อให้ย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุ (พัฒน์พงษ์ และคณะ, 2561)

ตารางที่ 15 ค่าพีเอชของดิน (pH) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2559

วิธีการ	ค่าพีเอชของดิน		เฉลี่ย
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	4.88	4.57	4.72
S2 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	4.63	4.67	4.65
S3 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	4.73	4.60	4.66
S4 แถบหญ้าแฝก V.I.= 4 ม.	4.73	4.70	4.72
S5 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	4.57	4.55	4.56
เฉลี่ย	4.59	4.69	

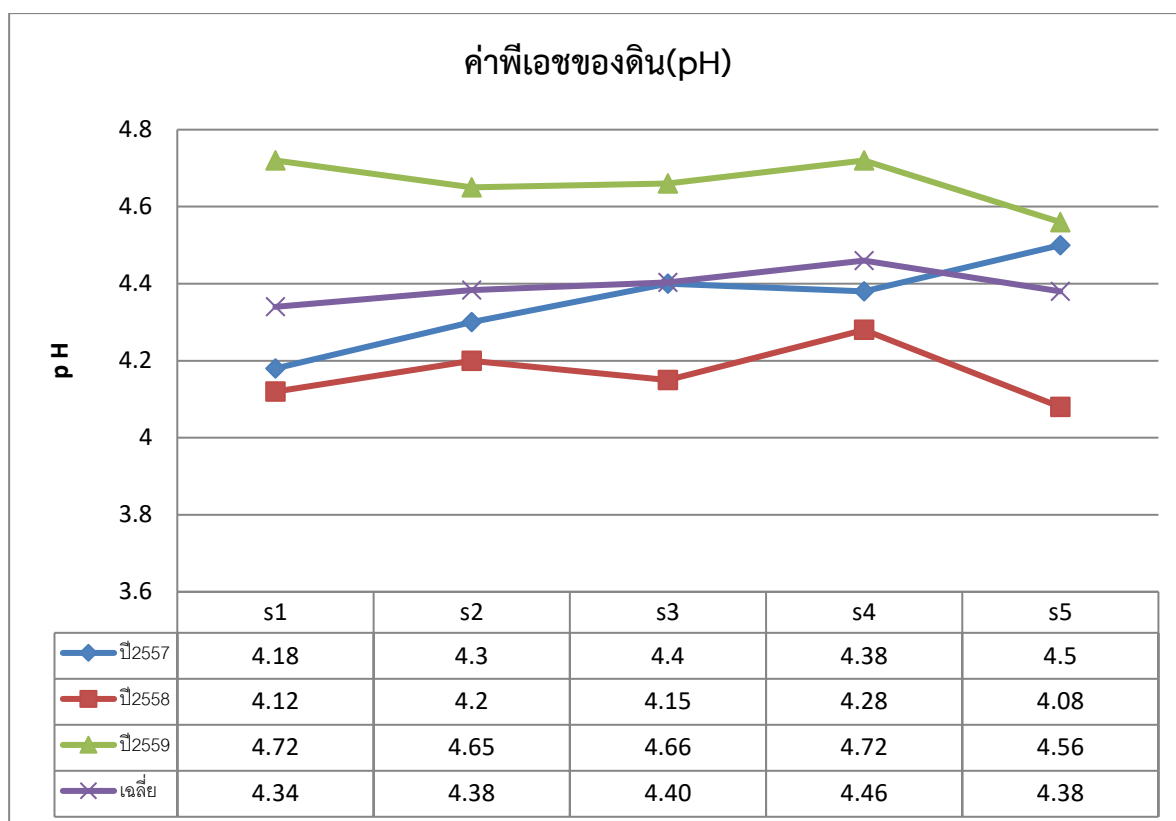
C.V. (a) = 4.77 % C.V. (b) = 3.53 %

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากวิธีการอนุรักษ์แบบต่างๆที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน

หลังจากการทดลองในปีที่ 3 ค่าพีเอชของดิน ในทุกการทดลองมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศรีบุญพงศ์ (2559) การศึกษามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในแปลงปลูกมะคาเดเมียที่มีผลต่อการสูญเสียดิน และความชื้นของดินบนพื้นที่สูงในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำแม่จันทอนบน ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ค่าพีเอชมีค่าเพิ่มสูงขึ้น โดยสาเหตุที่ค่าพีเอช เพิ่มขึ้นทุกวิธีการ เนื่องจากไม่มีการเผาเศษวัชพืช มีการนำเศษพืชคลุมแปลงไว้ เมื่อมีการย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุ โดยอินทรีย์วัตถุหรือฮิวมัสจะทำให้เกิดการต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างอย่างฉับพลันของดิน ทำให้ดินมีสภาวะที่เป็นกลางเพิ่มขึ้นซึ่งจะเป็นผลดีต่อการเจริญเติบโตของพืชและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน สารที่ได้จากการหมักอินทรีย์วัตถุจะมีความจุฟฟเฟอร์ (buffering capacity) ตามธรรมชาติสูงจะทำให้ค่าพีเอช ของดินปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในช่วง 6.0-7.0 (ยงยุทธ และคณะ, 2551) สอดคล้องกับการศึกษาของ พบว่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินบริเวณลุ่มน้ำปากพนัง มีค่าเป็นกรดแก่ถึงกรดจัด (ค่าพีเอช 4.6-5.5) โดยดินบนมี ค่าพีเอช 4.6-5.5 และดินล่าง ค่าพีเอช 4.8-5.3 การที่ค่าพีเอชเป็นกรด เนื่องจากกระบวนการผุพังเน่าเปื่อยของซากพืช ร่วงหล่น ทำให้เกิดการดอินทรีย์ต่างๆ รวมทั้งกรดที่เกิดขึ้นจากการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ถูกปลดปล่อยออกมาเมื่ออินทรีย์วัตถุสลายตัว กรดเหล่านี้จะให้ H^+ สะสมอยู่ที่ผิวดิน เข้าไปไล่ที่ไอออนบวกที่เป็นด่าง ประกอบกับอิทธิพลของการชะล้าง ทำให้สูญเสียประจุบวกที่เป็นด่างไปจากหน้าดิน

จะเห็นได้ว่าปีที่ 3 ของการทดลอง มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่แปลงทดลอง โดย คุ้รับน้ำขอบเขา มีความหนาแน่นของดินชุดและดินถม แลพบหญ้าแฝกมีการแตกกอเต็มแถวไม่มีช่องว่างระหว่างต้นหญ้าแฝก และเจริญเติบโตเต็มที่ ในช่วงปีที่สองเข้าสู่ปีที่สามของการทดลอง มีการตัดแต่งแถวหญ้าแฝก และนำมาคลุมแปลงทดลอง และการใช้คุ้รับน้ำขอบเขาร่วมกับการปลูกหญ้าแฝกบริเวณสันคันดิน ซึ่งเป็นการปลูกหญ้าแฝกเพื่อรักษาคุ้รับน้ำขอบเขา (grass planting of hillside ditches) และวิธีการปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวเดี่ยวขวางความลาดเทของพื้นที่ สาเหตุที่ค่าพีเอชของดิน เพิ่มขึ้นทุกวิธีการ เนื่องจากไม่มีการเผาเศษวัชพืช มีการนำเศษพืชคลุมแปลงไว้ เมื่อมีการย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุ โดยอินทรีย์วัตถุหรือฮิวมัสจะทำให้เกิดการต้านทานการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดเป็นด่างอย่างฉับพลันของดิน ทำให้ดินมีสภาวะที่เป็นกลางเพิ่มขึ้นซึ่งจะเป็นผลดีต่อการเจริญเติบโตของพืชและกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดิน สารที่ได้จากการหมักอินทรีย์วัตถุจะมีความจุฟฟเฟอร์ (buffering capacity) ตามธรรมชาติสูงจะทำให้ค่าพีเอชของดินปรับตัวเพิ่มสูงขึ้นอยู่ในช่วง 6.0-7.0 (ยงยุทธ และคณะ, 2551) สอดคล้องกับการศึกษาของ อาจิมและคณะ (2540) พบว่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินบริเวณลุ่มน้ำปากพนัง มีค่าเป็นกรดแก่ถึงกรดจัด (pH 4.6-5.5) และดินล่าง pH 4.8-5.3 การที่ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินมีค่าเป็นกรด เนื่องจากกระบวนการผุพังเน่าเปื่อยของซากพืชที่ร่วงหล่น ทำให้เกิดการดอินทรีย์ต่างๆ รวมทั้งกรดที่เกิดขึ้นจากการละลายของคาร์บอนไดออกไซด์ ที่ถูกปลดปล่อยออกมาเมื่ออินทรีย์วัตถุสลายตัว กรดเหล่านี้จะให้ H^+ สะสมอยู่ที่ผิวดิน เข้าไปไล่ที่ไอออนบวกที่เป็นด่าง ประกอบกับอิทธิพลของการชะล้าง ทำให้สูญเสียประจุบวกที่เป็นด่างไปจากหน้าดิน (คณาจารย์ ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2536 ; ผการัตน์, 2535 ; Foth, 1990)



ภาพที่ 5 ค่าพีเอชของดินแปลงวิจัยข้าวโพด

4.7.6 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2557

ก่อนปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2557 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับปานกลาง คือ 2.16 เปอร์เซ็นต์ เมื่อหลังการเก็บเกี่ยวปีที่ 1 หลังปลูกข้าวโพดปี พ.ศ. 2557 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับสูง (high) วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบต่างๆ ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินหลังการทดลองมีค่าเพิ่มขึ้น เท่ากับ 3.85-3.98 เปอร์เซ็นต์ การใช้ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีกลแบบต่างๆ ร่วมกับการปลูกหญ้าแฝกปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินหลังการทดลองมีค่าไม่ต่างแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 16) ในการเตรียมดินก่อนปลูกข้าวโพด มีการกำจัดวัชพืชด้วยแรงคน ไม่มีการเผาเศษพืช แล้วนำเศษพืชมาคลุมแปลงเพื่อรักษาความชุ่มชื้น และปล่อยให้ย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุ ในระหว่างที่ต้นข้าวโพดมีการเจริญเติบโต มีการกำจัดวัชพืชด้วยแรงคน ไม่มีการเผาเศษพืช แล้วนำเศษพืชมาคลุมแปลง เช่นเดียวกันกับการเตรียมดินปลูกข้าวโพด ในวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำทั้งวิธีกล (คูรับน้ำขอบเขา) ร่วมกับการปลูกหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา แต่เป็นปีแรกที่ทำการปลูกหญ้าแฝก ใบหญ้าแฝกยังมีปริมาณไม่มากนัก เมื่อมีการตัดใบหญ้าแฝก จะนำใบหญ้าแฝกคลุมแปลงไว้เพื่อรักษาความชื้น และปล่อยให้ย่อยสลายกลายเป็นปุ๋ยอินทรีย์ อีกทั้งคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝกจะช่วยลดการไหลบ่าของน้ำ และช่วยดักและกรองเศษซากพืชไว้ไม่ให้ไหลลงออกจากแปลง เมื่อฝนตกลงมาจะช่วยในการลดการกร่อนของหน้าดินได้

ในวิธีการใช้แถบหญ้าแฝกเป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำเพียงอย่างเดียว เมื่อหญ้าแฝกเริ่มมีการเจริญเติบโตจะช่วยลดการกร่อนของดินไว้ได้ และช่วยชะลอการไหลบ่าของน้ำได้พอสมควร เมื่อมีการ

ตัดแต่งใบหญ้าแฝกจะนำมาคลุมแปลงไว้ และเกิดการย่อยสลายในที่สุด ส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ บุญदैย และคณะ, 2566 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 ก่อนดำเนินการทดลองปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับปานกลาง (medium) คือ 1.90 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดลองปี พ.ศ. 2563 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) มีค่าเพิ่มสูงขึ้นระหว่าง 2.06-2.25 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับปานกลาง (medium)

ตารางที่ 16 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2557

วิธีการ	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ		เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	3.97	3.55	3.79
S2 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	4.14	3.95	4.05
S3 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	4.09	3.93	4.01
S4 แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	3.73	3.71	3.72
S5 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	3.98	4.08	4.03
เฉลี่ย	3.98	3.85	

C.V. (a) = 14.73 % C.V. (b) = 12.18 %

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากวิธีการอนุรักษ์แบบต่างๆที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 , M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน

4.7.7 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2558

การเก็บตัวอย่างดิน ทุกแปลงย่อย จำนวน 30 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร หลังทำการทดลองในปีที่ 2 โดยผลการศึกษาเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง พบว่า ผลร่วมระหว่างหญ้าแฝกและวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการต่างๆ ปริมาณอินทรีย์วัตถุดินในแต่ละวิธีการมีค่าไม่ต่างแตกต่างกันทางสถิติ แต่ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีแนวโน้มเพิ่มมากกว่าก่อนการทดลอง (ตารางที่ 17) หลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2557 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับสูง (high) คือ 3.85-3.98 เปอร์เซ็นต์ จึงใช้เป็นข้อมูลก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2558 ในการเปรียบเทียบปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM)

หลังการทดลองปี พ.ศ. 2558 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ยังคงอยู่ในระดับสูง (high) คือ 3.76-3.99 เปอร์เซ็นต์ การเตรียมแปลงก่อนการทดลองในปีที่ 2 ปี 2558 ใช้แรงคนในการเตรียมแปลงทดลองในการกำจัดวัชพืช และต่อซังข้าวโพด โดยใช้เครื่องตัดหญ้า ไม่มีการเผาเศษพืช ในระหว่างฤดูการเพาะปลูกปี 2558 มีการกำจัดวัชพืชโดยใช้แรงคน และปล่อยให้เศษพืชที่ถูกตัดทิ้งไว้บนแปลงข้าวโพดเพื่อรักษาความชุ่มชื้นของแปลง และปล่อยให้ย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุ ส่วนในวิธีการที่มีการปลูกหญ้าแฝก เมื่อมีการตัดใบหญ้าแฝก จะนำใบหญ้าแฝกคลุมแปลงไว้เพื่อรักษาความชื้น และปล่อยให้ย่อยสลายเป็นปุ๋ยอินทรีย์ อีกทั้งคุ้มน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝกจะช่วยลดการไหลบ่าของน้ำ และช่วยดักและกรองเศษซากพืชไว้ไม่ให้ไหลออกจากแปลง เมื่อฝนตกลงมาจะช่วยในการลดการกร่อนของหน้าดินได้ทั้งวิธีกลและวิธีพืช จึงทำให้มีปริมาณการสะสมของอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับสูง (3.76-3.99 เปอร์เซ็นต์) ทั้งเศษซากพืชและใบหญ้าแฝกที่ใช้คลุมแปลงเมื่อย่อยสลายแล้วจึงทำให้ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มสูงขึ้น อินทรีย์วัตถุ (organic matter) ได้แก่ส่วนที่เกิดเน่าเปื่อยผุพังหรือการสลายตัวของซากพืชและสัตว์ที่ทับถมกันอยู่บนดิน อินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งกำเนิดธาตุอาหารของพืช และจุลินทรีย์ดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส กำมะถัน และให้พลังงานแก่จุลินทรีย์ดิน ควบคุมสมบัติทางกายภาพสมบัติของดิน (soil tilt) เช่น โครงสร้างดิน ความร่วนซุย การระบายน้ำ และการแลกเปลี่ยนอากาศของดิน ในส่วนประกอบของดินโดยปริมาตร ที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช จะต้องมีส่วนของอินทรีย์วัตถุประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548ก) สอดคล้องกับงานวิจัย ผลของการจัดทำระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยการทำคุ้มน้ำขอบเขาและปลูกหญ้าแฝกกับการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติบางประการของดินและผลผลิตข้าวไร่ ในชุดดินด่านซ้าย (Dan Sai series: Ds) ดำเนินการในพื้นที่บ้านต้นขนุน ตำบลน้ำไผ่ อำเภอน้ำปาด จังหวัดอุตรดิตถ์ ระหว่างเดือนตุลาคม 2558 ถึงเดือนกันยายน 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 17 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2558

วิธีการ	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ		เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	3.66	3.58	3.62
S2 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แลบบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	4.54	3.94	4.24
S3 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แลบบหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	4.82	4.02	4.42
S4 แลบบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	3.57	3.52	3.55
S5 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.) แลบบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	3.39	3.72	3.55
เฉลี่ย	3.99	3.76	

C.V. (a) = 10.66 % C.V. (b) = 13.57 %

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากวิธีการอนุรักษ์แบบต่างๆที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 , M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน

4.7.9 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2559

การเก็บตัวอย่างดิน ทุกแปลงย่อย จำนวน 30 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร หลังทำการทดลองในปีที่ 3 โดยผลการศึกษาเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง พบว่า ผลร่วมระหว่างหญ้าแฝกและวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการต่างๆ ปริมาณอินทรีย์วัตถุดินในแต่ละวิธีการมีค่าไม่ต่างแตกต่างกันทางสถิติ แต่ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีแนวโน้มเพิ่มพูนกว่าก่อนการทดลอง (ตารางที่ 18) หลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ.2558 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับสูง (high) คือ 3.76-3.99 เปอร์เซนต์ จึงใช้เป็นข้อมูลก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2559 ในการเปรียบเทียบปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM)

ในปีที่ 3 ของการทดลอง ปี พ.ศ. 2559 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ยังคงอยู่ในระดับสูง (high) คือ 4.30-4.76 เปอร์เซนต์ โดยวิธีการที่ 1 ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เพิ่มขึ้นจาก 3.62 เป็น 4.16 เปอร์เซนต์ อยู่ในระดับสูง (high) ในส่วนของวิธีการที่ 2 ใช้คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.=4 ม.) ร่วมกับการปลูกแฝกบริเวณสันคันดินด้านนอก (V.I.=4 ม.) และวิธีการที่ 5 ใช้คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.=8 ม.) ร่วมกับการปลูกแฝกบริเวณสันคันดินด้านนอก (VI=4 ม.) และวิธีการที่ 4 ปลูกแฝกเป็นมาตรการอนุรักษ์ดิน (V.I.=4 ม.) ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) เพิ่มขึ้นจาก 2.24 3.55 และ 3.55 เป็น 4.74 4.70 และ 4.63 เปอร์เซนต์อยู่ในสูงมาก (very high) ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่าในปีที่ 3 ของการทดลอง ปี พ.ศ.2559 ดินขุดดินถมของคุ้รับน้ำขอบเขาเริ่มยึดตัวกันอย่างเหนียวแน่น และเป็นระยะห่างของคุ้รับน้ำขอบเขาที่สมดุลกับระบบพืช คุ้รับน้ำขอบเขาสามารถลด

ความเร็วของน้ำไหลบ่า และลดการกร่อนของหน้าดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในวิธีการที่ใช้ร่วมกันระหว่างวิธีกล (คูรับน้ำขอบเขา) ร่วมกับการปลูกหญ้าแฝกบนสันคันดินด้านนอก และวิธีการใช้แถบหญ้าแฝกเป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ หญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตเต็มที่ เมื่อมีการตัดแต่งแถบแฝก จะได้ปริมาณใบหญ้าแฝกในปริมาณที่มาก แล้วนำเอาใบหญ้าแฝกไปคลุมแปลงทดลอง เพื่อรักษาความชุ่มชื้น และช่วยป้องกันการกร่อนของดินในแปลงปลูกข้าวโพดได้เป็นอย่างดี ในส่วนของการกำจัดวัชพืชในแปลงทดลอง โดยใช้แรงคนมีการนำเศษพืช มาคลุมแปลงทดลอง และปล่อยย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุ ส่งผลให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัย สาธิต และคณะ, 2564 ศึกษาการสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการกร่อนดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีกลร่วมกับพืชตระกูลแตง ในพื้นที่บ้านนาลิ่ง ตำบลเหล่ากอหก อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย ดำเนินการเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2564 ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการกร่อนดิน การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพด ภายใต้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบต่างๆ รวมถึงผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) จำนวน 6 ดำรับการทดลอง 4 ซ้ำ ได้แก่ การปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีคันคูรับน้ำขอบเขาร่วมกับแถบหญ้าแฝกตามแนวคันดิน และร่วมกับการปลูกพืชตระกูลแตง ได้แก่ ฟักทอง ฟักหอม แตงไทย น้ำเต้า และกระดอมตามแนวคันดิน ก่อนการทดลองปี พ.ศ.2560 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน 2.59 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับค่อนข้างสูง (moderately high) หลังการทดลองปี พ.ศ.2561 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้นอยู่ระหว่าง 2.68-3.94 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับค่อนข้างสูง (moderately high) ถึงสูง (high)

ตารางที่ 18 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2559

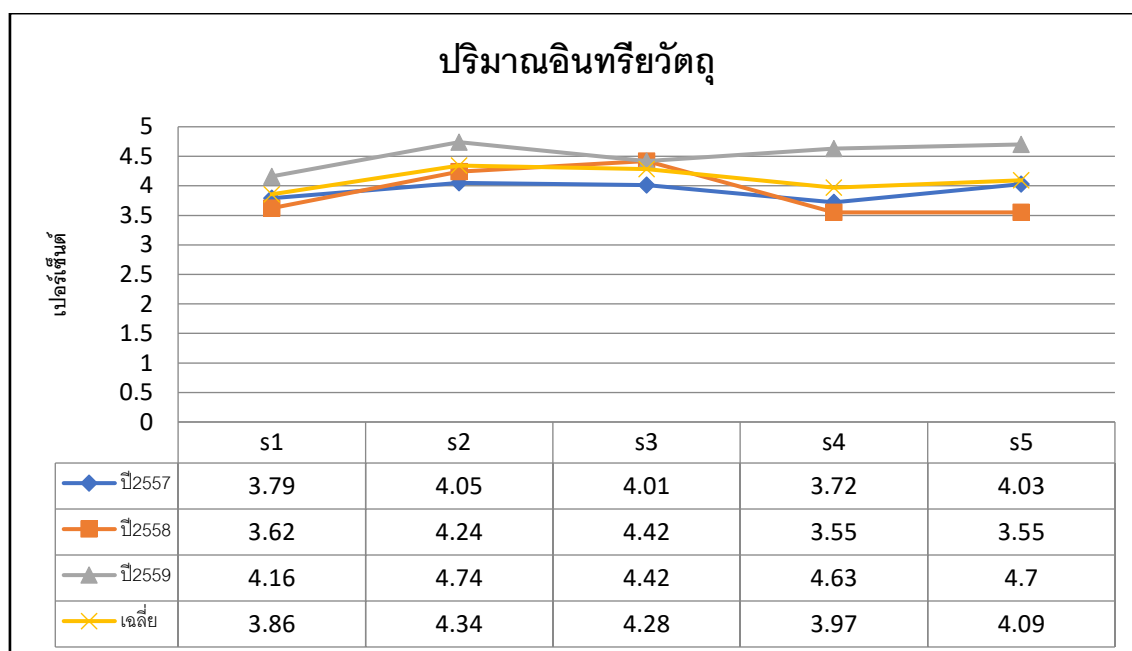
วิธีการ	ปริมาณอินทรีย์วัตถุ		เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	4.02	4.30	4.16
S2 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	4.68	4.80	4.74
S3 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	3.89	4.96	4.42
S4 แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	4.41	4.85	4.63
S5 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	4.52	4.87	4.70
เฉลี่ย	4.30	4.76	

C.V. (a) = 13.38 % C.V. (b) = 16.14 %

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากวิธีการอนุรักษ์แบบต่างๆที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน

การทดลองทั้ง 3 ปี พบว่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินทุกวิธีการเพิ่มขึ้น ข้อมูลปริมาณอินทรีย์วัตถุหลังปลูก งานวิจัยปี พ.ศ. 2557-2559 แสดงดังภาพที่ 6 ดินมีอินทรีย์วัตถุเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการสะสมของเศษพืช ได้แก่หญ้าแฝก วัชพืชในแปลง และข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มสูงขึ้น สอดคล้องกับภรภัทร และคณะ (2558) พบว่าหลังจากการทดลองการยอมรับการใช้หญ้าแฝกและคูรับน้ำขอบเขา สอดคล้องกับผลการศึกษาของ วันรัก และคณะ (2557) การศึกษาระยะห่างที่เหมาะสมของคูรับน้ำขอบเขาเพื่อปลูกข้าวไร่บนพื้นที่สูง ในพื้นที่จังหวัดน่าน เป็นการขุดคูรับน้ำขอบเขาตามแนวระดับขวางความลาดเท ปัญหาของคูรับน้ำขอบเขบบนพื้นที่สูงคือ การเสียพื้นที่เพาะปลูก เนื่องจากสร้างคูรับน้ำขอบเขาในแนวตั้ง 1.5-3.0 เมตร ซึ่งมีระยะห่างระหว่างคูรับน้ำขอบเขาในแนวราบแคบ 10-12 เมตร จึงทำการศึกษาระยะห่างที่เหมาะสมของ คูรับน้ำขอบเขาเพื่อปลูกข้าวไร่บนพื้นที่สูงในพื้นที่จังหวัดน่าน ฤดูปลูกปี พ.ศ. 2554 2555 และ 2556 โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design มีจำนวน 4 ซ้ำ 4 วิธีการ ประกอบด้วย ปลูกข้าวไร่ ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา ปลูกข้าวไร่และมีคูรับน้ำขอบเขา โดยมีระยะห่างคูรับน้ำขอบเขาในแนวตั้ง 3 เมตร 6 เมตร และ 9 เมตรก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2554 อินทรีย์วัตถุในดินอยู่ในระดับค่อนข้างสูง 2.59-2.73 เปอร์เซ็นต์ ไม่แตกต่างทางสถิติ หลังการทดลองปี พ.ศ. 2556 อินทรีย์วัตถุในดินมีค่าลดลงทุกวิธีการ 2.24-2.54 เปอร์เซ็นต์ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ โดยวิธีการที่ 4 ระยะห่างคูรับน้ำขอบเขาในแนวตั้ง 9 เมตร ปลูกข้าวไร่ และวิธีการที่ 2 ระยะห่างคูรับน้ำขอบเขาในแนวตั้ง 3 เมตร ปลูกข้าวไร่ อินทรีย์วัตถุในดินมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 2.54 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง อินทรีย์วัตถุในดินทุกวิธีการมีค่าลดลง หลังการทดลองปี พ.ศ. 2556 อินทรีย์วัตถุในดินมีค่าลดลงทุกวิธีการอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง การสูญเสียอินทรีย์วัตถุในดินเกิดจากการเตรียมพื้นที่ สำหรับปลูกข้าวไร่ ในส่วนปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินที่เหลืออยู่ในดิน เกิดจากการไม่เผาทิ้งข้าว ปล่อยให้คลุมแปลงและย่อยสลายลงไปแปลงปลูกข้าวไร่ และสอดคล้องกับ ศรีบุญพงศ์ (2559) การศึกษามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในแปลงปลูกมะคาเดเมียที่มีผลต่อการสูญเสียดินและความชื้นของดินบนพื้นที่สูงในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำน้ำแม่จันทอนบน ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำกับอิทธิพลของปีที่ทำการทดลอง มีผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่อไร่ แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยวิธีการใช้วิธีการใช้หญ้าแฝก (ใช้ค่า V.I.2.5 เมตร) และวิธีการใช้คูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I.4 เมตร) ร่วมกับหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา เป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ส่งผลให้ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่อไร่เพิ่มขึ้นสูงกว่าวิธีการไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำทั้ง 3 ปีที่ทำการทดลอง



ภาพที่ 6 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) หลังปลูกข้าวโพด

4.7.10 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) หลังการทดลองปี พ.ศ. 2557

การเก็บตัวอย่างดิน ทุกแปลงย่อย จำนวน 30 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร ก่อนปลูกข้าวโพดมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง หลังทำการทดลองในปีที่ 1 โดยผลการศึกษาเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง พบว่า ผลร่วมระหว่างหญ้าแฝกและวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการต่างๆ ไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ทุกวิธีการทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ระดับต่ำ มีค่าเท่ากับ 10.87 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ระดับปานกลาง มีค่าเท่ากับ 12.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 19) จากการวิเคราะห์ดินก่อนเริ่มดำเนินการทดลองในปีแรก ดินเป็นกรดรุนแรงมาก มีค่าพีเอช เท่ากับ 4.5 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ อยู่ในระดับปานกลาง คือ 2.16 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ เท่ากับ 11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เท่ากับ 71 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง

หลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ.2557 ทุกวิธีการมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์คงเหลืออยู่ในดินไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (10.87-12.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ทั้งนี้เกิดจากการกำจัดวัชพืชโดยใช้แรงงานคนแล้วนำวัชพืชสับกลบลงไปแปลง ในวิธีการที่มีการใช้แถบหญ้าแฝก ทั้งการใช้แถบหญ้าแฝกอย่างเดียว หรือการใช้คูรับน้ำขอบเขาร่วมกับการปลูกหญ้าแฝกบริเวณสันคันดินด้านนอกจะมีการตัดใบหญ้าแฝก เพื่อตัดควบคุมความสูงของกอหญ้าแฝกจากพื้นดิน 50 เซนติเมตร ทุกเดือนในฤดูฝนเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดในเดือนกันยายน เมื่อมีการตัดใบหญ้าแฝกแล้วจะนำมาคลุมแปลงทดลอง และปล่อยให้ย่อยสลายไปตามธรรมชาติ ในระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวโพดในปีที่ 1 ของการทดลอง ต้นข้าวโพดจะมีการดูดซึมธาตุอาหารต่างๆ ที่อยู่ในดินไปใช้ในการเจริญเติบโต ออกดอก สร้างฝักและ

เมล็ด ผลผลิตในส่วนที่เป็นข้าวโพด หลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2557 ให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1,204.9-1,369.3 กิโลกรัมต่อไร่ เมื่อมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืช จะนำเอาเฉพาะฝักแก่ของข้าวโพดออกไปจากแปลง ในส่วนของซังข้าวโพดจะปล่อยทิ้งไว้ในแปลง ให้มีการย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุให้กับแปลงทดลองต่อไป

สอดคล้องกับงานวิจัย การสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการร่อนดินภายใต้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีกลร่วมกับวิธีพืชในพื้นที่ปลูกข้าวโพด จังหวัดอุดรธานี พื้นที่ที่มีความลาดชัน 40 เปอร์เซ็นต์ ดำเนินการปี พ.ศ. 2559-2561 วางแผนการทดลอง แบบสุ่มในบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) มี 5 วิธีการทดลอง 4 ซ้ำ ดังนี้ 1. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ 2. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (คุ้มน้ำขอบเขา 3. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำร่วมกับปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวตามแนวคันคุ้มน้ำขอบเขา 4. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำร่วมกับปลูกตะไคร้เป็นแถวตามแนวคันคุ้มน้ำขอบเขา 5. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ร่วมกับปลูกข้าวเป็นแถวตามแนวคันคุ้มน้ำขอบเขา ปลูกข้าวโพดเป็นหลุมๆ ละ 2 เมล็ด ระยะห่างระหว่างต้น 25 เซนติเมตร ระหว่างแถว 75 เซนติเมตร โดยใช้จอบขุดเป็นหลุม หยอดเมล็ดแล้วจากนั้นวางปุ๋ยด้านบน (ปุ๋ยรองพื้น) ตามวิธีของเกษตรกรใส่ปุ๋ยเคมีทุกตำรับการทดลองใส่ครั้งที่ 2 เมื่อข้าวข้าวโพดอายุได้ 30-35 วัน ก่อนการทดลองปี 2559 มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินมีค่าอยู่ระหว่าง 3.63-17.61 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังการทดลองปีที่ 1 ปี 2560 มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินใกล้เคียงกับก่อนการทดลอง มีค่าอยู่ระหว่าง 2.78-10.18 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เกิดจากข้าวโพดดูดซึมธาตุฟอสฟอรัสไปใช้ในการออกดอก การติดฝักและการสร้างเมล็ด และยังมีธาตุฟอสฟอรัสบางส่วนคงเหลือ อยู่ในดิน (สาธิต และคณะ, 2562)

ตารางที่ 19 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2557

วิธีการ	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		เฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	12.00	13.00	12.50
S2 คุ้มน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แยกหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	10.00	13.00	11.50
S3 คุ้มน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แยกหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	10.00	14.00	12.00
S4 แยกหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	10.33	11.67	11.00
S5 คุ้มน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.) แยกหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	12.00	10.67	11.33
เฉลี่ย	10.87	12.47	

C.V. (a) = 17.67 % C.V. (b) = 17.67 %

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากวิธีการอนุรักษ์แบบต่างๆที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หลุม้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2 = หลุม้าแฝกพันธุ์พระราชทาน

4.7.11 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) หลังการทดลองปี พ.ศ. 2558

การเก็บตัวอย่างดิน ทุกแปลงย่อย จำนวน 30 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร หลังทำการทดลองในปีที่ 1 โดยผลการศึกษาเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง พบว่า ผลร่วมระหว่างหลุม้าแฝกและวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการต่างๆ ไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) ในแต่ละวิธีการ แต่ค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) ของดินมีแนวโน้มลดลงกว่าก่อนการทดลอง มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ระดับต่ำมาก มีค่าเท่ากับ 1.47 – 2.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 20)

หลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ.2558 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) มีค่าลดลงในทุกวิธีการ มีค่าอยู่ในระดับต่ำต่ำมาก (very low) (1.47-2.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2558 การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 หลังปลูก 20 วัน ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และ 40 วัน ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ โดยวิธีโรยข้างแถวแล้วพรวนกลบ ซึ่งข้าวโพดจะดูดซึ่มไปใช้ในการเจริญเติบโต สร้างใบและลำต้น ข้าวโพดใช้จะธาตุอาหารไนโตรเจน จากปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 ที่ใส่ลงไปดิน อีกส่วนหนึ่งมาจากการปลดปล่อยของอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในดิน (3.85-3.98 เปอร์เซนต์) อินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งกำเนิดธาตุอาหารของพืช และจุลินทรีย์ดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส กำมะถัน และให้พลังงานแก่จุลินทรีย์ดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548ข) จะเห็นได้ว่าข้าวโพดใช้ธาตุฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในดิน (10.8-12.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และได้จากการปลดปล่อยของอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในดิน (3.85-3.98 เปอร์เซนต์) ซึ่งจะเพียงพอต่อการออกดอก การติดฝักและการสร้างเมล็ดของข้าวโพดในปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2568 ให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1,422.2-1,476.8 กิโลกรัมต่อไร่ ในส่วนของผลผลิตเมล็ดข้าวโพด (Grain) เป็นส่วนที่นำออกไปจากแปลงทดลอง เมื่อมีการเก็บเกี่ยวผลผลิตพืช จะนำเอาเฉพาะฝักแก่ของข้าวโพดออกไปจากแปลง ในส่วนของซังข้าวโพดจะปล่อยทิ้งไว้ในแปลง ให้มีการย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุให้กับแปลงทดลองต่อไป

สอดคล้องกับงานวิจัยการสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการกร่อนดินภายใต้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีกลร่วมกับวิธีพืชในพื้นที่ปลูกข้าวโพด จังหวัดอุดรดิตถ์ พื้นที่ที่มีความลาดชัน 40 เปอร์เซนต์ ดำเนินการปี พ.ศ. 2559-2561 วางแผนการทดลอง แบบสุ่มในบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) มี 5 วิธีการทดลอง 4 ซ้ำ ดังนี้ 1. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ 2. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (คูรับน้ำขอบเขา 3. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำร่วมกับปลูกหลุม้าแฝกเป็นแถวตามแนวคันคูรับน้ำขอบเขา 4. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำร่วมกับปลูกตะไคร้เป็นแถวตามแนวคันคูรับน้ำขอบเขา 5. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ร่วมกับปลูกข้าวเป็น

แถวตามแนวคันคูรับน้ำขอบเขา ปลุกข้าวโพดเป็นหลุมๆ ละ 2 เมล็ด ระยะห่างระหว่างต้น 25 เซนติเมตร ระหว่างแถว 75 เซนติเมตร โดยใช้จอบขุดเป็นหลุม หยอดเมล็ดแล้วจากนั้นวางปุ๋ยด้านบน (ปุ๋ยรองพื้น) ตามวิธีของเกษตรกรใส่ปุ๋ยเคมี ทุกตำรับการทดลองใส่ครั้งที่ 2 เมื่อข้าวข้าวโพดอายุได้ 30-35 วัน ก่อนการทดลองปี 2559 มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินมีค่าอยู่ระหว่าง 3.63-17.61 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังการทดลอง ปีที่ 2 ปี 2561 ปริมาณฟอสฟอรัสในดินมีค่าลดลงอยู่ระหว่าง 5.18-5.43 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เกิดจาก ข้าวโพดดูดซึมธาตุฟอสฟอรัสไปใช้ในการออกดอก การติดฝักและการสร้างเมล็ด และยังมีธาตุฟอสฟอรัส บางส่วนคงเหลืออยู่ในดิน (สาธิต และคณะ, 2562)

และสอดคล้องกับงานวิจัยผลการศึกษาปริมาณการสูญเสียดินและน้ำไหลบ่าในพื้นที่สูงจากการปลูกมะคาเดเมีย 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 พ.ศ. 2561 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) มีค่า 8.04 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังการทดลอง ปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2561 ปริมาณฟอสฟอรัสในดินมีค่าลดลงอยู่ระหว่าง 4.88-7.65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (บุญเดียว และคณะ, 2566)

ตารางที่ 20 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2558

วิธีการ	ปริมาณฟอสฟอรัส ที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		เฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	1.67	3.67	2.67
S2 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1.33	2.67	2.00
S3 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	1.33	1.33	1.33
S4 แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	2.00	3.00	2.50
S5 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1.00	2.67	1.84
เฉลี่ย	1.47	2.67	

C.V. (a) = 62.52 % C.V. (b) = 27.45 %

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากวิธีการอนุรักษ์แบบต่างๆที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน

4.7.12 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) หลังการทดลองปี พ.ศ. 2559

การเก็บตัวอย่างดิน ทุกแปลงย่อย จำนวน 30 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร หลังทำการทดลองในปีที่ 1 โดยผลการศึกษาเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง พบว่า ผลรวมระหว่างหญ้าแฝกและวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการต่างๆ ไม่มีผลต่อปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) ในแต่ละวิธีการ แต่ค่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) ของดินมีแนวโน้มลดลงกว่าก่อนการทดลอง มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ระดับต่ำมาก มีค่าเท่ากับ 1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ตารางที่ 21) ข้อมูลปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) หลังปลูก ข้อมูลปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) งานวิจัยปีพ.ศ. 2557-2559 แสดงดังภาพที่ 7

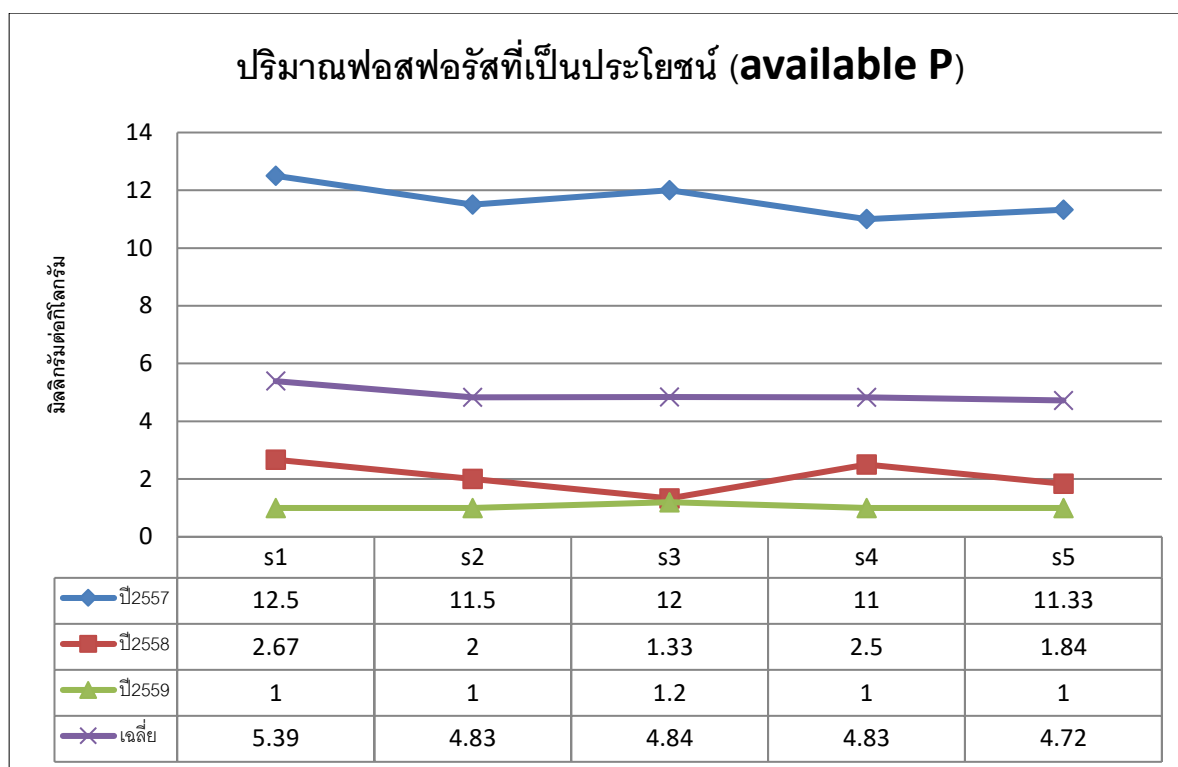
ตารางที่ 21 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2559

วิธีการ	ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		เฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	1.0	1.0	1.0
S2 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แลบทหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1.0	1.0	1.0
S3 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แลบทหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	1.3	1.0	1.2
S4 แลบทหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1.0	1.0	1.0
S5 คุ้รับน้ำขอบเขา(V.I.= 8 ม.) แลบทหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1.0	1.0	1.0
เฉลี่ย	1.1	1.0	

C.V. (a) = 62.52 % C.V. (b) = 27.45 %

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากวิธีการอนุรักษ์แบบต่างๆที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน



ภาพที่ 7 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ หลังปลูกข้าวโพด

ปัจจัยในเรื่องสมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง ไม่ได้เป็นปัจจัยตั้งต้น ในเรื่องการใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดิน ตามความต้องการของข้าวโพด แต่เลือกใช้การใส่ปุ๋ยตามวิธีการของเกษตรกรในพื้นที่ ดังนั้นผลวิเคราะห์ดินก่อนเริ่มดำเนินการทดลองในปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2557 จะเป็นปัจจัยที่ข้าวโพดจะใช้เป็นธาตุอาหารพืชในการเจริญเติบโต ร่วมกับปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงไปในดินในแต่ละปี ในการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2557 การใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 หลังปลูก 20 วัน ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และ 40 วัน ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ โดยวิธีโรยข้างแถวแล้วพรวนกลบ ซึ่งข้าวโพดจะดูดซึ่มไปใช้ในการเจริญเติบโต สร้างใบและลำต้น ข้าวโพดใช้จะธาตุอาหารไนโตรเจน จากปุ๋ยยูเรียสูตร 46-0-0 ที่ใส่ลงไปในดิน อีกส่วนหนึ่งมาจากการปลดปล่อยของอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในดิน (2.16 เปอร์เซ็นต์) อินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งกำเนิดธาตุอาหารของพืช และจุลินทรีย์ดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส กำมะถัน และให้พลังงานแก่จุลินทรีย์ดิน ควบคุมสมบัติทางกายภาพสมบัติของดิน (soil tilt) ฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารพืชที่พืชต้องการเป็นปริมาณมากธาตุหนึ่ง ฟอสฟอรัสจึงเกี่ยวข้องกับ การสร้างเสริมการเจริญเติบโต ความแข็งแรงของพืช ทั้งส่วนที่อยู่เหนือดินและราก การออกดอก และการติดฝักของข้าวโพด ซึ่งจะเป็นส่วนสำคัญในการสร้างเมล็ดข้าวโพด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548ข) จะเห็นได้ว่าข้าวโพดใช้ธาตุฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในดิน (11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และได้จากการปลดปล่อยของอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในดิน (2.16 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งจะเพียงพอต่อการออกดอก การติดฝักและการสร้างเมล็ดของข้าวโพด

หลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2558 ทุกวิธีการมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์คงเหลืออยู่ในดินไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ในระดับต่ำต่ำมาก (very low) (1.47-2.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จึงใช้เป็นข้อมูลก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2559 ในการเปรียบเทียบฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P)

หลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2559 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) มีค่าลดลงในทุกวิธีการ มีค่าอยู่ในระดับต่ำ่มาก (very low) (1.00-1.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงไปในดินในการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2559 ใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 หลังปลูก 20 วัน ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และ 40 วัน ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ ข้าวโพดจะดูดซึมน้ำไปใช้ในการเจริญเติบโต สร้างใบและลำต้น ข้าวโพดใช้ธาตุอาหารไนโตรเจน อีกส่วนหนึ่งมาจากการปลดปล่อยของอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในดินที่คงเหลืออยู่ในดินปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2558 อยู่ในระดับสูง (high) 3.76-3.99 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าข้าวโพดใช้ธาตุฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในดิน (1.47-2.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และได้จากการปลดปล่อยของอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในดิน (3.76-3.99 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งจะเพียงพอต่อการออกดอก การติดฝักและการสร้างเมล็ดของข้าวโพด และให้ผลผลิตเมล็ดข้าวโพด (Grain) อยู่ระหว่าง 1,416.70-1,449.60 กิโลกรัมต่อไร่

หลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2559 ทุกวิธีการมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์คงเหลืออยู่ในดินไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ในระดับต่ำ่มาก (very low) (1.00-1.10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ทั้งนี้ข้าวโพดได้มีการดูดซึมธาตุอาหาร (Uptake nutrients) โดยเฉพาะธาตุฟอสฟอรัสที่มีอยู่ในดิน และได้รับการปลดปล่อยจากอินทรีย์วัตถุที่คงเหลืออยู่ในดินเพื่อนำมาใช้ในการสร้างเสริมการเจริญเติบโต ความแข็งแรงของพืช ทั้งส่วนที่อยู่เหนือดินและราก การออกดอก และการติดฝักของข้าวโพด ซึ่งจะเป็นส่วนสำคัญในการสร้างเมล็ดข้าวโพด ทั้งนี้การกำจัดวัชพืชโดยใช้แรงงานคนแล้วนำวัชพืชสับกลบลงไปแปลง ในวิธีการที่มีการใช้แถบหญ้าแฝก ทั้งการใช้แถบหญ้าแฝกอย่างเดียว หรือการใช้คูรับน้ำขอบเขาร่วมกับการปลูกหญ้าแฝกบริเวณสันคันดินด้านนอก จะมีการตัดใบหญ้าแฝก เพื่อตัดควบคุมความสูงของกอหญ้าแฝกจากพื้นดิน 50 เซนติเมตร ทุกเดือนในฤดูฝนเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวโพดในเดือนกันยายน เมื่อมีการตัดใบหญ้าแฝกแล้วจะนำมาคลุมแปลงทดลอง และปล่อยให้ย่อยสลายไปตามธรรมชาติ ในระหว่างการเจริญเติบโตของข้าวโพดในปีที่ 3 ของการทดลอง ต้นข้าวโพดจะมีการดูดซึมธาตุอาหารต่างๆ ที่อยู่ในดินไปใช้ในการเจริญเติบโต ออกดอก สร้างฝักและเมล็ด (ผลผลิตในส่วนที่เป็นข้าวโพด หลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2559 ให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1,416.70-1,449.60 กิโลกรัมต่อไร่

สอดคล้องกับงานวิจัย การสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการร่อนดินภายใต้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีกลร่วมกับวิธีพืชในพื้นที่ปลูกข้าวโพด จังหวัดอุดรธานี ดำเนินการปี พ.ศ. 2559-2561 วางแผนการทดลอง แบบสุ่มในบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) มี 5 วิธีการทดลอง 4 ซ้ำ ดังนี้ 1. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ 2. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (คูรับน้ำขอบเขา 3. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำร่วมกับปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวตามแนวคันคูรับน้ำขอบเขา 4. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำร่วมกับปลูกตะไคร้เป็นแถวตามแนวคันคูรับน้ำขอบเขา 5. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ร่วมกับปลูกข้าวเป็นแถวตามแนวคันคูรับน้ำขอบเขา ปลูกข้าวโพดเป็นหลุมๆ ละ 2 เมล็ด ระยะห่างระหว่างต้น 25 เซนติเมตร ระหว่างแถว 75 เซนติเมตร โดยใช้ขอบเขตเป็นหลุม หยอดเมล็ดแล้วจากนั้นวางปุ๋ยด้านบน (ปุ๋ยรองพื้น) ตามวิธีของเกษตรกรใส่ปุ๋ยเคมีทุกตำรับการทดลองใส่ครั้งที่ 2 เมื่อข้าวข้าวโพดอายุได้ 30-35 วัน ก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินมีค่าอยู่ระหว่าง 3.63-17.61 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินใกล้เคียงกับก่อนการทดลอง มีค่าอยู่ระหว่าง 1.57-1.92 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เกิดจาก

ข้าวโพดดูดซึมธาตุฟอสฟอรัสไปใช้ในการออกดอก การติดฝักและการสร้างเมล็ด และยังมีธาตุฟอสฟอรัสบางส่วนคงเหลืออยู่ในดิน (สาธิต และคณะ, 2562)

และสอดคล้องกับงานวิจัย การวิจัย เรื่อง การสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการกร่อนดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีกร่วมกับพืชตระกูลแตง ในพื้นที่บ้านนาลิ่ง ตำบลเหล่ากอหก อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย พื้นที่ที่มีความลาดชัน 40 เปอร์เซ็นต์ ดำเนินการตั้งแต่ เดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2564 ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการกร่อนดิน การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพด ภายใต้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบต่างๆ รวมถึงผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 6 วิธีการ 4 ซ้ำ ได้แก่ การปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีคันคูรับน้ำขอบเขาร่วมกับแถบหญ้าแฝกตามแนวคันดิน และร่วมกับการปลูกพืชตระกูลแตง ได้แก่ ฟักทอง ฟักหอม แตงไทย น้ำเต้า และกระดอมตามแนวคันดิน ก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินมีค่าอยู่ระหว่าง 4.63 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม หลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2561 มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินใกล้เคียงกับก่อนการทดลอง มีค่าอยู่ระหว่าง 4.00-6.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม เกิดจากข้าวโพดดูดซึมธาตุฟอสฟอรัสไปใช้ในการออกดอก การติดฝักและการสร้างเมล็ด และยังมีธาตุฟอสฟอรัสบางส่วนคงเหลืออยู่ในดิน (สาธิต และคณะ, 2562)

4.7.13 ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) หลังการทดลองปี พ.ศ. 2557

การเก็บตัวอย่างดิน ทุกแปลงย่อย จำนวน 30 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร หลังทำการทดลองในปีที่ 1 โดยผลการศึกษาเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ ก่อนการทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ เท่ากับ 71 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง ในแปลงที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ หลังการทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ เท่ากับ 49.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง โดยผลการศึกษาเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง พบว่า ผลร่วมระหว่างหญ้าแฝกและวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการต่างๆ ไม่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียม ที่สกัดได้ ในดินในแต่ละวิธีการ แต่มีค่าลดลงต่ำกว่าก่อนการทดลอง มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ มีค่าเฉลี่ย อยู่ระหว่าง 57.00-79.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในอยู่ในระดับต่ำ (low) ถึงระดับปานกลาง (medium) หลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2557 พบว่า ผลร่วมระหว่างหญ้าแฝกและวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการต่างๆ ไม่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ และในแต่ละวิธีการปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยวิธีการที่ 3 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=8 เมตร) ปริมาณโพแทสเซียมมีแนวโน้มลดลงต่ำสุด เท่ากับ 57.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับต่ำ (low) ส่วนวิธีการที่ 1 ไม่มีระบบอนุรักษ์ และวิธีการที่ 2 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) แถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) และวิธีการที่ 4 แถบหญ้าแฝก V.I.=4 เมตร และวิธีการที่ 5 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=8 เมตร) แถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) มีปริมาณโพแทสเซียมคงเหลืออยู่ในดินใกล้เคียงกัน เท่ากับ 73.67 79.17 77.00 และ 70.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 22 ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2557

วิธีการ	ปริมาณโพแทสเซียม ที่สกัดได้ (Extractable K) (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		เฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	77.67	69.67	73.67
S2 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แฉกหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	81.33	77.00	79.17
S3 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แฉกหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	51.33	62.67	57.00
S4 แฉกหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	90.67	63.33	77.00
S5 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.) แฉกหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	70.67	70.33	70.50
เฉลี่ย	74.33	68.60	

C.V. (a) = 2.44 % C.V. (b) = 24.91 %

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากวิธีการอนุรักษ์แบบต่างๆที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน

4.7.14 ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) หลังการทดลองปี พ.ศ. 2558

การเก็บตัวอย่างดิน ทุกแปลงย่อย จำนวน 30 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร หลังทำการทดลองในปีที่ 1 โดยผลการศึกษาเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ เท่ากับ 71 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง แต่หลังพบว่า ผลร่วมระหว่างหญ้าแฝกและวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการต่างๆ ไม่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ ในแต่ละวิธีการ แต่ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ มีแนวโน้มลดลง หลังทำการทดลองในปีที่ 1 โดยผลการศึกษาเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ 57.00-79.17 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในอยู่ในระดับต่ำ (low) ถึงระดับปานกลาง (medium) หลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2558 พบว่า ผลร่วมระหว่างหญ้าแฝกและวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการต่างๆ ไม่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ และในทุกวิธีการ ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้มีค่าลดลงอยู่ในระดับต่ำ (low) มีค่าอยู่ระหว่าง 31.00-56.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในอยู่ในระดับต่ำ (low) ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 23)

ตารางที่ 23 ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2558

วิธีการ	ปริมาณโพแทสเซียม ที่สกัดได้ (Extractable K) (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		เฉลี่ย (มิลลิกรัมต่อ กิโลกรัม)
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	43.67	39.33	41.50
S2 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แล่หญ้าแฝก (V.I. = 4 ม.)	29.67	32.33	31.00
S3 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แล่หญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	42.00	31.67	36.84
S4 แล่หญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	34.00	79.00	56.50
S5 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.) แล่หญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	32.33	36.33	34.33
เฉลี่ย	36.33	43.73	

C.V. (a) = 66.37 % C.V. (b) = 68.54 %

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากวิธีการอนุรักษ์แบบต่างๆที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน

4.7.15 ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) หลังการทดลองปี พ.ศ. 2559

การเก็บตัวอย่างดิน ทุกแปลงย่อย จำนวน 30 แปลง ที่ระดับความลึก 0-15 เซนติเมตร หลังทำการทดลองในปีที่ 1 โดยผลการศึกษาเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ เท่ากับ 71 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในเกณฑ์ระดับปานกลาง แต่หลังการทดลองพบว่า ผลรวมระหว่างหญ้าแฝกและวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการต่างๆ ไม่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ ในแต่ละวิธีการแต่ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ มีแนวโน้มลดลง หลังทำการทดลองในปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2558 โดยผลการศึกษาเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับก่อนการทดลองมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ เท่ากับ 31.00-56.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในอยู่ในระดับต่ำ (low) แต่หลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2559 พบว่า ผลรวมระหว่างหญ้าแฝกและวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติและไม่มีผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในแต่ละวิธีการ และปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้มีใกล้เคียงกับก่อนดำเนินการปีที่สามของการทดลอง มีค่าอยู่ระหว่าง 40.17-53.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในอยู่ในระดับต่ำ (low) (ตารางที่ 24) ข้อมูลปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ หลังปลูกข้าวโพดทั้ง 3 ปี (ปี พ.ศ. 2557-2559) แสดงดังภาพที่ 8

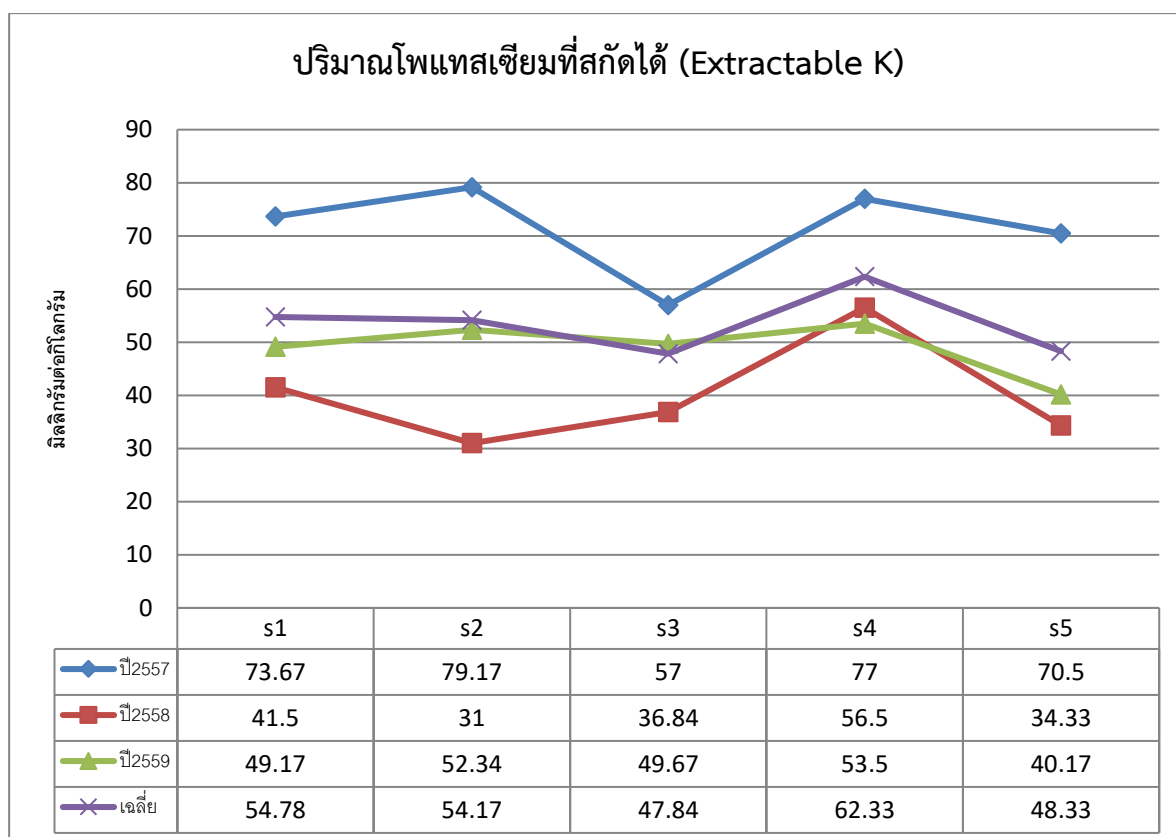
ตารางที่ 24 ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (Extractable K) หลังปลูกข้าวโพด ปี พ.ศ. 2559

วิธีการ	ปริมาณโพแทสเซียม ที่สกัดได้ (Extractable K) (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		เฉลี่ย (มิลลิกรัม ต่อ กิโลกรัม)
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	60.00	38.33	49.17
S2 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แลบบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	53.00	51.67	52.34
S3 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แลบบหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	57.67	41.67	49.67
S4 แลบบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	57.33	49.67	53.50
S5 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.) แลบบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	39.33	41.00	40.17
เฉลี่ย	53.47	44.47	

C.V. (a) = 19.77 % C.V. (b) = 43.20 %

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากวิธีการอนุรักษ์แบบต่างๆที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับ
ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน



ภาพที่ 8 ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ หลังปลูกข้าวโพด

ข้าวโพดเป็นพืชไร่ที่เจริญเติบโตได้ดีในดินแทบทุกชนิด โดยเฉพาะในดินร่วนปนทราย ที่มีการระบายน้ำดี ปริมาณแร่ธาตุอาหารพืชอุดมสมบูรณ์ มีความต้องการธาตุโพแทสเซียมไม่ต่ำกว่า 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม พื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ควรจะเป็นที่ดอนหรือเป็นที่ที่มีน้ำไม่ท่วมขัง พื้นที่ปลูกข้าวโพดควรจะมีลาดชันต่ำเพราะถ้าพื้นที่มีความลาดชันสูง จะมีความสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดินจากการกร่อนของดิน (กรมวิชาการเกษตร, 2547)

ในการเตรียมดินก่อนปลูกข้าวโพดปีแรก มีการกำจัดวัชพืชด้วยแรงคน ไม่มีการเผาเศษพืช แล้วนำเศษพืชมาคลุมแปลงเพื่อรักษาความชุ่มชื้น และปล่อยให้ย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุ การใส่ปุ๋ยให้กับข้าวโพด โดยใช้ปุ๋ยเคมีสูตร 46-0-0 หลังปลูก 20 วัน ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ และ 40 วัน ในอัตรา 25 กิโลกรัมต่อไร่ จะเห็นได้ว่าไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมีที่ธาตุโพแทสเซียมเลยในแต่ละปี ทั้งนี้ในระหว่างการดูแลรักษาแปลงทดลองจะต้องไม่มีการใช้สารเคมีกำจัดวัชพืช จะใช้กระบวนการสะสมเศษซากพืช ที่มาจากการกำจัดวัชพืชโดยใช้ แรงคน ไม่มีการเผาเศษพืช แล้วนำเศษพืชมาคลุมแปลง เช่นเดียวกันกับการเตรียมดินปลูกข้าวโพด ในวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำทั้งวิธีกล (คูรับน้ำขอบเขา) ร่วมกับการปลูกหญ้าด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา ในปีแรกที่ทำการปลูกหญ้าแฝก ใบหญ้าแฝกยังมีปริมาณไม่มากนัก เมื่อมีการตัดใบหญ้าแฝก จะนำใบหญ้าแฝกคลุมแปลงไว้เพื่อรักษาความชื้น และปล่อยให้ย่อยสลายกลายเป็นอินทรีย์วัตถุ อีกทั้งคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝก เมื่อฝนตกลงมาจะช่วยลดการไหลบ่าของน้ำ และลดการกร่อนของหน้าดินได้ และช่วยดักและกรองเศษซากพืชไว้ไม่ให้ไหลลงออกจากแปลง ในวิธีการใช้แถบหญ้าแฝกเป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ

เพียงอย่างเดียว เมื่อหญ้าแฝกเริ่มมีการเจริญเติบโต จะช่วยลดการกร่อนของดินไว้ได้ และช่วยชะลอการไหลบ่าของน้ำได้ เมื่อมีการตัดแต่งใบหญ้าแฝกจะนำมาคลุมแปลงไว้ และเกิดการย่อยสลายในที่สุด

ทั้งนี้หลังการทดลองปีแรกจะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุที่สะสมอยู่ในดิน 3.85-3.98 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับสูง (high) โดยอินทรีย์วัตถุ (organic matter) เป็นแหล่งกำเนิดธาตุอาหารของพืช และจุลินทรีย์ดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส กำมะถัน และให้พลังงานแก่จุลินทรีย์ดิน ควบคุมสมบัติทางกายภาพสมบัติของดิน (soil tilt) เช่น โครงสร้างดิน ความร่วนซุย การระบายน้ำ และการแลกเปลี่ยนอากาศของดิน ในส่วนประกอบของดินโดยปริมาตร ที่เหมาะสมต่อการปลูกพืช จะต้องมีส่วนของอินทรีย์วัตถุประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร การคืนเศษซากพืชที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวลงสู่ดิน เป็นการเพิ่มธาตุอาหารอาหารลงไปในดิน การพรวนกลบเศษพืชที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวลงไปในดิน จะช่วยเพิ่มไนโตรเจนให้แก่ดินอีกทาง สำหรับไนโตรเจนจากตอซังข้าวโพดประมาณร้อยละ 5-20 ได้แปรเป็นแอมโมเนียมไอออน ซึ่งเป็นประโยชน์แก่พืชในฤดูถัดมา (Wilhelm et al., 2004) จากการวิเคราะห์การหมักเศษพืช โพแทสเซียมในปุ๋ยหมักที่มีตั้งแต่ 0.7 ถึง มากกว่า 12 กรัมต่อกิโลกรัม หรือเฉลี่ย 5.4 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งต่ำกว่าความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมในพืช (มี 8-35 กรัมต่อกิโลกรัม) ทั้งนี้เนื่องจากโพแทสเซียม อยู่ในเซลล์ในรูปไอออน บางส่วนถูกชะล้างออกจากเนื้อเยื่อเมื่อพืชตาย และสูญหายระหว่างกระบวนการหมัก สำหรับส่วนที่อยู่ในกระบวนการหมักของเศษพืชและถูกย่อยสลายเป็นปุ๋ยหมักแล้ว จะเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ง่าย ประกอบกับดินที่ใช้ในการเกษตรมีโพแทสเซียมทั้งหมด 4-25 กรัมต่อกิโลกรัม และเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ของทั้งหมดเท่านั้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ดังนั้นการพรวนกลบเศษพืชที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวลงไปในดิน จึงเป็นแหล่งเสริมของธาตุโพแทสเซียมสำหรับพืช (ยงยุทธ และคณะ, 2551)

ดินในแปลงทดลอง เป็นชุดดินดอยปุย (Doi Pui series: Dp) เป็นดินลึกมาก พบบริเวณพื้นที่ภูเขา (mountain slope) มีการระบายน้ำดี การไหลบ่าของน้ำบนผิวดินช้าถึงเร็วมาก การซึมผ่านได้ของน้ำปานกลาง สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงเป็นภูเขาสูงชันมาก มีความลาดชัน 35 เปอร์เซ็นต์ การใช้ประโยชน์ที่ดิน เหมาะสมกับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ดินบนหนาประมาณ 25 เซนติเมตร มีเนื้อดินบน เป็นดินร่วนปนดินเหนียวสีน้ำตาลถึงสีน้ำตาลปนแดงเข้ม ปฏิกริยาดินเป็นกรดปานกลาง มีค่าพีเอช 4.7 จากวัตถุต้นกำเนิดดิน ที่มีดินเหนียวเป็นส่วนประกอบ ดังนั้นในชุดดินที่มีดินเหนียวเป็นส่วนประกอบ จะทำให้เกิดการชะล้างหรือสูญเสียธาตุโพแทสเซียมไปได้ช้า หรือสูญเสียไปได้น้อยในกระบวนการกร่อนของดิน สอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการกร่อนดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีกลร่วมกับพืชตระกูลแตง ในพื้นที่บ้านนาสิ่ง ตำบลเหล่ากอหก อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย ดำเนินการเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2564 ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการกร่อนดิน การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพด ภายใต้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบต่างๆ รวมถึงผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ วางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (RCBD) จำนวน 6 ตำรับการทดลอง 4 ซ้ำ ได้แก่ การปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีคันคูรับน้ำขอบเขาร่วมกับแถบหญ้าแฝกตามแนวคันดิน และร่วมกับการปลูกพืชตระกูลแตง ได้แก่ ฟักทอง ฟักหอม แตงไทย น้ำเต้า และกระดอมตามแนวคันดิน ก่อนการทดลองปี 2560 มีปริมาณโพแทสเซียมในดินอยู่ระหว่าง 160.00-192.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูงมาก (very high) หลังการทดลองปี พ.ศ. 2561 ปริมาณโพแทสเซียมในดินมีค่าลดลง

อยู่ระหว่าง 107.50-150.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง (high) ถึงสูงมาก (very high) (สาธิต และคณะ, 2564)

หลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2558 ข้าวโพดมีการใช้ธาตุโพแทสเซียมที่มีเหลือจากการทดลองปีที่ 1 (31.00-56.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) โพแทสเซียมมีบทบาทสำคัญในกระบวนการทางสรีรวิทยาต่างๆ การเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืช พืชต้องการโพแทสเซียมในปริมาณที่ค่อนข้างมากและเกี่ยวข้องกับหน้าที่สำคัญหลายประการ ต่อไปนี้เป็นภาพรวมโดยละเอียดเกี่ยวกับบทบาทของโพแทสเซียมในการเจริญเติบโตและการพัฒนาการของพืช 1) การควบคุมความเข้มข้นของสารและการดูดซึมน้ำ ช่วยควบคุมการดูดซึมน้ำและรักษาสมดุลออสโมซิสภายในเซลล์พืช ช่วยในการเคลื่อนย้ายน้ำและสารอาหารระหว่างเซลล์และเนื้อเยื่อของพืช ช่วยให้เกิดการเติมน้ำและแรงดันในเซลล์อย่างเหมาะสม 2) การกระตุ้นและการเผาผลาญเอนไซม์ กระตุ้นเอนไซม์หลายชนิดที่จำเป็นต่อกระบวนการเผาผลาญต่างๆ ในพืชมีบทบาทสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์แสง การหายใจ การสังเคราะห์โปรตีน และปฏิกิริยาทางเอนไซม์อื่นๆ 3) สมดุลของอิเล็กโทรไลต์และภาวะสมดุลไอออนิก ช่วยรักษาสมดุลไอออนและสมดุลไอออนิกที่เหมาะสมภายในเซลล์และเนื้อเยื่อของพืช ช่วยปรับสมดุลประจุลบของแอนไอออน (เช่น ไนเตรต ฟอสเฟต) และช่วยให้ประจุเป็นกลาง ส่งผลให้กระบวนการต่างๆ ในเซลล์ง่ายขึ้น โพแทสเซียมมีความสำคัญต่อการสังเคราะห์ด้วยแสงเนื่องจากควบคุมการเปิดและการปิดปากใบ ทำให้การดูดซึมคาร์บอนไดออกไซด์และการสูญเสียน้ำเหมาะสมที่สุด ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพกระบวนการสังเคราะห์แสง ส่งผลให้พืชเจริญเติบโตและให้ผลผลิตมากขึ้น ช่วยในกระบวนการเผาผลาญคาร์โบไฮเดรตโดยช่วยในการขนส่งน้ำตาลและแป้งภายในพืช ช่วยอำนวยความสะดวกในการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากใบ ไปสู่บริเวณการเจริญเติบโต เช่น ราก ลำต้น และผลที่กำลังพัฒนา การขยายตัวและการเจริญเติบโตของเซลล์ ส่งเสริมให้เซลล์พืชมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีสุขภาพดีขึ้น การแบ่งเซลล์ส่งผลให้มีชีวมวลเพิ่มขึ้นและพืชเจริญเติบโตโดยรวม ระดับโพแทสเซียมที่เพียงพอช่วยให้พืชทนต่อภาวะแห้งแล้งและความเครียดจากสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ได้ด้วยการรักษาความดันในเซลล์และลดการสูญเสียน้ำผ่านการควบคุมปากใบ ช่วยให้พืชรับมือกับความเครียดจากความเค็ม ช่วยรักษาสมดุลของไอออน และลดผลกระทบพิษของโซเดียมให้เหลือน้อยที่สุด ช่วยเพิ่มความต้านทานของพืชต่อโรคและแมลงศัตรูพืชโดยการเพิ่มความแข็งแรงและโครงสร้างของผนังเซลล์ ส่งเสริมให้เกิดกลินินซึ่งเป็นสิ่งกีดขวางทางกายภาพต่อเชื้อโรคและสัตว์กินพืช มีความสำคัญต่อการสร้างดอกและผล รวมถึงคุณภาพของผล ซึ่งส่งผลต่อขนาด สี รสชาติ (ยังยุทธ, 2552)

หลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2559 ข้าวโพดมีการใช้ธาตุโพแทสเซียมที่มีเหลือจากการทดลองปีที่ 1 (31.00-56.50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) อยู่ในอยู่ในระดับต่ำ (low) ทั้งนี้ข้าวโพดมีความต้องการธาตุโพแทสเซียมไม่ต่ำกว่า 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ในดินมีปริมาณธาตุโพแทสเซียมที่ต่ำกว่าความต้องการของข้าวโพด ในระหว่างการทดลองปีที่ 3 ในดินยังมีต้นทุนที่เป็นอินทรีย์วัตถุในดินที่คงเหลือจากหลังการทดลองปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2558 ที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ในระดับสูง (high) คือ 3.76-3.99 เปอร์เซ็นต์ที่สามารถปลดปล่อยให้ธาตุอาหารแก่ข้าวโพดได้ และอีกส่วนหนึ่งมาจากกำจัดวัชพืชด้วยแรงคน และมีการสับกลบลงไปดิน และอีกประการหนึ่งคือ ใบหน้าแฝกในปีที่สามของการเจริญเติบโต ต้นหญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตเต็มที่และเก็บเกี่ยวใบหญ้าแฝกมาคลุมแปลงได้ในปริมาณที่มากขึ้น ในส่วนหนึ่งคือระบบอนุรักษ์

ดินและน้ำทั้งการใช้คูรับน้ำขอบเขาร่วมกับแถบหญ้าแฝก และแถบหญ้าแฝกเพียงอย่างเดียว ลดการกร่อนของหน้าดินได้เต็มประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และลดความเร็วของน้ำไหลบ่า ช่วยกรองเศษพืชไม่ให้ไหลลงไปตามลำน้ำ จึงเป็นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดิน

สอดคล้องกับผลการศึกษาปริมาณการสูญเสียดินและน้ำไหลบ่า ในพื้นที่สูงจากการปลูกมะคาเดเมีย ผสมพืชไร่ร่วมกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ในชุดดินบ้านจ้อง พื้นที่ดำเนินการบ้านห้วยน้ำขาว หมู่ที่ 1 ตำบลเล็กน้อย อำเภอกาบัง จังหวัดเพชรบูรณ์ มีความลาดชันของพื้นที่ 32 เปอร์เซ็นต์ มีวิธีการดังนี้ 1. ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับข้าวไร่ และไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ 2. ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับข้าวไร่ และมีคูรับน้ำขอบเขา 3. ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับข้าวไร่ มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝก 4. ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับถั่วแดงหลวง มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝก 5. ปลูกมะคาเดเมียร่วมกับถั่วพุ่ม มีคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝก การเปลี่ยนแปลงโพแทสเซียมของดิน หลังดำเนินการทดลองปี พ.ศ. 2565 ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ มีค่าอยู่ระหว่าง 116.13-149.76 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูง (high) ถึงสูงมาก (very high) ซึ่งจะใช้เป็นค่าเปรียบเทียบกับปริมาณโพแทสเซียมก่อนการทดลองปี พ.ศ. 2564 และหลังการทดลองปี พ.ศ. 2564 ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้มีค่าใกล้เคียงกับก่อนดำเนินการปี พ.ศ. 2564 มีค่าอยู่ระหว่าง 120.63-136.46 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อยู่ในระดับสูงมาก (very high) (บุญเดียว และคณะ, 2566)

4.7.16 สมบัติทางกายภาพของดิน ปี พ.ศ. 2557-2559

ความหนาแน่นรวมของดินก่อนการทดลอง เฉลี่ย 1.10 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร หลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิตปีที่ 1 (ปี พ.ศ. 2557) ผลการศึกษาเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับก่อนการทดลอง พบว่า ผลรวมระหว่างหญ้าแฝกและวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการต่างๆ ไม่มีผลต่อความหนาแน่นรวมของดิน ในแต่ละวิธีการของดินมีแนวโน้มลดลงต่ำกว่าก่อนการทดลอง มีค่าเท่ากับ (1.07-1.08 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) แสดงตารางที่ 25 สำหรับดินบนเป็นดินร่วนปนดินเหนียว ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของกองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน ค่าความหนาแน่นรวมของดินจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน เนื้อดิน โครงสร้างของดิน และการเขตกรรม ดินบนที่เป็นดินร่วนปนดินเหนียว มีค่าความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในช่วง 1.20-1.80 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (กลุ่มกายภาพดิน, 2537) ข้อมูลด้านสมบัติทางกายภาพของดินหลังปลูก งานวิจัยปีพ.ศ. 2557-2559 แสดงดังภาพที่ 5

ค่าความหนาแน่นรวมของดินจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์สาร กล่าวคือ พื้นที่ที่มีอินทรีย์วัตถุมากจะมีค่าความหนาแน่นรวมของดินต่ำกว่าพื้นที่ที่มีอินทรีย์วัตถุสูง เนื่องจากอินทรีย์วัตถุสามารถก่อให้เกิดเม็ดดินได้ดี จึงทำให้ดินที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุมากกว่ามีความหนาแน่นต่ำกว่าดินที่มีปริมาณอินทรีย์น้อยกว่า และความหนาแน่นรวมของดินเนื้อละเอียด มักต่ำกว่าเนื้อหยาบ เพราะเมื่อเนื้อดินละเอียดยิ่งขึ้น ความพรุนทั้งหมด และสัดส่วนของช่องว่างของดิน โดยปกติจะมากขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548ข)

ตารางที่ 25 ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density) หลังปลูกปี พ.ศ. 2557

วิธีการ	ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)		เฉลี่ย (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	1.09	1.10	1.10
S2 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แล่หญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1.09	1.08	1.09
S3 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แล่หญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	1.06	1.06	1.06
S4 แล่หญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1.11	1.09	1.10
S5 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.) แล่หญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1.07	1.03	1.05
เฉลี่ย	1.08	1.07	

C.V. (a) = 2.66 % C.V. (b) = 6.74 %

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากวิธีการอนุรักษ์แบบต่างๆที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 , M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน

ตารางที่ 26 ความหนาแน่นรวมของดิน(Bulk Density)หลังปลูกปี พ.ศ. 2558

วิธีการ	ความหนาแน่นรวมของดิน (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)		เฉลี่ย (กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	1.14	1.07	1.11
S2 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แล่หญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1.15	1.14	1.15
S3 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แล่หญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	1.09	1.08	1.09
S4 แล่หญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1.08	1.13	1.11
S5 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.) แล่หญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1.07	1.36	1.22
เฉลี่ย	1.11	1.16	

C.V. (a) = 16.15 % C.V. (b) = 17.58 %

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากวิธีการอนุรักษ์แบบต่างๆที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน

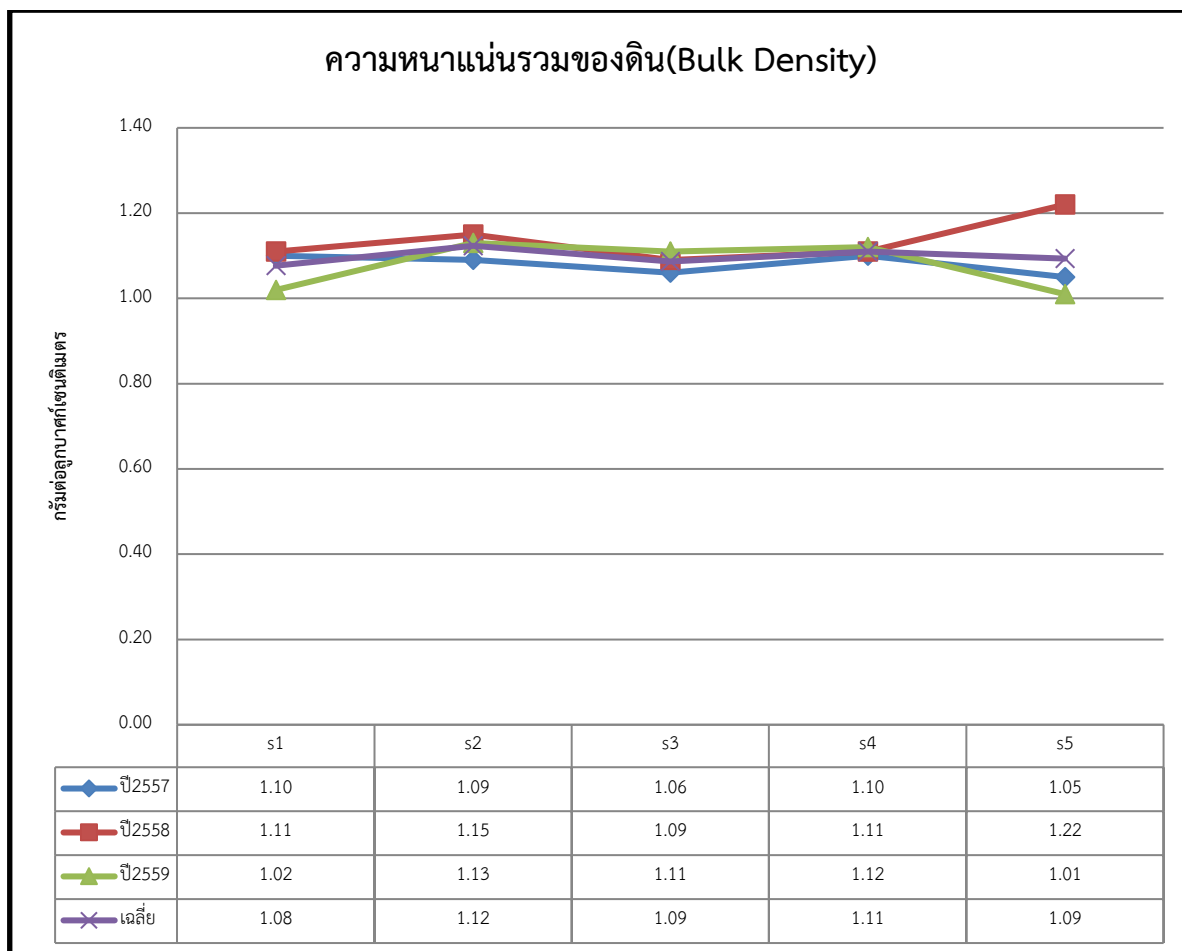
ตารางที่ 27 ความหนาแน่นรวมของดิน(Bulk Density)หลังปลูกปี พ.ศ. 2559

วิธีการ	ความหนาแน่นรวม ของดิน (กรัมต่อ ลูกบาศก์เซนติเมตร)		เฉลี่ย (กรัมต่อ ลูกบาศก์ เซนติเมตร)
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	1.07	0.97	1.02
S2 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1.13	1.13	1.13
S3 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	1.14	1.07	1.11
S4 แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1.10	1.13	1.12
S5 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	0.94	1.07	1.01
เฉลี่ย	1.08	1.07	

C.V. (a) = 7.23 % C.V. (b) = 13.40 %

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากการใช้ปุ๋ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน



ภาพที่ 9 ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk Density) หลังปลูกข้าวโพด

จากข้อมูลด้านสมบัติทางกายภาพของดินหลังปลูกมีค่าความหนาแน่นรวมของดินแนวโน้มลดลง ปี พ.ศ. 2557-2559 ซึ่งได้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศรัณยุพงศ์ (2549) ศึกษารูปแบบการอนุรักษ์ดินและน้ำด้วยหญ้าแฝกร่วมกับการใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวโพดบนพื้นที่ลาดชันในกลุ่มชุดดินที่ 31 จังหวัดพะเยา การศึกษารูปแบบการอนุรักษ์ดินและน้ำ ด้วยหญ้าแฝกร่วมกับการใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวโพด บนพื้นที่ ลาดชัน ในกลุ่มชุดดินที่ 31 จังหวัดพะเยา เมื่อปี พ.ศ. 2547-2549 บ้านหนองหล่ม ตำบลหนองหล่ม อำเภอดอกคำใต้ จังหวัดพะเยา วางแผนการทดลองแบบสังเกตการณ์ (observation trial) มีวิธีการ(treatment) ทั้งหมด 8 วิธีการ คือ 1. ไม่ใส่ปุ๋ยและปุ๋ย ไม่มีแถบหญ้าแฝก 2. ใส่ปุ๋ยตามความต้องการปุ๋ยของดิน มีแถบหญ้าแฝก 3. ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่แนะนำ 4. ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราแนะนำร่วมกับปุ๋ย มีแถบหญ้าแฝก 5. ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราที่แนะนำร่วมกับปุ๋ยและปุ๋ยพืชสด 6. ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราที่แนะนำร่วมกับปุ๋ยและปุ๋ยพืชสด มีแถบหญ้าแฝก 7. ใส่ปุ๋ยเคมีครึ่งหนึ่งของอัตราที่แนะนำร่วมกับปุ๋ยและปุ๋ยพืชสด มีแถบหญ้าแฝก 8. ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่แนะนำร่วมกับปุ๋ยและน้ำหมักชีวภาพ มีแถบหญ้าแฝก พบว่าจากการตรวจวัดความหนาแน่นรวมของดิน เพื่อใช้อธิบายสมบัติทางกายภาพของดิน ดินมีคุณสมบัติทางกายภาพดีขึ้น กล่าวคือ ก่อนการทดลอง ดินมีความหนาแน่นรวมเฉลี่ย 1.71 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร หลังการทดลองเฉลี่ย 3 ปี ดินมีความหนาแน่นรวมลดลงทุกวิธีการ (1.35-1.47 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) อาจเป็นผล

เนื่องจาก ได้มีการไถกลบซังข้าวโพด ลงไปในดินทุกครั้งหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต และมีการไถกลบถั่วพุ่มดำ เป็นปุ๋ยพืชสด และมีการใช้ปูน โคโลไมท์ ในการปรับสภาพดิน และมีการรองพื้นด้วยปุ๋ยหมักที่คลุกเคล้าด้วย สารเร่ง พด.3 ป้องกันโรครากเน่าโคนเน่า เป็นการเพิ่มอินทรีย์วัตถุ และปรับปรุงโครงสร้างของดิน ทำให้ดิน โปร่งขึ้น

สอดคล้องกับผลการศึกษาของ วันรัก และคณะ (2557) การศึกษาระยะห่างที่เหมาะสมของ คูรับน้ำขอบเขาเพื่อปลูกข้าวไร่บนพื้นที่สูง ในพื้นที่จังหวัดน่าน. โดยปลูกข้าวไร่ใช้ระยะห่างคูรับน้ำขอบเขา V.I. 3 เมตร, 6 เมตร และ 9 เมตร มีค่าความหนาแน่นรวมของดินก่อนการทดลอง มีค่าอยู่ระหว่าง 1.56-1.65 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ แต่หลังการทดลองทุกวิธีการมีค่าลดลง มีค่าอยู่ ระหว่าง 1.29 -1.32 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ เป็นผลเนื่องจาก ไม่มีการเผา ตอซังข้าวไร่และปล่อยให้คลุมดินจนถึงฤดูปลูกข้าวไร่ปีต่อไป บางส่วนจะย่อยสลายลงไปในดิน ช่วยเพิ่ม อินทรีย์วัตถุให้แก่ดิน ทำให้ความหนาแน่นของดินลดลง การเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดิน จะช่วยพัฒนาโครงสร้าง ของดินให้ดีขึ้น จนได้โครงสร้างดินที่มีเสถียรภาพและทนต่อการกร่อนของดิน (Sdall and Oades, 1982) จากผลการวิเคราะห์ดิน อินทรีย์วัตถุในดินมีค่าลดลง เป็นผลมาจากบางส่วนถูกกร่อนลงไปในบ่อตกตะกอนดิน

สอดคล้องกับผลการศึกษาของ ศรีบุญพงศ์ (2559) ได้มีการศึกษามาตรการอนุรักษ์ดินและ น้ำในแปลงปลูกมะคาเดเมียที่มีผลต่อการสูญเสียดินและความชื้นของดินบนพื้นที่สูงในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำ น้ำแม่จันทอนบน ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย พบว่าผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างวิธีการอนุรักษ์ดินกับอิทธิพลของปีที่ทำการทดลอง ไม่มีผลทำให้ค่าความหนาแน่นรวม ของดินแสดงความแตกต่างทางสถิติ ก่อนการทดลอง ดินมีความหนาแน่นรวมเฉลี่ย 1.71 กรัมต่อลูกบาศก์ เซนติเมตร หลังจากการทดลองปีที่ 3 ปี วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ ส่งผลให้ค่าความหนาแน่นรวมของดิน ที่ระดับ 0-15 เซนติเมตร มีค่า 1.35-1.47 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จะเห็นได้ว่า ปลูกไม้ผล ใช้แถบ หญ้าแฝก (ใช้ค่า V.I.2.5 เมตร) เป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และวิธีการที่ 4 ปลูกไม้ผล ใช้คูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I.4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา เป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ จะส่งผลดีต่อ ความหนาแน่นรวมของดิน การใช้แถบหญ้าแฝกกับแปลงไม้ผล จะส่งผลดีเมื่อหญ้าแฝกเจริญเติบโตเต็มที่ ราก ของหญ้าแฝกจะช่วยรักษาความชุ่มชื้นของดิน ช่วยกรองเศษซากพืชไม่ให้ถูกชะล้างไปได้เร็ว เศษซากพืช ส่วนหนึ่งจะสลายตัวลงไปในดิน แต่จะอยู่ในพื้นที่ของผิวดิน ลดลงต่ำกว่ากว่าวิธีการไม่มีระบบอนุรักษ์ ดินและน้ำทั้ง 3 ปีที่ทำการทดลอง

ชนิษฐา (2562) ได้ศึกษาผลของสมบัติกำลังรับแรงเฉือนของดินและความชื้นในดินต่อ ความคงทนของเม็ดดินในพื้นที่เสี่ยงภัยการเกิดลาดดินถล่ม พบว่า ค่าความหนาแน่นรวมของดิน ในพื้นที่ ปลูกข้าวโพดอยู่ในระดับต่ำถึงสูง (1.17-1.67 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) โดยมีค่าสูงสุดในพื้นที่ C-Bg-LBS ซึ่งมีค่าอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (1.41-1.67 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) และมีค่าสูงในชั้นดินตอนบนและ ชั้นดินตอนกลาง จากนั้นมีแนวโน้มลดลงตามความลึกของลงมาคือพื้นที่ C-Tl-UBS มีค่าอยู่ในระดับต่ำ (1.17-1.27 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) และพื้นที่ C-Ws-LBS มีค่าอยู่ในระดับต่ำ (1.16-1.32 กรัมต่อ ลูกบาศก์เซนติเมตร) ตามลำดับซึ่งมีค่าสูงในชั้นดินตอนบนและชั้นดินตอนกลางเช่นเดียวกัน ซึ่งการที่ดินมีค่า

ความหนาแน่นรวมของดินสูงในชั้นดินตอนบนเนื่องจากในพื้นที่ปลูกข้าวโพดมีการใช้เครื่องจักรในการไถพรวนมานานทำให้ดินแน่นทึบขึ้นและมีแนวโน้มอัดตัวกันแน่นมากขึ้น

ค่าความหนาแน่นรวมของดิน สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดการกร่อนดินได้ดี โดยดินที่มีค่าความหนาแน่นปานกลางในช่วง 1.4-1.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร บางพื้นที่เริ่มแน่นทึบในดินร่วน และแน่นทึบมากในดินเหนียวซึ่งจำกัดการซึมน้ำของรากพืช (Hunt and Gilkes, 1992) ซึ่งดินที่มีค่าความหนาแน่นในช่วงนี้ส่งผลต่อการเกิดการกร่อนดินได้เนื่องจากไม่มีรากพืชในชั้นดินนี้ การซึมน้ำต่ำ เม็ดดินแตกหักได้ง่ายเกิดการเคลื่อนตัวของมวลดินได้เมื่อดินมีความชื้นเพิ่มมากขึ้น ซึ่งหากมีปัจจัยปริมาณน้ำฝนเป็นตัวเร่งก็อาจส่งผลให้พื้นที่มีศักยภาพเกิดดินถล่มได้ง่าย จากการศึกษาของ Farizi *et al.* (2019) ได้ศึกษาสมบัติของดินต่อการกร่อนดินและการมีศักยภาพในการเกิดดินถล่ม ประเทศอินโดนีเซีย พบว่า ในดินร่วนที่เกิดจากหินแกรนิต มีโครงสร้างแบบเม็ดกลม (granular structure) ค่าความหนาแน่นรวมของดิน มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการกร่อนดิน ($R^2=0.517^*$) โดยเกิดการกร่อนดินสูงเท่ากับ 194.6 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือ 8.6 มิลลิเมตรต่อปี และมีความสัมพันธ์ย้อนกลับกับค่าความพรุนรวมของดิน และมีศักยภาพที่จะเกิดดินถล่มได้สูง และการศึกษาของ Bidyashwari *et al.* (2017) ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินที่มีผลต่อเสถียรภาพของลาดดิน พื้นที่มีการผุพังจากหินดินดานและเนื้อดินมีปริมาณทรายแบ่งสูง ในประเทศอินเดีย พบว่า เสถียรภาพของลาดดินมีความไม่ปลอดภัย มีศักยภาพความถี่ในการเกิดดินถล่มได้มาก ดินมีความหนาแน่นรวมของดิน อยู่ในช่วง 1.57 มีค่าความพรุนรวมของดิน 52.72 เปอร์เซ็นต์ และมีการซึมน้ำสูง ดังนั้น การรักษาสภาพดินให้มีค่าความหนาแน่นรวม ให้อยู่ในช่วง 1.2-1.4 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จะช่วยลดการซึมน้ำไม่ให้เกิดขึ้นเร็วเกินไป หรือช้าเกินไปจนเกิดการไหลบ่า จะช่วยลดการกร่อนดินที่รุนแรงและลดศักยภาพในการเกิดดินถล่มได้ต่อไป

4.7.17 การเจริญเติบโตของข้าวโพด

1) ความสูงของข้าวโพดปี พ.ศ.2557

ความสูงของข้าวโพดเมื่ออายุ 120 วัน พบว่าในปีที่ 1 (พ.ศ. 2557) ปัจจัยหลักหญ้าแฝก 2 สายพันธุ์ในระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่มีความแตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาปัจจัยรองวิธีการอนุรักษ์ในวิธีการต่างๆ ความสูงของต้นข้าวโพด มีความแตกต่างกันทางสถิติ วิธีการที่ 1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย มีความสูง 102.5 เซนติเมตร วิธีการที่ 2-5 ได้มีการใส่ปุ๋ยในอัตราที่เหมือนกัน คือ 46-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ จึงทำให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตด้านความสูงไม่แตกต่างกัน ในวิธีการที่ 2 3 และ 5 คือมีความสูง 125.6 111.8 และ 121.1 เซนติเมตรตามลำดับ ในวิธีการที่ 4 ความสูง 142.2 เซนติเมตร (ตารางที่ 27)

ความสูงของต้นข้าวโพดปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2557 พบว่าปัจจัยหลักหญ้าแฝก 2 สายพันธุ์ในระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาปัจจัยรองวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ ในวิธีการต่างๆ ความสูงของต้นข้าวโพด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธีการที่ 4 การใช้แถบหญ้าแฝก V.I.=4 เมตร ให้ความสูงของต้นข้าวโพดเฉลี่ยสูงสุด 142.20 เซนติเมตร ส่วนวิธีการที่ 2 การใช้คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) และวิธีการที่ 5 การใช้คูรับน้ำขอบเขา

(V.I.=8 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) ให้ความสูงของต้นข้าวโพดเฉลี่ยรองลงมาคือ 125.60 และ 121.10 เซนติเมตร และในวิธีการที่ 1 ปลูกข้าวโพด ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่ใส่ปุ๋ย ให้ความสูงข้าวโพดเฉลี่ยต่ำสุด 102.50 เซนติเมตร (ตารางที่ 27)

ในปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2557 ความสูงของข้าวโพดในวิธีการที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และใส่ปุ๋ยเคมี ในวิธีการที่ 2-5 ความสูงของต้นข้าวโพด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ให้ความสูงของต้นข้าวโพดอยู่ระหว่าง 111.80-142.20 เซนติเมตร จากการทดลองได้ใช้ข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว (เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ซีพี 888 นิว ตราดอกบัว) ซึ่งเป็นถูกปรับปรุงพันธุ์มาให้ตอบสนองต่อการใช้ธาตุอาหารมากที่สุด จะเห็นได้ว่าในวิธีการ มีการใส่ปุ๋ยเคมีให้กับข้าวโพด ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และใช้ธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน ก่อนการทดลอง (อินทรีย์วัตถุ 2.16 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่สกัดได้ 71 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในส่วนวิธีการที่ 1 ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งจะใช้ธาตุอาหารที่คงเหลืออยู่ในดิน และได้รับการการย่อยสลายของซากวัชพืชเท่านั้น (ให้ความสูงของลำต้นข้าวโพด 102.50 เซนติเมตร) ส่งผลให้ต้นข้าวโพดมีการเจริญเติบโตด้านความสูงที่สูงกว่าวิธีการที่ 1 ที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาวิธีการที่ 4 การใช้แถบหญ้าแฝก V.I.=4 เมตร ให้ความสูงของต้นข้าวโพดเฉลี่ยสูงสุด 142.20 เซนติเมตร ในวิธีการใช้แถบหญ้าแฝกเพียงอย่างเดียว และมีระยะห่างของแถบหญ้าแฝก V.I.=4 เมตร เป็นวิธีการที่ไม่รบกวนหน้าดิน หลังจากการเตรียมดินที่ไม่มีการเผาเศษพืช ไม่มีการไถพรวนดิน มีเพียงการสับกลบเศษวัชพืชลงไปดิน และทำการปลูกหญ้าแฝกเป็นแถบลวดความลาดเท ตามระยะห่างของค่า V.I.=4 เมตร (ระยะห่างระหว่างแถบหญ้าแฝกตามแนวราบเท่ากับ 8 เมตร) หญ้าแฝกทั้ง 2 พันธุ์เป็นแฝกราก เปลือย พันธุ์สงขลา 3 และหญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน ในปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2557 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,565 มิลลิเมตรต่อปี การกระจายตัวของน้ำฝนในช่วงเพาะปลูกข้าวโพดคือเดือน มิถุนายน ถึงเดือน กันยายน อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของข้าวโพดด้านความสูง

ในวิธีการที่ 2 การใช้คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) และวิธีการที่ 5 การใช้คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=8 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) ให้ความสูงของต้นข้าวโพดเฉลี่ยรองลงมาคือ 125.60 และ 121.10 เซนติเมตร ทั้งสองวิธีการนี้จะปลูกหญ้าแฝกบริเวณปลายสันคันดินด้านนอก ในปีแรกของการทดลองคูรับน้ำขอบเขา มีการขุดคูรับน้ำขอบเขาใหม่ จึงทำให้ดินขุดดินถมยังจับตัวกันหลวมๆ เมื่อมีฝนตกลงมาจะทำให้ดินถูกกัดเซาะได้ ประกอบกับแถบหญ้าแฝกที่ปลูกบนสันคันดินอยู่ในระยะกำลังเจริญเติบโต ยังไม่สามารถยึดดินถมได้เต็มที่ ส่วนวิธีการที่ 3 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) แถบหญ้าแฝก (V.I.=8 เมตร) ให้ความสูงของต้นข้าวโพดอยู่ในระดับปานกลางคือ 111.80 เซนติเมตร วิธีการนี้มีคูรับน้ำขอบเขา 2 แถวจึงจะปลูกแถบหญ้าแฝก 1 แถว จึงทำให้ประสิทธิภาพของการกร่อนของหน้าดินลดลง

สอดคล้องกับงานวิจัย การสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการกร่อนดินภายใต้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีกลร่วมกับวิธีพืชในพื้นที่ปลูกข้าวโพด จังหวัดอุดรธานี พื้นที่ที่มีความลาดชัน 40 เปอร์เซ็นต์ ดำเนินการปี 2559-2561 วางแผนการทดลอง แบบสุ่มในบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) มี 5 วิธีการทดลอง 4 ซ้ำ ดังนี้ 1. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ 2. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบ

อนุรักษดินและน้ำ (คุรับน้ำขอบเขา 3. ปลุกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษดินและน้ำร่วมกับปลุกหญ้าแฝก เป็นแถวตามแนวคันคุรับน้ำขอบเขา 4. ปลุกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษดินและน้ำร่วมกับปลุกตะไคร้เป็น แถวตามแนวคันคุรับน้ำขอบเขา 5. ปลุกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษดินและน้ำ ร่วมกับปลุกข้าวเป็นแถว ตามแนวคันคุรับน้ำขอบเขา ปลุกข้าวโพดเป็นหลุมๆ ละ 2 เมล็ด ระยะห่างระหว่างต้น 25 เซนติเมตร ระหว่าง แถว 75 เซนติเมตร โดยใช้จอบขุดเป็นหลุม หยอดเมล็ดแล้วจากนั้นวางปุ๋ยด้านบน (ปุ๋ยรองพื้น) ตามวิธีของ เกษตรกรใส่ปุ๋ยเคมีทุกตำรับการทดลองใส่ครั้งที่ 2 เมื่อข้าวข้าวโพดอายุได้ 30-35 วัน หลังการทดลองปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2559 ความสูงข้าวโพดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการปลุกข้าวโพดในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษดิน และน้ำให้ความสูงข้าวโพดเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 188.50 เซนติเมตร ส่วนการปลุกข้าวโพดในพื้นที่ที่มีคันคุรับน้ำ ขอบเขา ร่วมกับตะไคร้ให้ความสูงข้าวโพดสูงสุดเท่ากับ 198.35 เซนติเมตร (สาธิต และคณะ, 2562)

ตารางที่ 28 ความสูงของข้าวโพดปี พ.ศ.2557

วิธีการ	ความสูง(ซม.)		เฉลี่ย (ซม.)
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ	107.3	97.8	102.5c
S2 คุรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	126.1	125.1	125.6ab
S3 คุรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	114.3	109.2	111.8ab
S4 แถบหญ้าแฝก (V.I. = 4 ม.)	140.2	144.1	142.2a
S5 คุรับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	128.3	113.9	121.1b
เฉลี่ย (ซม.)	123.24	118.02	

C.V. (a) = 7.33 % C.V. (b) = 12.38 %

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากการใช้ปุ๋ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน

2) ความสูงของข้าวโพดปี พ.ศ.2558

ความสูงของข้าวโพดเมื่ออายุ 120 วัน พบว่าในปีที่ 2 (พ.ศ. 2558) ปัจจัยหลักหญ้าแฝก 2 สายพันธุ์ในระบบอนุรักษดินและน้ำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาปัจจัยรองวิธีการอนุรักษ ในวิธีการต่างๆ ความสูงของต้นข้าวโพด มีความแตกต่างกันทางสถิติ วิธีการที่ 1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย มีความสูง 98.83 เซนติเมตรซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับวิธีการที่ 3 สำหรับวิธีการที่ 2 3 และ 5 ข้าวโพดมีการเจริญเติบโต

ด้านความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือมีความสูง 132.7 111.8 และ 127.3 เซนติเมตรตามลำดับ ในวิธีการที่ 4 ความสูงมากที่สุด 136.50 เซนติเมตร (ตารางที่ 28)

ในปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2558 และในวิธีการที่ 1 ปลูกข้าวโพด ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่ใส่ปุ๋ย ในวิธีการนี้ถึงแม้ว่าจะไม่มีการเผาเศษพืช เมื่อฝนตกลงมาจะทำให้เกิดการกร่อนของหน้าดินสูงกว่าวิธีการที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ส่งผลให้ความสูงต้นข้าวโพดเฉลี่ยต่ำสุด 98.83 เซนติเมตร ความสูงของข้าวโพดในวิธีการที่ใส่ปุ๋ยเคมี ในวิธีการที่ 2-5 ความสูงของต้นข้าวโพด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ให้ความสูงของต้นข้าวโพดอยู่ระหว่าง 111.80-132.70 เซนติเมตร จากการทดลองได้ใช้ข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว (เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ซีพี 888 นิว ตราดอกบัว) ซึ่งเป็นถูกปรับปรุงพันธุ์มาให้ตอบสนองต่อการใช้ธาตุอาหารมากที่สุด จะเห็นได้ว่าในวิธีการ มีการใส่ปุ๋ยเคมีให้กับข้าวโพด ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และใช้ธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินก่อนการทดลอง (อินทรีย์วัตถุ อยู่ในระดับสูง (high) มีค่าอยู่ระหว่าง 3.85-3.98 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ อยู่ในระดับปานกลาง (medium) มีค่าอยู่ระหว่าง 10.87-12.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมที่สกัดได้ อยู่ในระดับปานกลาง (medium) มีค่าอยู่ระหว่าง 68.60 - 74.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในส่วนวิธีการที่ 1 ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ซึ่งจะใช้ธาตุอาหารที่คงเหลืออยู่ในดิน และได้รับการการย่อยสลายของซากวัชพืช (ให้ความสูงต้นข้าวโพด 102.50 เซนติเมตร)

ข้อพิจารณาวิธีการที่ให้ความสูงของต้นข้าวโพดเฉลี่ยสูงสุดคือ วิธีการที่ 4 ใช้แถบหญ้าแฝก เป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ V.I.=4 เมตร ให้ความสูงของต้นข้าวโพดเฉลี่ยสูงสุด 142.20 เซนติเมตร ในวิธีการใช้แถบหญ้าแฝกเพียงอย่างเดียว และมีระยะห่างของแถบหญ้าแฝกในแนวตั้ง V.I.=4 เมตร (ในแนวราบ เท่ากับ 8 เมตร) ในปีที่ 2 ของการทดลองต้นหญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตเต็มที่ มีการเตรียมดินปลูกแบบไม่รบกวนหน้าดิน ไม่มีการเผาเศษพืช มีการตัดใบหญ้าแฝกมาคลุมแปลงเพื่อรักษาความชุ่มชื้น เป็นการคืนเศษพืชให้กับดิน เมื่อไม่มีการเผาเศษพืช ทำให้ดินมีอินทรีย์วัตถุเพิ่มสูงขึ้น การเพิ่มอินทรีย์วัตถุเป็นการปรับปรุงโครงสร้างของดินทำให้ดินโปร่งขึ้น มีผลทำให้มีการสร้างเม็ดดินที่เสถียรภาพ มีการระบายน้ำได้ดี เก็บความชื้นที่ประโยชน์ต่อพืชได้มากขึ้น ลดแรงต้านทานและการยืดขยายของรากพืช (Tiark *et al.*, 1974) ในปีนี้แถบหญ้าแฝกจะสานกันเป็นแถบที่หนาแน่น เมื่อฝนตกลงมาจะช่วยป้องกันการกร่อนของดิน และชะลอการไหลบ่าของน้ำ ทำให้มีการกรองเศษพืช เศษดินไว้ในแปลงไม่ให้ไหลลงไปตามล่าง ซึ่งเป็นแถบหญ้าที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ในปีที่ 2 ของการทดลอง มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,170 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยลดลงกว่าปีที่ 1 แต่การกระจายตัวของน้ำฝนในช่วงเพาะปลูกข้าวโพดคือเดือน มิถุนายน ถึงเดือน กันยายน ยังอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของข้าวโพดด้านความสูง

ข้อพิจารณาวิธีการที่ให้ความสูงของต้นข้าวโพดเฉลี่ยรองลงมา คือวิธีการที่ 2 การใช้คูรับน้ำ ขอบเขา (V.I.=4 เมตร) ร่วมกับการปลูกแถบหญ้าแฝกบริเวณปลายสันคันด้านนอก (V.I.=4 เมตร) เป็นวิธีการใช้ร่วมกันระหว่างวิธีกลและวิธีพืช การใช้คูรับน้ำขอบเขาร่วมกับแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำ ขอบเขา จะส่งผลดีต่อความสูงของต้นข้าวโพดรองลงมา (132.70 เซนติเมตร) โดยการใช้ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีกลร่วมกับวิธีพืช จะเป็นการส่งเสริมกันในเรื่องของการป้องกันการกร่อนของดินได้ทั้งสองระบบ อีกทั้งแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา จะช่วยซับหน้าดินและป้องกันของคันดินไม่ให้พังทลาย

จึงมีประสิทธิภาพในการลดการกร่อนของหน้าดินได้ดี ส่งผลให้มีการสะสมเศษซากพืชได้มากขึ้น การกร่อนของหน้าดินลดลง อีกทั้งมีการตัดใบหญ้าแฝก แล้วนำใบหญ้าแฝกคลุมแปลงไว้เพื่อรักษาความชื้น และปล่อยให้ย่อยสลายกลายเป็นปุ๋ยอินทรีย์ อีกทั้งคุ้รับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝกจะช่วยลดการไหลบ่าของน้ำ และช่วยดักและกรองเศษซากพืชไว้ไม่ให้ไหลลงออกจากแปลง เมื่อฝนตกลงมาจะช่วยในการลดการกร่อนของหน้าดินได้ทั้ง 2 ระบบให้ความสูงของต้นข้าวโพดเฉลี่ยรองลงมา 132.70 เซนติเมตร ส่วนวิธีการที่ 5 การใช้คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.=8 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (VI=4 เมตร) วิธีการนี้ ในระยะห่างตามแนวราบ 16 เมตร คุ้รับน้ำขอบเขาจะหายไป 1 แถว ต้นข้าวโพดมีความสูงเฉลี่ย 127.30 เซนติเมตร แต่มีแนวโน้มต่ำกว่าวิธีการที่ 2 ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำทั้งวิธีกลและวิธีพืชร่วมกัน

ตารางที่ 29 ความสูงของข้าวโพดปี พ.ศ.2558

วิธีการ	ความสูง (ซม.)		เฉลี่ย (ซม.)
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	102.3	95.3	98.83c
S2 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	136.7	128.7	132.7ab
S3 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	115.3	108.3	111.8bc
S4 แถบหญ้าแฝก (V.I. = 4 ม.)	145.0	128.0	136.50a
S5 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	117.7	137.0	127.3ab
เฉลี่ย (ซม.)	123.4	119.46	

C.V. (a) = 18.09 % C.V. (b) = 14.98 %

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากการใช้ปุ๋ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน

3) ความสูงของข้าวโพดปี พ.ศ.2559

ความสูงของข้าวโพดเมื่ออายุ 120 วัน พบว่าในปีที่ 3 (พ.ศ. 2559) ปัจจัยหลักหญ้าแฝก 2 สายพันธุ์ในระบบอนุรักษ์ดินและน้ำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาปัจจัยรองวิธีการอนุรักษ์ ในวิธีการต่างๆ ความสูงของต้นข้าวโพด มีความแตกต่างกันทางสถิติ วิธีการที่ 1 ไม่มีการใส่ปุ๋ย มีความสูง 114.0 เซนติเมตร สำหรับวิธีการที่ 2 3 และ 4 ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตด้านความสูงไม่แตกต่างกันทางสถิติ คือมีความสูง 142.8 137.0 และ 136.1 เซนติเมตร ตามลำดับ ในวิธีการที่ 5 ความสูงมากที่สุด 155.1 เซนติเมตร แสดงตารางที่ 30 ข้อมูลด้านการเจริญเติบโต วัดความสูงของข้าวโพดในงานวิจัย ปี พ.ศ. 2557-2559 (ภาพที่ 10)

ตารางที่ 30 ความสูงของข้าวโพดปี พ.ศ. 2559

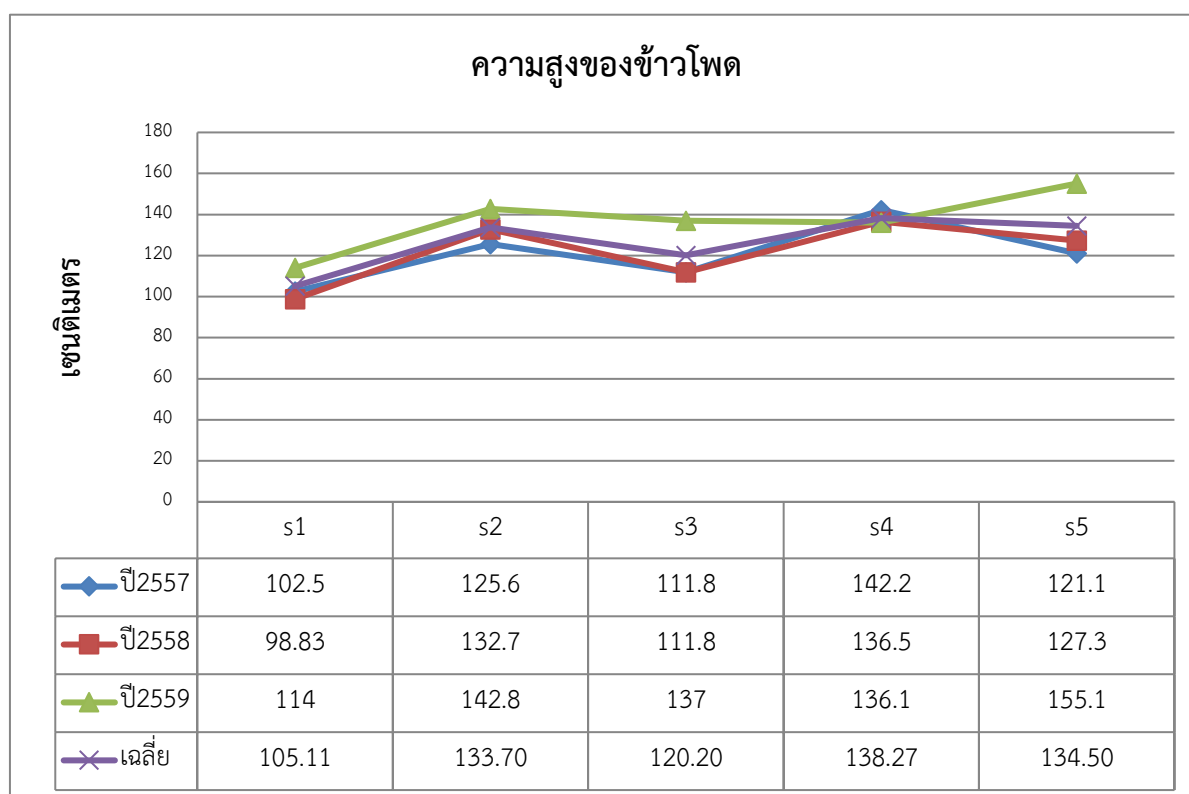
วิธีการ	ความสูง (ซม.)		เฉลี่ย (ซม.)
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	117.7	110.3	114.0c
S2 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แอบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	140.3	153.3	142.8ab
S3 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แอบหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	126.0	148.0	137.0ab
S4 แอบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	131.0	141.3	136.1b
S5 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.) แอบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	148.7	161.7	155.1a
เฉลี่ย (ซม.)	132.74	142.92	

C.V. (a) = 43.14 %

C.V. (b) = 10.86 %

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์
โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน



ภาพที่ 10 ความสูงของข้าวโพด

ความสูงของต้นข้าวโพดปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2559 พบว่าปัจจัยหลักหญ้าแฝก 2 สายพันธุ์ในระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาปัจจัยรองวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำในวิธีการต่างๆ ความสูงของต้นข้าวโพด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธีการที่ 5 การใช้คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=8 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (VI=4 เมตร) ให้ความสูงของต้นข้าวโพดเฉลี่ยสูงสุด 155.10 เซนติเมตร รองลงมาคือวิธีการที่ 2 การใช้คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) และวิธีการที่ 3 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=8 เมตร) ให้ความสูงของต้นข้าวโพดเฉลี่ยรองลงมาคือ 42.80 และ 137.00 เซนติเมตร ส่วนวิธีการที่ 4 การใช้แถบหญ้าแฝก V.I.=4 เมตร ให้ความสูงของต้นข้าวโพดเฉลี่ยปานกลาง 136.10 เซนติเมตร และวิธีการที่ 1 ปลุกข้าวโพด ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่ใส่ปุ๋ย ให้ความสูงข้าวโพดเฉลี่ยต่ำสุด 114.00 เซนติเมตร (ตารางที่ 30) ข้อมูลด้านการเจริญเติบโต วัดความสูงของข้าวโพดในงานวิจัยปีพ.ศ. 2557 -2559 (ภาพที่ 10)

ข้อพิจารณาวิธีการที่ให้ความสูงของต้นข้าวโพดเฉลี่ยสูงสุดคือ หลังจากการทดลองปีที่ 3 จะเห็นได้ว่าการใช้คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=8 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (VI=4 เมตร) วิธีการนี้ ในระยะห่างตามแนวราบ 16 เมตร คูรับน้ำขอบเขาจะหายไป 1 แถว ต้นข้าวโพดมีความสูงเฉลี่ยสูงสุด 155.10 เซนติเมตร จากข้อสังเกตในแปลงทดลองปีที่ 3 แถบหญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตเต็มที่ และการใช้คูรับน้ำขอบเขาร่วมกับการปลูกแถบหญ้าแฝกบริเวณปลายสันคันดินด้านนอกของคูรับน้ำขอบเขา แถบหญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตเต็มที่เช่นกัน ต้นหญ้าแฝกสานกันเป็นแถบที่หนาแน่น และคูรับน้ำขอบเขาบริเวณดินชุดและดินถมมีความหนาแน่น จึงช่วยในเรื่องป้องกันการกร่อนของดินได้เป็นอย่างดี จึงส่งผลให้ความสูงของต้นข้าวโพดเฉลี่ยสูงสุด (155.10 เซนติเมตร) ในปีที่ 3 ของการทดลอง มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,635 มิลลิเมตรต่อปี ซึ่งปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยลดลงกว่าปีที่ 1 แต่การกระจายตัวของน้ำฝนในช่วงเพาะปลูกข้าวโพดคือเดือน มิถุนายน ถึงเดือนกันยายน ยังอยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของข้าวโพดด้านความสูง

ข้อพิจารณาวิธีการที่ให้ความสูงของต้นข้าวโพดเฉลี่ยรองลงมาคือ วิธีการที่ 2 การใช้คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) ให้ความสูงของต้นข้าวโพดเฉลี่ยรองลงมาคือ 142.80 เซนติเมตร การใช้ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีกลร่วมกับวิธีพืช จะเป็นการส่งเสริมกันในเรื่องของการป้องกันการกร่อนของดินได้ดี อีกทั้งแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา จะช่วยซับหน้าดินและป้องกันของคันดินไม่ให้พังทลาย จึงมีประสิทธิภาพในการลดการกร่อนของหน้าดินได้ดี ส่งผลให้มีการสะสมเศษซากพืชได้มากขึ้น การกร่อนของหน้าดินก็จะลดลง ส่วนวิธีการที่ 3 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=8 เมตร) ความสูงของต้นข้าวโพดมีแนวโน้มเฉลี่ยรองลงมาคือ 137.00 เซนติเมตร ในวิธีการนี้มีระยะห่างตามแนวราบ 16 เมตร แถบหญ้าแฝกจะหายไป 1 แถว ทำให้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีกลและวิธีพืชไม่เสถียรหรือไม่สมบูรณ์ เมื่อฝนตกลงมาจะทำให้บริเวณสันคันดินซึ่งเป็นดินถม จะถูกน้ำฝนกัดเซาะได้ง่ายและเสี่ยงต่อการพังทลาย ดังนั้นการใช้คูรับน้ำขอบเขาร่วมกับการปลูกหญ้าแฝกบริเวณสันคันดิน จะเป็นการปลูกหญ้าแฝกเพื่อรักษาคูรับน้ำขอบเขา (grass planting of hillside ditches) ส่วนวิธีการที่ 1 ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่มีการใส่ปุ๋ย จะใช้เพียงปุ๋ยที่คงเหลืออยู่ในดินและอินทรีย์วัตถุในดินที่เหลือจากการทดลองปีที่ 2 เมื่อฝนตกลงมาจะทำให้เกิดการกร่อนของหน้าดินสูง และสูงกว่าวิธีการที่มีระบบอนุรักษ์ดิน และน้ำ ซึ่งจะทำให้เศษซากพืชที่อยู่บริเวณแปลงปลูกพืช เกิดการชะล้างโดยน้ำฝนไหลลงไปสู่ด้านล่าง

การกร่อนของหน้าดินจึงมีมากขึ้น อินทรีย์วัตถุบริเวณผิวดินจะถูกชะล้างไปได้ง่าย ส่งผลให้มีการเจริญเติบโตด้านความสูงต่ำสุด (114.00 เซนติเมตร)

สอดคล้องกับงานวิจัย การสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการกร่อนดินภายใต้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีกลร่วมกับวิธีพืชในพื้นที่ปลูกข้าวโพด จังหวัดอุดรธานี พื้นที่ที่มีความลาดชัน 40 เปอร์เซ็นต์ ดำเนินการปี พ.ศ.2559-2561 วางแผนการทดลอง แบบสุ่มในบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) มี 5 วิธีการทดลอง 4 ซ้ำ ดังนี้ 1. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ 2. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (คุ้มน้ำขอบเขา 3. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำร่วมกับปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวตามแนวคันคุ้มน้ำขอบเขา 4. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำร่วมกับปลูกตะไคร้เป็นแถวตามแนวคันคุ้มน้ำขอบเขา 5. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ร่วมกับปลูกข้าวเป็นแถวตามแนวคันคุ้มน้ำขอบเขา ปลูกข้าวโพดเป็นหลุมๆ ละ 2 เมล็ด ระยะห่างระหว่างต้น 25 เซนติเมตร ระหว่างแถว 75 เซนติเมตร โดยใช้จอบขุดเป็นหลุม หยอดเมล็ดแล้วจากนั้นวางปุ๋ยด้านบน (ปุ๋ยรองพื้น) ตามวิธีของเกษตรกรใส่ปุ๋ยเคมีทุกครั้งที่ทำการทดลองใส่ครั้งที่ 2 เมื่อข้าวโพดอายุได้ 30-35 วัน หลังการทดลองปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2561 พบว่า ความสูงข้าวโพดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการปลูกข้าวโพดในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ให้ความสูงข้าวโพดเฉลี่ยต่ำสุด 247.25 เซนติเมตร ส่วนการปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีคันคุ้มน้ำขอบเขาร่วมกับข้าว ให้ความสูงข้าวโพดเฉลี่ยสูงสุด 266.50 เซนติเมตร ซึ่งจะเห็นได้ว่า ความสูงข้าวโพดในวิธีการที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ มีแนวโน้มสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากพืชได้รับธาตุอาหารในดินสูงขึ้น เมื่อการกร่อนของดินลดลง จึงทำให้สามารถเก็บรักษาปริมาณธาตุอาหารพืชไว้ในดินซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืช (สาธิต และคณะ, 2562)

สุนิย์รัตน์ และคณะ, 2554 ผลของการไถพรวนในระบบปลูกพืชเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีต่อการสูญเสียดินบนพื้นที่ดอนชุดดินหนองมด (Nm) กลุ่มชุดดินที่ 29 บ้านสันสลี ตำบลสันสลี อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย พบว่าความสูงของข้าวโพดเมื่ออายุ 120 วัน ปี 2551-2553 และเฉลี่ย 3 ปี พบว่าในปีที่ 1 (พ.ศ. 2551) ความสูงของต้นข้าวโพด ทุกวิธีการ ใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีความสูง 211.7-235.7 เซนติเมตร ในปีที่ 2 (พ.ศ. 2552) ความสูงของต้นข้าวโพด มีความสูง 216.67-255.06 เซนติเมตร ทุกวิธีการไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ในปีที่ 3 (พ.ศ. 2553) ความสูงของต้นข้าวโพด ใกล้เคียงกันและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีความสูง 186.0-225.7 เซนติเมตร เมื่อพิจารณาความสูงเฉลี่ย 3 ปี พบว่า ความสูงของข้าวโพด ทุกวิธีการมีความสูงใกล้เคียงกัน และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ อาจเนื่องมาจากทุกวิธีการมีการใส่ปุ๋ยในอัตราที่เหมือนกัน คือ 46-0-0 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ จึงทำให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตด้านความสูงไม่แตกต่างกัน สอดคล้องกับ ยงยุทธ, 2552 กล่าวว่า การจัดการปุ๋ยไนโตรเจนในการปลูกพืชจะมีประสิทธิภาพดีที่สุด เมื่อทราบปริมาณความต้องการไนโตรเจนของพืช แต่ในระยะการเจริญเติบโต สามารถดูได้จากปริมาณของไนโตรเจนในต้นพืช ซึ่งปริมาณไนโตรเจนจะแสดงอาการออกทางสีใบและลักษณะการเจริญเติบโตของต้น

4.7.18 ผลผลิตของข้าวโพด

1) ผลผลิตของข้าวโพด ปี พ.ศ.2557

ในปีแรกที่ดำเนินงาน (ปี พ.ศ. 2557) ปัจจัยหลักหญ้าแฝก 2 สายพันธุ์ในระบบอนุรักษ์ดินและน้ำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ไม่มีผลต่อผลผลิตข้าวโพด แต่เมื่อพิจารณาปัจจัยรองวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำในวิธีการต่างๆ ผลผลิตข้าวโพดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธีการที่ 2-5 ให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ย 1,296.90 1,340.00 1,655.80 และ 1,407.10 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยสูงกว่าวิธีการที่ 1 ปลูกรวมข้าวโพด ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่ใส่ปุ๋ย (735.80 กิโลกรัมต่อไร่) (ตารางที่ 30)

ผลผลิตข้าวโพดปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2557 ปัจจัยรองวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ ในวิธีการต่างๆ ผลผลิตข้าวโพด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธีการที่ 4 การใช้แถบหญ้าแฝก V.I.=4 เมตร มีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยสูงสุด 1,655.80 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือ วิธีการที่ 5 การใช้คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=8 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) และวิธีการที่ 3 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) แถบหญ้าแฝก (V.I.=8 เมตร) และวิธีการที่ 2 การใช้คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) ผลผลิตของข้าวโพดเฉลี่ยรองลงมา 1,407.10 1,340.00 และ 1,296.90 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ผลผลิตข้าวโพดในวิธีการที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และใส่ปุ๋ยเคมี ในวิธีการที่ 2-5 ผลผลิตข้าวโพดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ให้ผลผลิตข้าวโพดอยู่ระหว่าง 1,296.90 -1,407.10 กิโลกรัมต่อไร่ จากการทดลองได้ใช้ข้าวโพดพันธุ์ลูกผสมเดี่ยว (เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด ซีพี 888 นิว ตราดอกบัว) ซึ่งเป็นถูกปรับปรุงพันธุ์มาให้ตอบสนองต่อการใช้ธาตุอาหารมากที่สุด จะเห็นได้ว่าในวิธีการที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีให้กับข้าวโพด ในอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ และใช้ธาตุอาหารที่มีอยู่ในดินก่อนการทดลอง (อินทรีย์วัตถุ 2.16 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 11 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โพแทสเซียมที่สกัดได้ 71 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จึงดูดซึมธาตุอาหารจากปุ๋ยเคมีที่ใส่ลงในดิน ธาตุอาหารที่คงเหลืออยู่ในดิน และได้จากการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุที่มีอยู่ในดินก่อนการทดลองได้มากกว่า ส่วนในวิธีการที่ 1 ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และไม่ใส่ปุ๋ยเคมี จะใช้ธาตุอาหารที่คงเหลืออยู่ในดิน และได้รับการการย่อยสลายของอินทรีย์วัตถุเท่านั้น ส่งผลให้ได้รับผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยต่ำสุด 735.80 กิโลกรัมต่อไร่

เมื่อพิจารณาเฉพาะวิธีการที่ 2-5 ที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และได้รับปุ๋ยเคมีอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ โดยวิธีการที่ 4 การใช้แถบหญ้าแฝก V.I.=4 เมตร มีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยสูงสุด 1,655.80 กิโลกรัมต่อไร่ ในวิธีการใช้แถบหญ้าแฝกเพียงอย่างเดียว และมีระยะห่างของแถบหญ้าแฝก V.I.=4 เมตร เป็นวิธีการที่ไม่รบกวนหน้าดิน หลังจากการเตรียมดินที่ไม่มีการเผาเศษพืช ไม่มีการไถพรวนดิน มีเพียงการสับกลบเศษพืชลงในดิน และทำการปลูกหญ้าแฝกเป็นแถบล้อมขวางความลาดเท ตามระยะห่างของค่า V.I.=4 เมตร (ระยะห่างระหว่างแถบหญ้าแฝกตามแนวราบเท่ากับ 8 เมตร) หญ้าแฝกทั้ง 2 พันธุ์เป็นแฝกรากเปลือย พันธุ์สงขลา 3 และหญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน ในปีที่ 1 ปี พ.ศ. 2557 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,565 มิลลิเมตรต่อปี การกระจายตัวของน้ำฝนในช่วงเพาะปลูกข้าวโพดคือเดือน มิถุนายน ถึงเดือน กันยายน

อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของข้าวโพด และส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดมีแนวโน้มเฉลี่ยสูงสุด (1,655.80 กิโลกรัมต่อไร่)

ในวิธีการที่ 5 การใช้คุ้มน้ำขอบเขา (V.I.=8 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (VI=4 เมตร) วิธีการนี้ในระยะห่างตามแนวราบ 16 เมตร คุ้มน้ำขอบเขาจะหายไป 1 แถว วิธีการนี้จะปลูกหญ้าแฝกรากเปลี่ยน ปลูกระยะห่างระหว่างต้น 5 เซนติเมตร บริเวณปลายสันคันดินด้านนอก ในปีแรกของการทดลอง คุ้มน้ำขอบเขา มีการขุดคุ้มน้ำขอบเขาใหม่ จึงทำให้ดินขุดดินถมยังจับตัวกันหลวมๆ เมื่อมีฝนตกลงมาจะทำให้ดินถูกกัดเซาะได้ ประกอบกับแถบหญ้าแฝกที่ปลูกบนสันคันดิน อยู่ในระยะกำลังเจริญเติบโต อีกทั้งการแตกกอยังไม่เต็มแถบ รากหญ้าแฝกยังไม่กระจายมากนัก จึงไม่สามารถยึดดินถมได้เต็มที่ ในส่วนของแถบหญ้าแฝกที่ปลูกเป็นแถวเดี่ยวทั้ง 2 พันธุ์จะเป็นแฝกรากเปลี่ยน (พันธุ์สงขลา 3 และหญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน) ในปีแรกของการทดลองยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ การแตกกอยังไม่เต็มแถบ เมื่อฝนตกลงมายังมีการกร่อนของหน้าดิน มีช่องให้น้ำพัดพาเอาหน้าดินและเศษพืชลงไปสู่ด้านล่างได้บางส่วน ส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยรองลงมาคือ 1,407.10 กิโลกรัมต่อไร่

ส่วนวิธีการที่ 3 คุ้มน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) แถบหญ้าแฝก (V.I.=8 เมตร) วิธีการนี้มี คุ้มน้ำขอบเขา 2 แถว แต่ปลูกแถบหญ้าแฝก 1 แถว ทำให้ประสิทธิภาพการลดการกร่อนของหน้าดินลดลง ในปีแรกของการทดลอง คุ้มน้ำขอบเขา มีการขุดคุ้มน้ำขอบเขาใหม่ จึงทำให้ดินขุดดินถมยังจับตัวกันหลวมๆ เมื่อมีฝนตกลงมาจะทำให้ดินถูกกัดเซาะได้ วิธีการนี้จะปลูกหญ้าแฝกรากเปลี่ยน ปลูกระยะห่างระหว่างต้น 5 เซนติเมตร บริเวณปลายสันคันดินด้านนอก ยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ การแตกกอยังไม่เต็มแถบ เมื่อฝนตกลงมายังมีการกร่อนของหน้าดิน มีช่องให้น้ำพัดพาเอาหน้าดินและเศษพืชลงไปสู่ด้านล่างได้บางส่วน ส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยรองลงมาคือ 1,340.00 กิโลกรัมต่อไร่ และในวิธีการที่ 2 การใช้คุ้มน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) วิธีการนี้จะปลูกหญ้าแฝกบริเวณปลายสันคันดินด้านนอก ในปีแรกของการทดลอง คุ้มน้ำขอบเขา มีการขุดคุ้มน้ำขอบเขาใหม่ จึงทำให้ดินขุดดินถมยังจับตัวกันหลวมๆ เมื่อมีฝนตกลงมาจะทำให้ดินถูกกัดเซาะได้ ประกอบกับแถบหญ้าแฝกที่ปลูกบนสันคันดิน อยู่ในระยะกำลังเจริญเติบโต ยังไม่สามารถยึดดินถมได้ ให้ผลผลิตข้าวโพดอยู่ในระดับปานกลางคือ 1,296.90 กิโลกรัมต่อไร่

ตารางที่ 31 ผลผลิตของข้าวโพดปี พ.ศ. 2557

วิธีการ	ผลผลิต (กิโลกรัมต่อไร่)		เฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่)
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	850.20	621.30	735.80b
S2 คุ้มน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แยกหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1,069.30	1,524.40	1,296.90a
S3 คุ้มน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แยกหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	1,241.80	1,438.20	1,340.00a
S4 แยกหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1,550.20	1,761.30	1,655.80a
S5 คุ้มน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.) แยกหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1,312.90	1,501.30	1,407.10a
เฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่)	1,204.90	1,369.30	

C.V. (a) = 26.43 %

C.V. (b) = 33.51 %

LSD.05 (วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ) = *

LSD.05 (พันธุ์หญ้าแฝก) = ns

LSD.05 (ความสัมพัทธ์ร่วม) = ns

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน

2) ผลผลิตของข้าวโพด ปี พ.ศ. 2558

ปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2558 ปัจจัยหลักหญ้าแฝก 2 สายพันธุ์ในระบบอนุรักษ์ดินและน้ำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ไม่มีผลต่อผลผลิตข้าวโพด แต่เมื่อพิจารณาปัจจัยรองวิธีการอนุรักษ์ในวิธีการต่างๆ ผลผลิตข้าวโพด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธีการที่ 2-5 ให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ย 1,647.60 1,587.90 1,712.00 และ 1,489.30 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ และให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยสูงกว่าวิธีการที่ 1 ปลุกข้าวโพด ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่ใส่ปุ๋ย (810.70 กิโลกรัมต่อไร่) (ตารางที่ 31)

ผลผลิตข้าวโพดปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2558 ปัจจัยรองวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ ในวิธีการต่างๆ ผลผลิตข้าวโพด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธีการที่ 4 การใช้แถบหญ้าแฝก V.I.=4 เมตร มีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยสูงสุด 1,712.10 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือวิธีการที่ 2 การใช้คุ้มน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) และวิธีการที่ 3 คุ้มน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) แยกหญ้าแฝก (V.I.=8 เมตร) และวิธีการที่ 5 การใช้คุ้มน้ำขอบเขา (V.I.=8 เมตร) ร่วมกับแถบ

หญ้าแฝก (VI=4 เมตร) ให้ผลผลิตของข้าวโพดเฉลี่ยรองลงมา 1,647.60 1,587.90 และ 1,489.30 กิโลกรัม ต่อไร่ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาเฉพาะวิธีการที่ 2-5 ที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และได้รับปุ๋ยเคมีอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ โดยวิธีการที่ 4 การใช้แถบหญ้าแฝก V.I.=4 เมตร มีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยสูงสุด 1,712.00 กิโลกรัมต่อไร่ ในวิธีการใช้แถบหญ้าแฝกเพียงอย่างเดียว และมีระยะห่างของแถบหญ้าแฝก V.I.=4 เมตร เป็นวิธีการที่ไม่รบกวนหน้าดิน ในปีที่ 2 ของการทดลอง แถบหญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตเต็มที่ มีการแตกกอของต้นหญ้าแฝก ทำให้เป็นแถบหญ้าแฝกที่หนาแน่น และระบบรากหญ้าแฝกแผ่กระจายและยึดหน้าดินได้เต็มประสิทธิภาพ การเตรียมดินโดยใช้แรงคน ไม่มีการเผาเศษพืช ไม่มีการไถพรวนดิน มีเพียงการถางหญ้าและสับกลบเศษพืชลงไปดิน เป็นการปลูกหญ้าแฝกเป็นแถบขวางความลาดเท ตามระยะห่างของค่า V.I.=4 เมตร (ระยะห่างระหว่างแถบหญ้าแฝกตามแนวราบเท่ากับ 8 เมตร) หญ้าแฝกทั้ง 2 พันธุ์เป็นแฝกรากเปลือย พันธุ์สงขลา 3 และหญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน ในปีที่ 2 ปี พ.ศ. 2558 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,170 มิลลิเมตรต่อปี การกระจายตัวของน้ำฝนในช่วงเพาะปลูกข้าวโพดคือเดือน มิถุนายน ถึงเดือน กันยายน อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของข้าวโพด และส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดมีแนวโน้มเฉลี่ยสูงสุด (1,712.00 กิโลกรัมต่อไร่)

ในวิธีการที่ 2 การใช้คุ้มน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) วิธีการนี้จะปลูกหญ้าแฝกบริเวณปลายสันคันดินด้านนอก ในปีที่ 2 ของการทดลองคุ้มน้ำขอบเขา ดินชุดดินถมมีความหนาแน่น เมื่อมีฝนตกลงมาจะทำให้ดินถูกกัดเซาะได้น้อยลง ประกอบกับแถบหญ้าแฝกที่ปลูกบนสันคันดินมีการเจริญเติบโตเต็มที่ มีการแตกกอเต็มแถบ รากหญ้าแฝกแผ่กระจายยึดบริเวณสันคันดินไว้อย่างหนาแน่น ดังนั้นการใช้คุ้มน้ำขอบเขาร่วมกับการปลูกหญ้าแฝกบริเวณสันคันดิน จะเป็นการปลูกหญ้าแฝกเพื่อรักษาคุ้มน้ำขอบเขา เมื่อมีฝนตกลงมาทั้งคุ้มน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝกที่ปลูกบริเวณสันคันดินด้านนอก จะช่วยลดการกร่อนของหน้าดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยดูดซับความชื้น และกรองเศษพืชเศษดินไม่ให้ไหลลงปาด้านล่าง ให้ผลผลิตข้าวโพดรองลงมาคือ 1,647.60 กิโลกรัมต่อไร่

ส่วนวิธีการที่ 3 คุ้มน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) แถบหญ้าแฝก (V.I.=8 เมตร) วิธีการนี้มีคุ้มน้ำขอบเขา 2 แถว แต่ปลูกแถบหญ้าแฝก 1 แถว ในปีที่ 2 ของการทดลอง คุ้มน้ำขอบเขามีความหนาแน่นมากขึ้น เมื่อมีฝนตกลงมาจะทำให้ดินถูกกัดเซาะได้น้อยลง และในระยะตามแนวราบ 16 เมตร คันคุ้มน้ำขอบเขาจำนวน 2 แถว แต่มีการปลูกแถบหญ้าแฝกบริเวณสันคันดินด้านนอกเพียง 1 แถว และแถบหญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตเต็มที่ มีการแตกกออย่างเต็มแถบ รากหญ้าแฝกแผ่กระจายยึดบริเวณสันคันดินไว้อย่างหนาแน่น เมื่อฝนตกลงมาจะช่วยลดการกร่อนของหน้าดินได้ดียิ่งขึ้น ให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยปานกลางคือ 1,587.90 กิโลกรัมต่อไร่

ในวิธีการที่ 5 การใช้คุ้มน้ำขอบเขา (V.I.=8 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (VI=4 เมตร) วิธีการนี้ในระยะห่างตามแนวราบ 16 เมตร คุ้มน้ำขอบเขาจะหายไป 1 แถว วิธีการนี้จะปลูกหญ้าแฝกรากเปลือย ปลูกระยะห่างระหว่างต้น 5 เซนติเมตร บริเวณปลายสันคันดินด้านนอก ในปีที่ 2 ของการทดลอง คุ้มน้ำขอบเขา ดินชุดดินถมมีความหนาแน่น เมื่อมีฝนตกลงมาจะทำให้ดินถูกกัดเซาะได้น้อยลง ประกอบกับแถบหญ้าแฝกที่ปลูกบนสันคันดินมีการเจริญเติบโตเต็มที่ มีการแตกกออย่างเต็มแถบ รากหญ้าแฝกแผ่กระจาย

ยึดบริเวณสันคันดินไว้อย่างหนาแน่น ดังนั้นการใช้คูรับน้ำขอบเขา ร่วมกับการปลูกหญ้าแฝกบริเวณสันคันดิน จะเป็นการปลูกหญ้าแฝกเพื่อรักษาคูรับน้ำขอบเขา (grass planting of hillside ditches) ในส่วนของแถบหญ้าแฝกที่ปลูกเป็นแถวเดี่ยวทั้ง 2 พันธุ์จะเป็นแฝกรากเปลือย (พันธุ์สงขลา 3 และหญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน) ในส่วนของแถบแฝกที่ปลูกเป็นแถวเดี่ยว (ไม่ได้ปลูกบนคันดิน) ในปี ที่ 2 ของการทดลอง ต้นหญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตเต็มที่และเป็นแถบที่ชิดกับ จึงจะมีประสิทธิภาพที่ดีในการลดการกร่อนของหน้าดิน ให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยปานกลางคือ 1,489.30 กิโลกรัมต่อไร่

ตารางที่ 32 ผลผลิตของข้าวโพด ปี พ.ศ. 2558

วิธีการ	ผลผลิต		เฉลี่ย
	(กิโลกรัมต่อไร่)		(กิโลกรัมต่อไร่)
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	860.50	760.90	810.70b
S2 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1,753.80	1,541.30	1,647.60a
S3 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	1,723.50	1,452.40	1,587.90a
S4 แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1,782.20	1,641.80	1,712.00a
S5 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1,263.90	1,714.70	1,489.30a
เฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่)	1,476.80	1,422.20	

C.V. (a) = 33.61 % C.V. (b) = 22.02 %

LSD.05 (วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ) = *

LSD.05 (พันธุ์หญ้าแฝก) = ns

LSD.05 (ความสัมพัทธ์ร่วม) = ns

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน

3) ผลผลิตของข้าวโพด ปี พ.ศ. 2559

ปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2559 ปัจจัยหลักหญ้าแฝก 2 สายพันธุ์ในระบบอนุรักษ์ดินและน้ำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ไม่มีผลต่อผลผลิตข้าวโพด แต่เมื่อพิจารณาปัจจัยรองวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำในวิธีการต่างๆ ผลผลิตข้าวโพด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธีการที่ 2-5 ให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ย 1,601.80 1,532.90 1,681.60 และ 1,497.10 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ และให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยสูงกว่าวิธีการที่ 1 ปลูกข้าวโพด ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ไม่ใส่ปุ๋ย (852.40 กิโลกรัมต่อไร่) (ตารางที่ 32) ข้อมูลผลผลิตข้าวโพดในงานวิจัยปี พ.ศ. 2557-2559 (ภาพที่ 11)

ผลผลิตข้าวโพดปีที่ 3 ปี พ.ศ. 2559 ปัจจัยรองวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ ในวิธีการต่างๆ ผลผลิตข้าวโพด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยวิธีการที่ 4 การใช้แถบหญ้าแฝก V.I.= 4 เมตร มีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยสูงสุด 1,681.60 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือวิธีการที่ 2 การใช้คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) และวิธีการที่ 3 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) แถบหญ้าแฝก (V.I.=8 เมตร) และวิธีการที่ 5 การใช้คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=8 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) ให้ผลผลิตของข้าวโพดเฉลี่ยรองลงมา 1,601.80 1,532.90 และ 1,497.10 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาเฉพาะวิธีการที่ 2-5 ที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และได้รับปุ๋ยเคมีอัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ โดยวิธีการที่ 4 การใช้แถบหญ้าแฝก V.I.=4 เมตร มีแนวโน้มให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยสูงสุด 1,681.60 กิโลกรัมต่อไร่ ในวิธีการใช้แถบหญ้าแฝกเพียงอย่างเดียว และมีระยะห่างของแถบหญ้าแฝก V.I.=4 เมตร เป็นวิธีการที่ไม่รบกวนหน้าดิน ในปีที่ 3 ของการทดลอง แถบหญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตเต็มที่ มีการแตกกอของต้นหญ้าแฝก ทำให้เป็นแถบหญ้าแฝกที่หนาแน่น และระบบรากหญ้าแฝกแผ่กระจายและยึดหน้าดินได้เต็มประสิทธิภาพ การเตรียมดินโดยใช้แรงคน ไม่มีการเผาเศษพืช ไม่มีการไถพรวนดิน มีเพียงการถางหญ้าและสับกลบเศษวัชพืชลงไปดิน เป็นการปลูกหญ้าแฝกเป็นแถบลายความลาดเท ตามระยะห่างของค่า V.I.=4 เมตร (ระยะห่างระหว่างแถบหญ้าแฝกตามแนวราบเท่ากับ 8 เมตร) หญ้าแฝกทั้ง 2 พันธุ์เป็นแฝกรากเปลือย พันธุ์สงขลา 3 และหญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน มีปริมาณการสูญเสียดิน 381.00 กิโลกรัมต่อไร่ ต่ำกว่าวิธีการไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (การสูญเสียดินเฉลี่ยสูงสุด 1,676.30 กิโลกรัมต่อไร่) ในปีที่ 3 ปี พ.ศ.2559 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,635 มิลลิเมตรต่อปี การกระจายตัวของน้ำฝนในช่วงเพาะปลูกข้าวโพดคือ เดือน มิถุนายน ถึงเดือน กันยายน อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการเจริญเติบโตของข้าวโพด และส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดมีแนวโน้มเฉลี่ยสูงสุด (1,681.60 กิโลกรัมต่อไร่)

ในวิธีการที่ 2 การใช้คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) วิธีการนี้จะปลูกหญ้าแฝกบริเวณปลายสันคันดินด้านนอก ในปีที่ 3 ของการทดลองคูรับน้ำขอบเขา ดินชุดดิน ๓ มีความหนาแน่น เมื่อมีฝนตกลงมาจะทำให้ดินถูกกัดเซาะได้น้อยลง ประกอบกับแถบหญ้าแฝกที่ปลูกบนสันคันดินมีการเจริญเติบโตเต็มที่ มีการแตกกอเต็มแถบ รากหญ้าแฝกแผ่กระจายยึดบริเวณสันคันดินไว้อย่างหนาแน่น ดังนั้นการใช้คูรับน้ำขอบเขาร่วมกับการปลูกหญ้าแฝกบริเวณสันคันดิน จะเป็นการปลูกหญ้าแฝกเพื่อรักษาคูรับน้ำขอบเขา เมื่อมีฝนตกลงมาทั้งคูรับน้ำขอบเขาและแถบหญ้าแฝกที่ปลูกบริเวณสันคันดิน

ด้านนอก จะช่วยลดการกร่อนของหน้าดินได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยดูดซับความชื้น และกรองเศษพืช เศษดินไม่ให้ไหลลงปาด้านล่าง ให้ผลผลิตข้าวโพดรองลงมาคือ 1,601.80 กิโลกรัมต่อไร่

ส่วนวิธีการที่ 3 คุ้มน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) แฉกหญ้าแฝก (V.I.=8 เมตร) วิธีการนี้มีคุ้มน้ำขอบเขา 2 แถว แต่ปลูกหญ้าแฝก 1 แถว ในปีที่ 2 ของการทดลอง คุ้มน้ำขอบเขามีความหนาแน่นมากขึ้น เมื่อมีฝนตกลงมาจะทำให้ดินถูกกัดเซาะได้น้อยลง และในระยะตามแนวราบ 16 เมตร คันคุ้มน้ำขอบเขาจำนวน 2 แถว แต่มีการปลูกหญ้าแฝกบริเวณสันคันคันดินด้านนอกเพียง 1 แถว และหญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตเต็มที่ มีการแตกกออย่างเต็มแถบ รากหญ้าแฝกแผ่กระจายยึดบริเวณสันคันดินไว้อย่างหนาแน่น เมื่อฝนตกลงมาจะช่วยลดการกร่อนของหน้าดินได้ดียิ่งขึ้น ผลให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยปานกลางคือ 1,532.90 กิโลกรัมต่อไร่ และวิธีการที่ 5 การใช้คุ้มน้ำขอบเขา (V.I.=8 เมตร) ร่วมกับหญ้าแฝก (VI=4 เมตร) วิธีการนี้ในระยะห่างตามแนวราบ 16 เมตร คุ้มน้ำขอบเขาจะหายไป 1 แถว วิธีการนี้จะปลูกหญ้าแฝกรากเปลี่ยน ปลูกระยะห่างระหว่างต้น 5 เซนติเมตร บริเวณปลายสันคันดินด้านนอก ในปีที่ 3 ของการทดลองคุ้มน้ำขอบเขา ดินชุดดินมีความหนาแน่น เมื่อมีฝนตกลงมาจะทำให้ดินถูกกัดเซาะได้น้อยลง ประกอบกับหญ้าแฝกที่ปลูกบนสันคันดินมีการเจริญเติบโตเต็มที่ มีการแตกกออย่างเต็มแถบ รากหญ้าแฝกแผ่กระจายยึดบริเวณสันคันดินไว้อย่างหนาแน่น ดังนั้นการใช้คุ้มน้ำขอบเขาร่วมกับการปลูกหญ้าแฝกบริเวณสันคันดิน จะเป็นการปลูกหญ้าแฝกเพื่อรักษาคุ้มน้ำขอบเขา (grass planting of hillside ditches) ในส่วนของหญ้าแฝกที่ปลูกเป็นแถวเดี่ยวทั้ง 2 พันธุ์จะเป็นแฝกรากเปลี่ยน (พันธุ์สงขลา 3 และหญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน) ในส่วนของแฝกที่ปลูกเป็นแถวเดี่ยว (ไม่ได้ปลูกบนคันดิน) ส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยปานกลางคือ 1,497.10 กิโลกรัมต่อไร่

สอดคล้องกับงานวิจัย การสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการกร่อนดินภายใต้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีกลร่วมกับวิธีพืชในพื้นที่ปลูกข้าวโพด จังหวัดอุดรธานี พื้นที่ที่มีความลาดชัน 40 เปอร์เซ็นต์ ดำเนินการปี พ.ศ. 2559-2561 วางแผนการทดลอง แบบสุ่มในบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (RCBD) มี 5 วิธีการทดลอง 4 ซ้ำ ดังนี้ 1. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ 2. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (คุ้มน้ำขอบเขา 3. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำร่วมกับปลูกหญ้าแฝกเป็นแถวตามแนวคันคุ้มน้ำขอบเขา 4. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำร่วมกับปลูกตะไคร้เป็นแถวตามแนวคันคุ้มน้ำขอบเขา 5. ปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ร่วมกับปลูกข้าวเป็นแถวตามแนวคันคุ้มน้ำขอบเขา ปลูกข้าวโพดเป็นหลุมๆ ละ 2 เมล็ด ระยะห่างระหว่างต้น 25 เซนติเมตร ระหว่างแถว 75 เซนติเมตร โดยใช้จอบขุดเป็นหลุม หยอดเมล็ดแล้วจากนั้นวางปุ๋ยด้านบน (ปุ๋ยรองพื้น) ตามวิธีของเกษตรกรใส่ปุ๋ยเคมีทุกครั้งที่ทำการทดลองใส่ครั้งที่ 2 เมื่อข้าวข้าวโพดอายุได้ 30-35 วัน หลังการทดลองปีที่ 3 พบว่า การปลูกข้าวโพดในพื้นที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำให้ผลผลิตเท่ากับ 747.94 กิโลกรัมต่อไร่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับการปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีคันคุ้มน้ำขอบเขา และพื้นที่มีคันคุ้มน้ำขอบเขาร่วมกับหญ้าแฝก ตะไคร้ และข้าว ซึ่งให้ผลผลิตเท่ากับ 886.09 905.79 944.61 และ 892.15 กิโลกรัมต่อไร่ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลผลิตข้าวโพดในตำรับที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำมีแนวโน้มสูงขึ้นทั้งนี้ อาจเนื่องจากพืชได้รับธาตุอาหารในดินสูงขึ้น เมื่อการกร่อนของดินลดลง จึงทำให้สามารถเก็บ

รักษาปริมาณ ธาตุอาหารพืชไว้ในดินซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตของพืชและมีผลต่อการให้ผลผลิตของพืชปี (สาริตและคณะ, 2562)

ตารางที่ 33 ผลผลิตของข้าวโพดปี พ.ศ.2559

วิธีการ	ผลผลิต		เฉลี่ย
	(กิโลกรัมต่อไร่)		(กิโลกรัมต่อไร่)
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	776.90	927.90	852.40b
S2 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แลบบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1,591.10	1,612.40	1,601.80a
S3 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แลบบหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	1,664.00	1,401.80	1,532.90a
S4 แลบบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1,749.70	1,613.30	1,681.60a
S5 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.) แลบบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	1,466.20	1,527.90	1,497.10a
เฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่)	1,449.60	1,416.70	

C.V. (a) = 11.60 %

C.V. (b) = 22.71 %

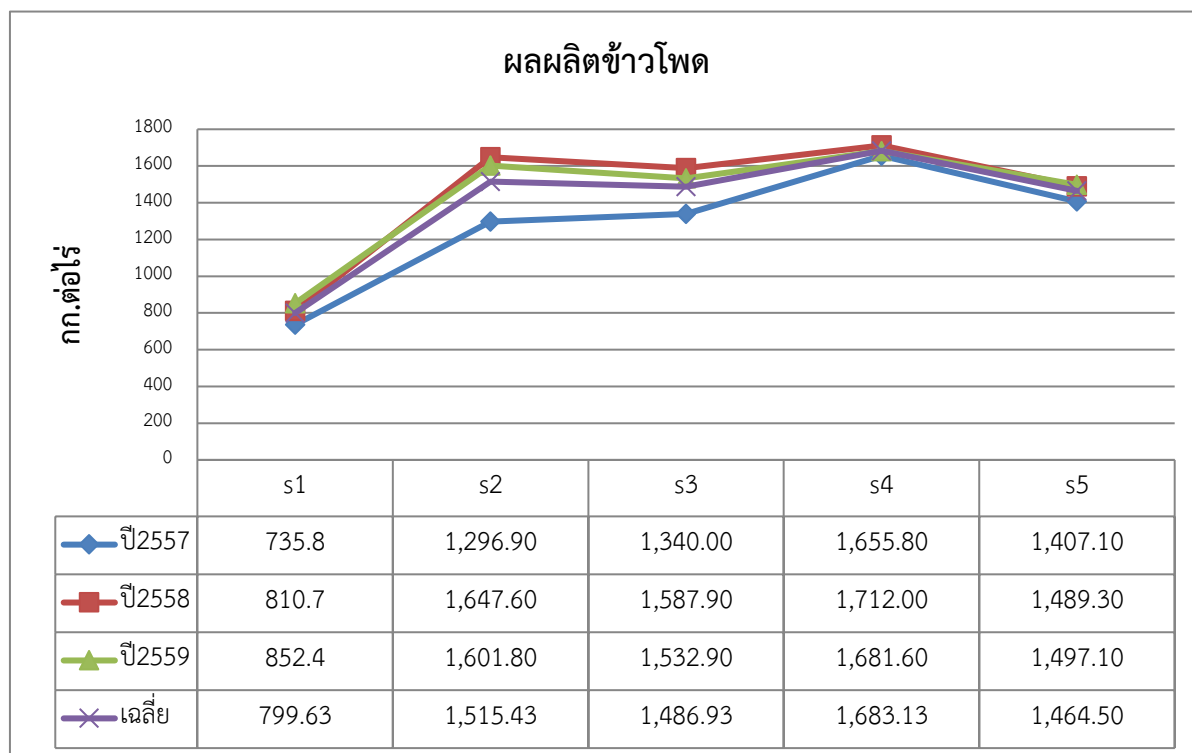
LSD.05 (วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ) = *

LSD.05 (พันธุ์หญ้าแฝก) = ns

LSD.05 (ความสัมพัทธ์ร่วม) = ns

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์
โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน



ภาพที่ 11 ผลผลิตของข้าวโพด

กรมวิชาการเกษตร (2547) ระบุว่า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถเจริญเติบโตได้ในดินเกือบทุกชนิดแต่จะให้ผลผลิตต่างกันไป เมื่อเปรียบเทียบสมบัติของดินในพื้นที่ศึกษากับความต้องการของพืช (crop requirement) ของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ที่ระบุว่า ดินที่เหมาะสมต่อการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ควรเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ค่าพีเอช 5-8 มีอินทรียวตสูงกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์ ฟอสฟอรัสไม่ต่ำกว่า 10 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และโพแทสเซียมไม่ต่ำกว่า 60 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

สอดคล้องกับ ศรีบุญพงศ์ (2557) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของแถบพืชเป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำเพื่อการปลูกข้าวโพด บนพื้นที่ดอนพื้นที่จังหวัดพะเยา พบว่าการปลูกน้อยหน่าร่วมกับเศษพืช มีปริมาณการสูญเสียดินต่ำสุดเท่ากับ 132 กิโลกรัมต่อไร่ โดยต่ำกว่าวิธีของเกษตรกร ซึ่งไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (390 กิโลกรัมต่อไร่) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในด้านผลผลิตของข้าวโพด การปลูกน้อยหน่า มะนาว กาแฟ และชา ร่วมกับเศษพืช เป็นแถบพืชอนุรักษ์ดิน ให้ ผลผลิตข้าวโพดเฉลี่ยใกล้เคียงกัน คือ 1,017 945 884 และ 840 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ และไม่แตกต่างกันทาง สถิติกับวิธีเกษตรกรที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ (841 กิโลกรัมต่อไร่) และสอดคล้องกับ สุนิย์รัตน์ (2557) ได้ศึกษาผลของการไถพรวนในระบบปลูกพืชเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีต่อการสูญเสีย ดินบนพื้นที่ดอน ชุดดินหนองมด (Nm) กลุ่มชุดดินที่ 29 อำเภอยางป่าเป้า จังหวัดเชียงราย พบว่าการปลูกข้าวโพด โดยไม่ไถพรวนดินร่วมกับระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และแถบหญ้าแฝกเป็นวิธีการที่ดีที่สุด เนื่องจากให้ผลผลิตไม่แตกต่างจากวิธีการอื่น ลดต้นทุนในการไถเตรียมพื้นที่ มีปริมาณการสูญเสียดินน้อยที่สุด วิธีการนี้จึงเหมาะสมในการ แก้ปัญหาการกร่อนของดินบนพื้นที่ความลาดชัน 5 % และมีการใส่ปุ๋ยเคมี 46-0-0 ในอัตราที่เท่ากัน 50 กิโลกรัมต่อไร่ พบว่าผลผลิตข้าวโพด

ใกล้เคียงกันและไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ ในวิธีการไม่ไถพรวน และปลูกหญ้าแฝกตามแนวระดับ ผลผลิตข้าวโพดมีแนวโน้มสูงสุด 1,998.3 กิโลกรัมต่อไร่ และในการไถพรวนด้วยรถไถล้อยาง ผลผลิตข้าวโพดมีแนวโน้มต่ำสุด 1,286.3 กิโลกรัมต่อไร่

ดารากรณ์และคณะ (2558) ผลงานโครงการวิจัยฟื้นฟูระบบเกษตรยั่งยืน ในพื้นที่โครงการพัฒนาพื้นที่สูงแบบโครงการหลวงโป่งคำ มีวัตถุประสงค์เพื่อสนับสนุนเป้าหมายการพัฒนาพื้นที่ใน การลดพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยมีแนวทางการวิจัยที่มุ่งแก้ปัญหาเร่งด่วนของพื้นที่ทั้งด้าน เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และสังคม ที่เน้นชุดเทคโนโลยีการเพิ่มผลผลิตรายปีซึ่งมีผลการวิจัย ปลูกข้าวโพดเหลืองด้วย ถั่ว โดยมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำด้วยหญ้าแฝก และสับปรดตามแนวระดับ เนื่องจากในพื้นที่ของเกษตรกร เป็นที่สูง เกิดปัญหาการกร่อนของดิน การปลูกหญ้าแฝกและสับปรดช่วยดักตะกอนดินและลดการกร่อน ของดิน ด้านสมบัติดินพบว่า มีค่าพีเอช กรดจัดรุนแรงมาก (3.71-3.98) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) อยู่ใน ช่วงต่ำ (0.68-0.94 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (total N) อยู่ในช่วงสูงมาก (1.83-2.73 เปอร์เซ็นต์) อาจเนื่องจากการตกค้างจากการใช้ปุ๋ยเคมี ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available-P) อยู่ในช่วงต่ำ มาก (0.48-2.36 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch-K) อยู่ในช่วงต่ำถึงสูงมาก (59.7-134 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch-Ca) อยู่ในช่วงต่ำมาก (139.5-225 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch-Mg) อยู่ในช่วงต่ำถึงเพียงพอ (58.55-278.25 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) สำหรับผลผลิตข้าวโพด ในวิธีการปลูกข้าวโพดโดยไม่เผาและปลูก เหลืองด้วยถั่วเขียวนางแดง มีค่าสูงที่สุดคือ 711.6 กิโลกรัมต่อไร่ รองลงมาคือวิธีการปลูกข้าวโพดโดยไม่เผาและ ปลูกเหลืองด้วยถั่วแปะยี่คือ 605 กิโลกรัม ต่อไร่ และวิธีการปลูกข้าวโพดเชิงเดี่ยวโดยเผาเพื่อเตรียมพื้นที่ปลูก มีค่าน้อยที่สุดคือ 417.6 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ

4.7.19 ปริมาณการสูญเสียดิน ปี พ.ศ. 2557-2559

1) ปริมาณการสูญเสียดินปี พ.ศ. 2557

จากการเก็บข้อมูลปริมาณการสูญเสียดินในบ่อดักตะกอนท้ายแปลง พื้นที่แปลงวิจัยมีความลาดชันเฉลี่ย 35 เปอร์เซ็นต์ โดยเก็บตัวอย่างแบบรวมเป็นรายปี ปริมาณการสูญเสียดิน ปี พ.ศ. 2557 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง มีปริมาณน้ำฝนค่อนข้างมากเฉลี่ย 1,565 มิลลิเมตรต่อปี ในปีนี้ 1 ของการ ทดลอง เป็นปีที่เริ่มดำเนินการจัดทำโครงสร้าง งานระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ เช่น ส่องกล้องวางแนวระดับ ขุดคูรับน้ำขอบเขา ปลูกหญ้าแฝกตามแนวระดับ ขุดบ่อกักเก็บตะกอนดินพร้อมปูพลาสติก วางแนวสังกะสี รอบขอบแปลงทดลอง และปลูกข้าวโพด ซึ่งจะมีการรบกวนโครงสร้างของดิน พบว่าในปีแรกที่ดำเนินการ (ปี พ.ศ.2557) ผลร่วมระหว่างการใช้หญ้าแฝกและการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการต่างๆ พบว่ามีปฏิสัมพันธ์กัน โดย วิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีผลทำให้ปริมาณตะกอนดินมากที่สุด เท่ากับ 1,713.8 กิโลกรัมต่อไร่ และ 1,320.0 กิโลกรัมต่อไร่ การปลูกข้าวโพดในพื้นที่ที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ วิธีการที่ 2-5 มีปริมาณ การสูญเสียดินใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ การปลูกข้าวโพดในพื้นที่มีคูรับน้ำขอบเขา V.I. 4 หรือ V.I. 8 มีปริมาณการสูญเสียดินใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 34) มาตรการอนุรักษ์ดินและ

น้ำสามารถลดปริมาณตะกอนดินลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ ส่วนการกร่อนของดินภายในระหว่างแถวหญ้าแฝกหรือคันดิน (มาตรการอนุรักษ์ฯ) นั้นยังคงเกิดขึ้น (intra alley erosion) เนื่องจากระหว่างแถวหญ้าแฝกหรือคันดิน (พื้นที่ที่ใช้ปลูกข้าวโพด) ยังมีความลาดชัน แต่ถูกลดความยาวของความลาดชันลง การเกิดการกร่อนของดินอาจลดลง และเมื่อตะกอนดินที่ถูกพัดพามากับน้ำไหลบ่ามาถึงแถวหญ้าแฝกหรือคันดิน จะถูกทำให้ตกตะกอน (ที่คันดิน) หรือกรองไว้ (ที่แถวหญ้าแฝก) จึงมีตะกอนดินสะสมอยู่บริเวณดังกล่าว และลดปริมาณที่ลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ (บ่อดักตะกอนท้ายแปลง)

ปริมาณการสูญเสียดินมีความสัมพันธ์กับ ปริมาณน้ำฝน ชนิดของเนื้อดิน และพืชที่ปกคลุมบนผิวดิน ในปี พ.ศ.2557 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,565 มิลลิเมตรต่อปี ในปีแรกที่ดำเนินการจัดทำโครงสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ทั้งการขุดคันคูรับน้ำขอบเขา และการปลูกหญ้าแฝก ดินชุดและดินถมยังยึดตัวกันไม่หนาแน่นมากนักประกอบกับมีปริมาณน้ำฝนในปริมาณมาก จึงทำให้เกิดการกร่อนของหน้าดินอยู่ ในวิธีการที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำยังมีการสูญเสียดินต่ำกว่าวิธีการไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 34 ปริมาณการสูญเสียดิน ปี พ.ศ. 2557

วิธีการ	ปริมาณการสูญเสียดิน (กิโลกรัมต่อไร่)		เฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่)
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	1,713.8	1,320.0	1516.9a
S2 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถวหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	864.4	856.7	860.6b
S3 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถวหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	426.6	655.6	541.1b
S4 แถวหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	618.6	807.8	713.2b
S5 คูรับน้ำขอบเขา (V.I. = 8 ม.) แถวหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	666.7	904.4	785.6b
เฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่)	1,713.8	1,320.0	

C.V. (a) = 40.45 % C.V. (b) = 39.69 %

LSD.05 (วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ) = *

LSD.05 (พันธุ์หญ้าแฝก) = ns

LSD.05 (ความสัมพันธ์ร่วม) = ns

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากการปริมาณการสูญเสียดินที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน

2) ปริมาณการสูญเสียดิน ปี พ.ศ. 2558

ในปีที่ 2 ดำเนินการ (ปีพ.ศ.2558) ปริมาณการสูญเสียดินต่ำกว่า 2 ตันต่อไร่ต่อปีทุกวิธีการแสดงดังตารางที่ 35 ปัจจัยหญ้าแฝก ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่มีปฏิสัมพันธ์กันระหว่างการไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และ S2=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.)+แถบหญ้าแฝก (V.I. = 4 ม.) S3=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.)+แถบหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.) S4=แถบหญ้าแฝก V.I.= 4 เมตร S5=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.)+แถบหญ้าแฝก (V.I. = 4 ม.) การใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแบบวิธีกลุ่รวมกับวิธีพืช (คูรับน้ำขอบเขา) (V.I. = 4 ม.) + แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.) มีแนวโน้มมีปริมาณการสูญเสียดินน้อยกว่ามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีพืชเพียงอย่างเดียว คือ แถบหญ้าแฝกที่ปลูกขวางความลาดชัน (V.I.= 4 ม.)

ตารางที่ 35 ปริมาณการสูญเสียดิน ปี พ.ศ. 2558

วิธีการ	ปริมาณการสูญเสียดิน (กิโลกรัมต่อไร่)		เฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่)
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	1,324.4	1,182.2	1,253.3a
S2 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	366.2	544.0	455.1b
S3 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	332.4	427.6	380.0b
S4 แถบหญ้าแฝก V.I. = 4 ม.	476.4	476.4	476.4b
S5 คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I. = 4 ม.)	488.9	328.9	408.9b
เฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่)	1,324.4	1,182.2	1,253.3a

C.V. (a) = 2.34 % C.V. (b) = 21.9 %

LSD.05 (วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ) = *

LSD.05 (พันธุ์หญ้าแฝก) = ns

LSD.05 (ความสัมพัทธ์ร่วม) = ns

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากการปริมาณการสูญเสียดินตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน

3) ปริมาณการสูญเสียดินปี พ.ศ.2559

ปริมาณการสูญเสียดิน ปีที่ 3 ในวิธีการมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และปัจจัยสายพันธุ์หญ้าแฝก ในวิธีการที่ 2-5 มีปริมาณการสูญเสียดินเฉลี่ย 331.7, 481.8 และ 370.3 กิโลกรัมต่อไร่ ซึ่งการไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำจะทำให้มีปริมาณการสูญเสียดินมากที่สุด เฉลี่ย 1,616.3 กิโลกรัมต่อไร่ การใช้แถบหญ้าแฝกเป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ มีปริมาณการสูญเสียดินต่ำกว่าวิธีการที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างชัดเจน การใช้แถบหญ้าแฝกจึงมีประสิทธิภาพสูงในการกรองตะกอนดิน แต่ในด้านการเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพดมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ดังกล่าวมีอิทธิพลน้อยกว่าความอุดมสมบูรณ์ของดิน เนื่องจากในพื้นที่ที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ยังคงมีการกร่อนของดินอยู่ แต่และมีการใช้ปุ๋ยเคมีปรับปรุงบำรุงดินสูตรเดิม เช่น 46-0-0 ในปีที่ 3 การเจริญของแนวหญ้าแฝกเต็มกอเพิ่มมากขึ้น ลดการชะล้างหน้าดินได้ดี แสดงจากข้อมูลปริมาณตะกอนดินที่มีแนวโน้มลดลงของปีที่ 3 เมื่อเทียบกับปีที่ 1 (ตารางที่ 36) การเปลี่ยนแปลงปริมาณตะกอนดิน ปี พ.ศ. 2557 -2559 (ภาพที่ 12)

ตารางที่ 36 ปริมาณการสูญเสียดิน ปี พ.ศ. 2559

วิธีการ	ปริมาณการสูญเสียดิน (กิโลกรัมต่อไร่)		เฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่)
	M1	M2	
S1 ไม่มีระบบอนุรักษ์	1,616.3	1,736.3	1676.3a
S2 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	331.7	358.1	344.9b
S3 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I. 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	481.8	497.3	489.6b
S4 แถบหญ้าแฝก (V.I. = 4 ม.)	370.3	391.7	381.0b
S5 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.)+แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	329.6	405.8	367.7b
เฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่)	425.9	477.8	

C.V. (a) = 15.09 % C.V. (b) = 30.43 %

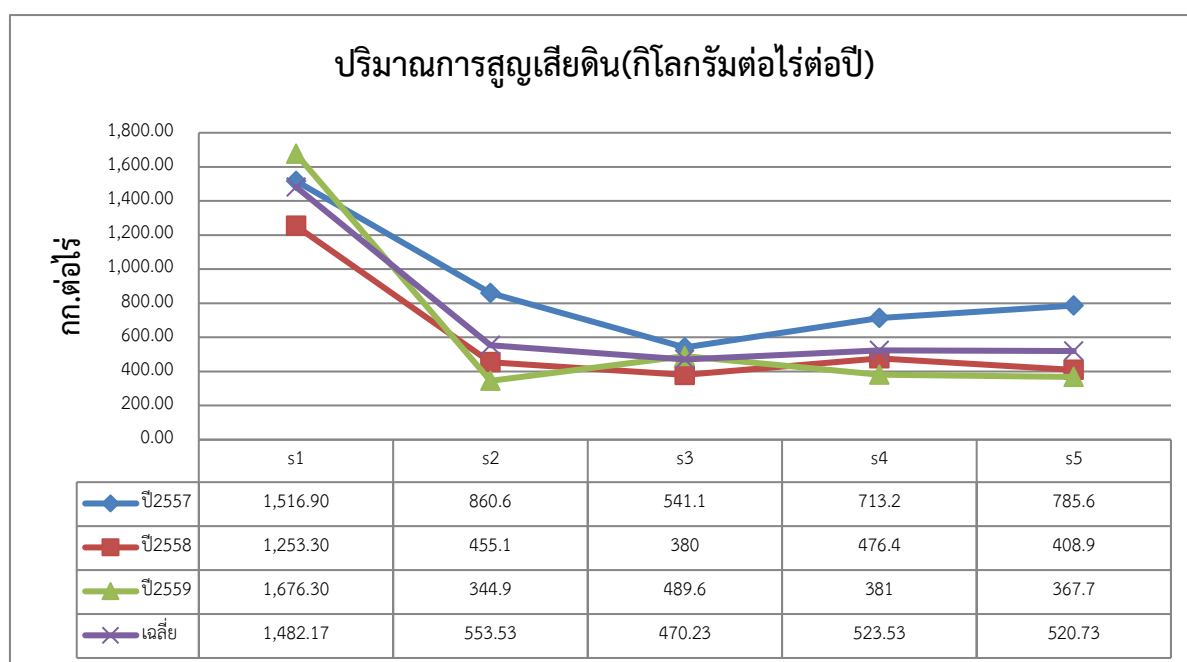
LSD.05 (วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ) = *

LSD.05 (พันธุ์หญ้าแฝก) = ns

LSD.05 (ความสัมพัทธ์ร่วม) = ns

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากปริมาณการสูญเสียดินที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน



ภาพที่ 12 ปริมาณการสูญเสียดิน

การทำคันตามแนวระดับ (contour bund) เป็นอีกแนวทางหนึ่งที่กรมพัฒนาที่ดินพยายามส่งเสริมให้เกษตรกรใช้สำหรับการอนุรักษ์ดินและน้ำ ในระบบการปลูกพืชบนที่ลาดชัน วัสดุที่ใช้อาจ เป็นดิน (soil bund) หรือหิน (stone bund) สร้างเพื่อชะลอการไหลบ่าของน้ำที่ผิวดิน (runoff) ช่วยลด การกร่อนดิน ระยะห่างระหว่างคันดินขึ้นอยู่กับความลาดชัน มีผลต่อประสิทธิภาพของการป้องกัน พบมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในแอฟริกา ในภาคตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศโซมาเลียการทำคันตามแนวระดับช่วยเพิ่มผลผลิตข้าวฟ่างได้ร้อยละ 80 (Malesu et al. 2007; Ouessar et al., 2012) ในเอธิโอเปีย พบว่าการทำคันตามแนวระดับด้วยหิน และดินส่งผลเชิงบวกต่อผลผลิตพืชเฉพาะในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนน้อย (Kato et al., 2009) ซึ่งตรงกับการศึกษาก่อนหน้านี้ (Gebremedhin et al. 1999; Bekele 2005; Kassie et al., 2008) ขณะที่การใช้แถบพืช (grass strip) ทำให้ได้ผลตอบแทนจากการผลิตพืชสูงสุด ซึ่งสนับสนุนข้อมูลเชิงตัวเลขของ Shiferaw and Holden (2001)

การใช้หญ้าแฝกในระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปัจจุบัน มีการใช้ประโยชน์แพร่ขยายไปกว่า 120 ประเทศเนื่องจากเป็นพืชที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันได้ดีช่วยลดการสูญเสียดิน และช่วย รักษาความชื้นในดิน และดูดซับสารเคมีจากพื้นที่เกษตรข้างเคียง (Greenfield, 1990) Babalola et al. (2005) ทำการศึกษาการกร่อนดินที่ไนจีเรีย ในปีแรกแถบหญ้าแฝกแนวแรกตอนบนสามารถสะสม ตะกอนดินได้มากกว่า แถบหญ้าแฝกตอนล่างร้อยละ 98 การศึกษาในจังหวัดนครราชสีมา การใช้แถบหญ้าแฝก และกระถินยักษ์ร่วมในการปลูกมันสำปะหลังช่วยลดการสูญเสียดินได้ถึง 6 เท่าในปีที่ 2 ของ การศึกษาเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่มีแถบพืชอนุรักษ์ที่มีการสูญเสียดินเท่ากับ 44 ตันต่อเฮกตาร์ Anusontpormperm et al. (1996) Howeler et al. (2003) สรุปว่า แถบหรือแถบหญ้าแฝกช่วยลดการ สูญเสียดินได้ร้อยละ 75 และช่วยเพิ่มผลผลิตมันสำปะหลังได้ร้อยละ 3.2 การศึกษาในไนจีเรีย ข้าวโพด ที่ปลูกเป็นพืชเดี่ยวต่อเนื่องห้าปีการปลูก

หญ้าแฝกป้องกันกร่อนดินร่วมในระบบ ผลผลิตเฉลี่ยเพิ่มขึ้นร้อยละ 49.1 เปรียบเทียบกับการไม่มีหญ้าแฝก (Babalola et al., 2005) และยังมีรายงานอื่นที่ แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพเชิงบวกของหญ้าแฝกในระบบการปลูกพืช (Grimshaw, 1993; Xia et al., 1996; Hu et al., 1997; Levan and Truong, 2003; Oshunsanya, 2013)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของปริมาณอินทรีย์วัตถุในตะกอนดิน ที่ดำเนินการศึกษา 3 ปี คือ ระหว่างปีที่ทำการทดลอง ปี พ.ศ. 2557 2558 และ 2559 มีผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในตะกอนดิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ปัจจัยที่ส่งผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในตะกอนดินแตกต่างกันคือ ปริมาณน้ำฝนแต่ละปีที่มีความแตกต่างกัน และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่แตกต่างกันทั้งวิธีพืช วิธีกล และวิธีกลร่วมกับวิธีพืช คือ การใช้แถบหญ้าแฝกร่วมการใช้คูรับน้ำขอบเขา ในวิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ จะมีปริมาณการสูญเสียอินทรีย์วัตถุลงไปในตะกอนดินเฉลี่ยสูงสุด และผันแปรไปตามปริมาณน้ำฝน ถ้ามีฝนตกปีไหนมากปริมาณการสูญเสียอินทรีย์วัตถุก็จะมากตาม (ตารางที่ 36)

ผลการวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ (interaction) ระหว่างวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำกับอิทธิพลของปีที่ทำการทดลอง มีผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในตะกอนดิน แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง และอิทธิพลของวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำทั้ง 5 วิธีการ มีผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในตะกอนดิน แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แต่อย่างไรก็ตาม วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยวิธีการใช้วิธีการใช้แถบหญ้าแฝก (ใช้ค่า V.I.4 เมตร) วิธีการใช้คูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I.4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก ด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา วิธีการใช้คูรับน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I.8 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝกด้านนอกคูรับน้ำขอบเขา เป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในตะกอนดินต่ำกว่าวิธีการไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำทั้ง 3 ปี ที่ทำการทดลอง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นคร และสุนิย์รัตน์ (2555) การศึกษาการปลูกข้าวร่วมกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูง ดำเนินการที่บ้านแม่มอญ ตำบลห้วยชมภู อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย วางแผนการทดลองแบบ observation trial มี 5 วิธีการประกอบด้วย 1. ปลูกข้าวสลับเป็นแถบกับกาแฟ 2. ปลูกข้าว ระหว่างคูรับน้ำขอบเขา ระยะห่างของคูรับน้ำขอบเขาในแนวตั้ง 3 เมตร 3. ปลูกข้าว บนขั้นบันไดดิน ระยะห่างของขั้นบันไดดินในแนวตั้ง 1 เมตร 4. ปลูกข้าว ระหว่างแถบหญ้าแฝก ระยะห่างของแถบหญ้าแฝกในแนวตั้ง 3 เมตร 5. ปลูกข้าวแบบเกษตรกร ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์ตะกอนดิน หลังจากเก็บข้อมูลตะกอนดินในบ่อกักเก็บตะกอนดิน เพื่อวิเคราะห์ปริมาณการสูญเสียดินแล้วได้เก็บตัวอย่างตะกอนดินส่งวิเคราะห์ เพื่อศึกษาปริมาณธาตุอาหารพืชที่สูญเสียไปกับตะกอนดินที่เกิดจากการกัดเซาะของน้ำไหลบ่า พบว่าตะกอนดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุปานกลาง 1.87-2.48 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธีการปลูกข้าวแบบเกษตรกร ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ ดินและน้ำ มีปริมาณอินทรีย์วัตถุที่สูญเสียไปกับตะกอนดินเฉลี่ยสูงสุด 2.46 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้นพบว่า มีอินทรีย์วัตถุที่ถูกพัดพามากับตะกอนดินในระดับปานกลาง การสูญเสียธาตุอาหารพืชไปกับตะกอนดินในระดับปานกลางถึงสูง ทั้งในแปลงที่มีและไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และมีปริมาณใกล้เคียงกัน แสดงว่า ดินในพื้นที่ปลูกข้าว มีการเสื่อมโทรมที่เกิดจากการกร่อนของดิน การปรับปรุงบำรุงดินจึงเป็นสิ่งจำเป็น ซึ่งอาจใช้วิธีปรับปรุงบำรุงดินบริเวณแถบเขาเท่านั้น พื้นที่ว่างระหว่างแถว (แถบ) ไม่จำเป็นต้องปรับปรุงบำรุง เป็นการช่วยลดต้นทุนการผลิตแก่เกษตรกร

สอดคล้องกับผลงานวิจัยของศรีบุญวงศ์ (2559) การศึกษามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในแปลงปลูกมะคาเดเมียที่มีผลต่อการสูญเสียดินและความชื้นของดินบนพื้นที่สูงในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำน้ำแม่จันทอนบน ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย พบว่าวิธีที่มีการใช้วิธีการ (คุ้บน้ำชอบเขา) ร่วมกับการปลูกหญ้าแฝกบริเวณสันของคันดิน จะมีประสิทธิภาพในการลดการกร่อนของดิน มีปริมาณการสะสมอินทรีย์วัตถุที่สูง ปริมาณฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่คงเหลืออยู่ในดินระดับสูง ปริมาณการสูญเสียดินอยู่ในระดับที่ต่ำสุด ในช่วงฤดูแล้งยังมีปริมาณน้ำในดิน อยู่ในระดับที่สามารถรักษาการเจริญเติบโตของพืชได้ดี ส่วนวิธีการใช้หญ้าแฝก (ใช้ค่า V.I.=2.5 เมตร) เป็นแถบพืชอนุรักษ์ดินและน้ำ ในปีแรกที่มีการปลูกหญ้าแฝก ต้นของหญ้าแฝกยังเจริญเติบโตไม่เต็มที่ จะส่งผลให้มีการกร่อนของหน้าดินที่สูงอยู่ เมื่อเริ่มเข้าปีที่สองและปีที่สาม ต้นหญ้าแฝกมีการเจริญเติบโตเต็มที่และเป็นแถบที่ชิดกับ จึงจะมีประสิทธิภาพที่ดีในการลดการกร่อนของหน้าดิน ส่วนวิธีการที่ใช้คุ้บน้ำชอบเขา (ใช้ค่า V.I.8 เมตร) และวิธีการที่ใช้ฐานปลูกไม้ผลเฉพาะต้นเป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีประสิทธิภาพที่ดีในการลดการกร่อนของหน้าดินอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนวิธีการไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ทำให้มีการกร่อนของหน้าดินสูง

สอดคล้องกับ มัลลิกา และคณะ (2560) ได้ศึกษาการใช้หญ้าแฝกร่วมกับคันดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของยางพารา ในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำแห่ง อำเภอน่าน จังหวัดน่าน พบว่ามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของยางพาราได้ดีที่สุด คือ วิธีการที่ 5 ใช้คันดินแบบที่ 5 เป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำและมีการปลูกหญ้าแฝกบนสันคันดิน ส่งผลให้การเจริญเติบโตของยางพารามากกว่ามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการอื่นๆ ด้านความสูงมีค่าเพิ่มสูงสุดจาก 89.07 เป็น 209.27 เซนติเมตรและส่งผลให้มีความกว้างของทรงพุ่มและความยาวของเส้นรอบวงของลำต้นมากที่สุด มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน และสมบัติทางกายภาพของดินได้ดีที่สุด คือ วิธีการที่ 5 ใช้คันดินแบบที่ 5 เป็นมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำและมีการปลูกหญ้าแฝกบนสันคันดิน ส่งผลให้สมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้นความหนาแน่นของดินลดลงจาก 1.52 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เป็น 1.32 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สมบัติทางเคมีของดินดีขึ้นค่าพีเอชมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณฟอสฟอรัสในดินมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณความชื้นในดินที่ระดับ 0-15 และ 0-40 เซนติเมตรมีค่าเพิ่มขึ้นสูงสุดจาก 15.19 เป็น 23.83 เปอร์เซ็นต์ และ 17.95 เป็น 26.85 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ และสูงกว่าวิธีที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ

4.7.20 ธาตุอาหารในตะกอนดินหลังการทดลองปี พ.ศ. 2559

ธาตุอาหารในตะกอนดินหลังการทดลองปี พ.ศ. 2559 (ตารางที่ 37) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ในตะกอนดิน ของการใช้หญ้าแฝกทั้ง 2 สายพันธุ์ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติอินทรีย์วัตถุที่สะสมอยู่ในตะกอนดินมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.47-4.56 เปอร์เซ็นต์ อยู่ในระดับค่อนข้างสูง (moderately high) แต่เมื่อพิจารณาวิธีการอนุรักษ์ในวิธีการต่างๆ มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญโดยวิธีการที่ 1 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงสุด 4.73 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างกับวิธีการที่ 2 คุ้บน้ำชอบเขา (V.I.= 4 ม.) + แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.) และวิธีการที่ 5 คุ้บน้ำชอบเขา (V.I.= 8 ม.)+ แถบหญ้าแฝก (V.I. = 4 ม.) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ 4.43 เปอร์เซ็นต์

และ 4.47 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการทดลองจะเห็นได้ว่าวิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ จะทำให้เกิดการกร่อนของดิน และชะล้างเอาเศษซากพืชบริเวณหน้าดินลงไปในบ่อตกตะกอนดินในปริมาณที่สูง

ฟอสฟอรัส (P) ในตะกอนดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ที่สะสมอยู่ในตะกอนดิน มีค่าอยู่ระหว่าง 11.33-40.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทุกวิธีการไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง วิธีการไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 154.33 และ 163.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับวิธีการที่ 3 คูรับน้ำขอบเขา (V.I. = 4 ม.)+แถบหญ้าแฝก (V.I. = 8 ม.) เป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีปริมาณฟอสฟอรัสต่ำสุด 127.33 และ 161.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ จากการทดลองจะเห็นได้ว่าทุกวิธีการ จะทำให้เกิดการกร่อนของดิน และชะล้างเอาธาตุฟอสฟอรัสบริเวณหน้าดินลงไปในบ่อตกตะกอนดิน

โพแทสเซียม (K) ในตะกอนดิน มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ สะสมอยู่ในตะกอนดิน มีค่าอยู่ระหว่าง 36.00-69.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ทุกวิธีการไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง จากการทดลองจะเห็นได้ว่าทุกวิธีการ จะทำให้เกิดการกร่อนของดิน และชะล้างเอาปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ บริเวณหน้าดินลงไปในบ่อตกตะกอนดิน วิธีการที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยเฉพาะวิธีการที่ 3 คูรับน้ำขอบเขา (V.I. = 4 ม.) + แถบหญ้าแฝก (V.I. = 8 ม.) และวิธีการที่ 4 แถบหญ้าแฝก V.I. = 4 เมตร ใช้แถบหญ้าแฝกเป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ จะมีประสิทธิภาพในการลดการกร่อนของดิน และช่วยในการป้องกันหน้าดิน และเศษซากพืชไหลออกจากพื้นที่ปลูกพืช

ตารางที่ 37 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของตะกอนดินหลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2559

วิธีการ	ค่าพีเอชของดิน		OM (เปอร์เซ็นต์)		ปริมาณฟอสฟอรัสที่ เป็นประโยชน์ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)		ปริมาณโพแทสเซียมที่ สกัดได้ (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)	
	M1	M2	M1	M2	M1	M2	M1	M2
S1	5.73	5.70	4.63	4.73a	154.33	163.00	243.67	269.67
S2	5.87	6.07	4.31	4.43ab	202.33	238.00	480.33	399.00
S3	5.50	5.57	4.67	4.30b	127.33	161.33	382.33	484.67
S4	5.60	5.73	4.67	4.30b	410.33	301.67	497.33	442.33
S5	5.50	5.63	4.54	4.58ab	188.00	141.67	452.33	323.00
เฉลี่ย	5.64	5.74	4.56	4.47	216.46	201.13	411.20	383.73
C.V. (%)	5.30	8.52	1.94	4.94	55.79	45.25	21.15	30.28

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากผลวิเคราะห์ดินในตะกอนดินที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยวิธี DMRT

M1=หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2=หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน S1= ไม่มีระบบอนุรักษ์ S2= คูรับน้ำขอบเขา (V.I. = 4 ม.)+แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.) S3=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.)+แถบหญ้าแฝก (V.I. = 8 ม.), S4=แถบหญ้าแฝก V.I.= 4 เมตร S5=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.)+แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)

4.7.21 ปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับตะกอนดิน ปริมาณต่อไร่ (total N: P_2O_5 : K_2O)

ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร (total N P_2O_5 , K_2O) คำนวณจาก ปริมาณธาตุอาหารติดไปกับตะกอนดิน การคำนวณปริมาณไนโตรเจน (total N) คำนวณจาก 0.05 คูณเปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด=0.05xปริมาณอินทรีย์วัตถุ) การคำนวณน้ำหนักของ ฟอสฟอรัส (P) ในรูปของ P_2O_5 โดยใช้ตัวคูณสำหรับเปลี่ยนค่าแอนไฮไดรด์เท่ากับ 2.290 (รูป P_2O_5 ธาตุฟอสฟอรัส, P) ไม่ได้อยู่ในรูป P_2O_5 เนื่องจากเป็นรูปที่ละลายน้ำได้เป็นแอนไฮไดรด์ของกรดฟอสฟอริก (anhydride of phosphoric acid) และโพแทสเซียม (K) ในรูปของ K_2O ใช้ตัวคูณสำหรับเปลี่ยนค่าแอนไฮไดรด์ เท่ากับ 1.205 ส่วน K_2O เป็นแอนไฮไดรด์ของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (anhydride of potassium hydroxide) จึงต้องมีการคำนวณถ้าต้องการทราบน้ำหนักของ P และ N ที่แท้จริง จากพื้นฐานน้ำหนักมวล อะตอม (atomic mass) ของธาตุ P เท่ากับ 31 K เท่ากับ 39 และ O เท่ากับ 16 ส่วน K_2O เป็นแอนไฮไดรด์ ของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (anhydride of potassium hydroxide) (คำรณ, 2556) หน่วยความเข้มข้น ของธาตุอาหารในปุ๋ยไนโตรเจน ระบุ เปอร์เซ็นต์ N หน่วยความเข้มข้นที่ระบุออกไซด์ของธาตุ เช่น เปอร์เซ็นต์ P_2O_5 การประเมินการสูญเสียธาตุอาหารหลักของพืชในดิน ดำเนินการโดยนำข้อมูลอัตราการกร่อนของดิน และสำหรับฟอสฟอรัสในปุ๋ยฟอสเฟต และเปอร์เซ็นต์ K_2O สำหรับปุ๋ยโพแทสเซียม (ยงยุทธ, 2560) ข้อมูล ปริมาณธาตุอาหารในดิน มาคำนวณหาอัตราการสูญเสียธาตุอาหารหลักของพืชในดิน อัตราการสูญเสียธาตุ อาหารหลักของพืชในดิน (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) = ปริมาณธาตุอาหารในตัวอย่างดิน (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) x อัตราการกร่อนของดิน (กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี) (สุเมธ และคณะ, 2559) ดังนั้นปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียไปกับ ตะกอนดิน ปริมาณต่อไร่ (total N : P_2O_5 : K_2O) ของแปลงวิจัย ในปี พ.ศ. 2559 (ตารางที่ 38)

พบว่าในวิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 4.63 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.23 จากนั้น คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียในวิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปี พ.ศ. 2559 เฉลี่ย 1,616.3 กิโลกรัมต่อไร่หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (Total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 3.74 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการ ทดลอง 154.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 1,616.3 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 249,443.58 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 มี ค่าเท่ากับ 249.44 กรัม คูณเป็นแอนไฮไดรด์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เท่ากับ 571.23 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 0.571 กิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 243.67 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 1,616.3 กิโลกรัมต่อไร่ จะได้เท่ากับ 393,843.82

มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 เท่ากับ 393.84 กรัม คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 1.205 ได้ K_2O เท่ากับ 474.58 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 0.475 กิโลกรัม

M1S2 (M1=หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 และ S2=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 ม.) พบว่าในวิธีการที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 4.31 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.22 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียในปี พ.ศ. 2559 เฉลี่ย 331.7 กิโลกรัมต่อไร่หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (Total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 0.71 กิโลกรัมต่อไร่

M1S2 (M1=หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 และ S2=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 ม.) ปริมาณฟอสฟอรัส ที่สูญเสียไปกับตะกอนดิน พบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 202.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 331.7 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ดังนั้นได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 67,112.86 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมการด้วย 1000 มีค่าเท่ากับ 67.113 กรัม คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เท่ากับ 153.69 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 0.154 กิโลกรัม

M1S2 (M1=หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 และ S2=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) ปริมาณโพแทสเซียม ที่สูญเสียไปกับตะกอนดิน พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 480.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 331.7 กิโลกรัมต่อไร่ จะได้เท่ากับ 159,325.5 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 เท่ากับ 159.33 กรัม คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 1.205 ได้ K_2O เท่ากับ 191.33 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 0.192 กิโลกรัม

M1S3 (M1=หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 และ S3=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 ม.) + แถบหญ้าแฝก (V.I.=8 ม.) พบว่าในวิธีการที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 4.67 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.23 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียในวิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปี 2559 เฉลี่ย 481.8 กิโลกรัมต่อไร่หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (Total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 1.13 กิโลกรัมต่อไร่

M1S3 (M1=หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 และ S3=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) + แถบหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.) ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไปกับตะกอนดิน พบว่าในวิธีการที่ 1 มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ในตะกอนดินหลังการทดลอง 127.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 481.8 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ดังนั้นได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 61,347.59. มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมการด้วย 1000 มีค่าเท่ากับ 61.35 กรัม คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เท่ากับ 140.49 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 0.14 กิโลกรัม

M1S3 (M1=หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 และ S3=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) + แถบหญ้าแฝก (V.I.=8 ม.) ปริมาณโพแทสเซียมที่สูญเสียไปกับตะกอนดิน พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 382.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 481.8 กิโลกรัมต่อไร่

จะได้เท่ากับ 184,206.59 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 เท่ากับ 184.21 กรัม คุณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 1.205 ได้ K_2O เท่ากับ 221.97 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 0.222 กิโลกรัม

M1S4 (M1=หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา S4=แถบหญ้าแฝก V.I.= 4 เมตร) พบว่า ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 4.67 เมื่อคูณกันจะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.23 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียในวิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปี พ.ศ. 2559 เฉลี่ย 370.3 กิโลกรัมต่อไร่หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (Total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 0.86 กิโลกรัมต่อไร่

M1S4 (M1=หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา S4=แถบหญ้าแฝก V.I.= 4 เมตร) ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไปกับตะกอนดิน พบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 410.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 370.3 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้น ได้ปริมาณปริมาณฟอสฟอรัส ที่สูญเสียไป 151,945.20 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมการด้วย 1000 มีค่าเท่ากับ 151.95 กรัม คุณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เท่ากับ 347.95 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 0.348 กิโลกรัม

M1S4 (M1=หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา S4=แถบหญ้าแฝก V.I.= 4 เมตร) ปริมาณโพแทสเซียมที่สูญเสียไปกับตะกอนดิน พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 497.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 370.3 กิโลกรัมต่อไร่ จะได้เท่ากับ 184,161.30 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 เท่ากับ 184.16 กรัม คุณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 1.205 ได้ K_2O เท่ากับ 221.91 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 0.222 กิโลกรัม

M1S5 (M1=หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา S5=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.)+แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.) พบว่ามีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 4.54 เมื่อคูณกันจะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.23 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียในวิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปี พ.ศ. 2559 เฉลี่ย 329.6 กิโลกรัมต่อไร่หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (Total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 0.75 กิโลกรัมต่อไร่

M1S5 (M1=หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา S5=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=8 ม.)+แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.) ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไปกับตะกอนดิน พบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 188.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 329.6 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 61,964.80 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมการด้วย 1000 มีค่าเท่ากับ 61.96 กรัม คุณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เท่ากับ 141.90 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 0.142 กิโลกรัม

M1S5 (M1=หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา S5=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=8 ม.)+แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.) ปริมาณโพแทสเซียมที่สูญเสียไปกับตะกอนดิน พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 452.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 329.6 กิโลกรัมต่อไร่ จะได้

เท่ากับ 149,087.97 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 เท่ากับ 149.09 กรัม คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 1.205 ได้ K_2O เท่ากับ 179.65 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 0.180 กิโลกรัม

เมื่อไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ พบว่า ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 4.73 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.23 จากนั้น คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียในวิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปี พ.ศ. 2559 เฉลี่ย 1,736.30 กิโลกรัมต่อไร่หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 4.11 กิโลกรัมต่อไร่ (ตารางที่ 37) ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไปกับตะกอนดิน หลัง การทดลอง 163 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 1,736.30 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้น ได้ ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 283,016.90 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมหารด้วย 1000 มีค่า เท่ากับ 283.02 กรัม คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เท่ากับ 648.11 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 0.648 กิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 269.67 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 1,736.30 กิโลกรัมต่อไร่ จะได้เท่ากับ 468,228.02 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 เท่ากับ 468.23 กรัม คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 1.205 ได้ K_2O เท่ากับ 564.21 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 0.564 กิโลกรัม

M2S2 (M2=หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน และ S2=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 ม.) พบว่าใน วิธีการที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 4.43 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.22 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่ สูญเสียในปี พ.ศ. 2559 เฉลี่ย 358.1 กิโลกรัมต่อไร่หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (Total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 0.79 กิโลกรัมต่อไร่

M2S2 (M2=หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน และ S2= คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) ปริมาณ ฟอสฟอรัสที่สูญเสียไปกับตะกอนดิน พบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 238 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 358.1 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณ ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 85,227.80 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมการด้วย 1000 มีค่าเท่ากับ 85.23 กรัม คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เท่ากับ 195.17 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 0.195 กิโลกรัม

M2S2 (M2=หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน และ S2= คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) ปริมาณ โพแทสเซียมที่สูญเสียไปกับตะกอนดิน พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 399.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย เฉลี่ย 358.1 กิโลกรัมต่อไร่ จะได้เท่ากับ 142,881.90 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 เท่ากับ 142.88 กรัม คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 1.205 ได้ K_2O เท่ากับ 172.17 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 0.172 กิโลกรัม

M2S3 (M2=หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน และ S3=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 ม.)+แถบหญ้า แฝก (V.I.= 8 ม.) พบว่าในวิธีการที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 4.30 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.22 จากนั้น คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียในวิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปี พ.ศ. 2559 เฉลี่ย 497.3

กิโลกรัมต่อไร่หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (Total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 1.07 กิโลกรัมต่อไร่

M2S3 (M2=หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน และ S3=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.)+แถบหญ้าแฝก (V.I.=8 ม.) พบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 161.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 497.3 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 80,229.41 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมการด้วย 1000 มีค่าเท่ากับ 80.23 กรัม คุณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เท่ากับ 183.73 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 0.184 กิโลกรัม

M2S3 (M2=หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน และ S3=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.)+แถบหญ้าแฝก (V.I.=8 ม.) ปริมาณโพแทสเซียมที่สูญเสียไปกับตะกอนดิน พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 484.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 497.3 กิโลกรัมต่อไร่ จะได้เท่ากับ 241,026.39 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 เท่ากับ 241.03 กรัม คุณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 1.205 ได้ K_2O เท่ากับ 290.44 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 0.290 กิโลกรัม

M2S4 (M2=หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน S4=แถบหญ้าแฝก V.I.= 4 เมตร) พบว่า ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 4.3 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.23 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียในวิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปี พ.ศ. 2559 เฉลี่ย 391.7 กิโลกรัมต่อไร่หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (Total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 0.93 กิโลกรัมต่อไร่

M2S4 (M2=หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน S4=แถบหญ้าแฝก V.I.= 4 เมตร) ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไปกับตะกอนดิน พบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 301.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 391.7 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัส ที่สูญเสียไป 118,164.14 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมการด้วย 1000 มีค่าเท่ากับ 118.16 กรัม คุณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เท่ากับ 270.60 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 0.271 กิโลกรัม

M2S4 (M2=หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน S4=แถบหญ้าแฝก V.I.=4 เมตร) ปริมาณโพแทสเซียม ที่สูญเสียไปกับตะกอนดิน พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 442.33 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 391.7 กิโลกรัมต่อไร่ จะได้เท่ากับ 173,260.66 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 เท่ากับ 173.26 กรัม คุณเป็นแอนไฮไดรต์ด้วย 1.205 ได้ K_2O เท่ากับ 208.78 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 0.209 กิโลกรัม

M2S5 (M2=หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน S5 =คูรับน้ำขอบเขา(V.I.=8 ม.)+แถบหญ้าแฝก (V.I.=4 ม.) พบว่า ผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์อินทรีย์วัตถุ (เปอร์เซ็นต์ OM) เท่ากับ 4.58 เมื่อคูณ 0.05 จะได้ เปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) เท่ากับ 0.23 จากนั้นคูณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียในวิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปี พ.ศ.2559 เฉลี่ย 405.8 กิโลกรัมต่อไร่หารด้วย 100 เพราะทำเป็นเปอร์เซ็นต์ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์ N) จะได้ปริมาณไนโตรเจน (Total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 0.93 กิโลกรัมต่อไร่

M2S5 (M2=หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน S5=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=8 ม.)+แถบหญ้าแฝก (V.I.=4 ม.) ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไปกับตะกอนดิน พบว่า มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในตะกอนดินหลังการทดลอง 141.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และมีปริมาณตะกอนดินที่สูญเสีย 405.8 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ดังนั้น ได้ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป 57,489.69 มิลลิกรัมต่อไร่ แปลงค่าให้เป็นกรัมการด้วย 1000 มีค่าเท่ากับ 57.49 กรัม คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 2.290 ได้ P_2O_5 เท่ากับ 131.65 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ P_2O_5 เท่ากับ 0.132 กิโลกรัม

M2S5 (M2=หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน S5=คูรับน้ำขอบเขา (V.I. = 8 ม.)+แถบหญ้าแฝก (V.I.=4 ม.) ปริมาณโพแทสเซียมที่สูญเสียไปกับตะกอนดิน พบว่า ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินหลังการทดลอง 323.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม คุณกับปริมาณตะกอนดินที่สูญเสียเฉลี่ย 405.8 กิโลกรัมต่อไร่ จะได้เท่ากับ 131,073.40 มิลลิกรัม เปลี่ยนเป็นหน่วยกรัมหาร 1,000 เท่ากับ 131.07 กรัม คุณเป็นแอมไฮโดรด้วย 1.205 ได้ K_2O เท่ากับ 157.94 กรัม เปลี่ยนหน่วยกิโลกรัม ได้ K_2O เท่ากับ 0.158 กิโลกรัม

ตารางที่ 38 ปริมาณการสูญเสียดินที่คิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร หลังการทดลองปี พ.ศ. 2559

วิธีการ	ปริมาณการสูญเสียดินคิดเป็นปริมาณธาตุอาหาร					
	total N	total N	P_2O_5	P_2O_5	K_2O	K_2O
	(กก.ต่อไร่)	(กก.ต่อไร่)	(กก.ต่อไร่)	(กก.ต่อไร่)	(กก.ต่อไร่)	(กก.ต่อไร่)
	M1	M2	M1	M2	M1	M2
1. ไม่มีระบบอนุรักษ์	3.74	4.11	0.571	0.648	0.475	0.564
2. คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	0.71	0.79	0.154	0.195	0.192	0.172
3. คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 8 ม.)	1.13	1.07	0.140	0.184	0.222	0.290
4. แถบหญ้าแฝก V.I.= 4 ม.	0.86	0.84	0.348	0.271	0.222	0.209
5. คูรับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.)	0.75	0.93	0.142	0.132	0.180	0.158

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ยจากการผลวิเคราะห์ดินที่ตามหลังด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ โดยวิธี DMRT

M1 = หญ้าแฝกพันธุ์สงขลา 3 M2 = หญ้าแฝกพันธุ์พระราชทาน

สุเมธ และคณะ (2559) ได้ศึกษาการประเมินอัตราการสูญเสียดินและปริมาณธาตุอาหารหลักของพืชบริเวณพื้นที่สูง จังหวัดน่าน และการพัฒนาสื่อเพื่อถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการกร่อนของดินโดยเกษตรกร มีการใช้ปุ๋ยเคมีบำรุงดิน 2 สูตร คือ 15-15-15 และ 46-0-0 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบอัตราการสูญเสียดินตามชั้นความรุนแรงของการกร่อนของดินตามกรมพัฒนาที่ดิน การอนุรักษ์ดินในรูปแบบต่างๆ แต่อัตราการกร่อนของดินในทุกตำรับการทดลอง ยังจัดอยู่ในระดับรุนแรง (การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับ

ระบบคันดินมีอัตราการกร่อนของดิน เฉลี่ย 8,220 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี และ การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับระบบคันดิน พร้อมปลูกหญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา มีอัตราการกร่อนของดิน 5,580 กิโลกรัมต่อไร่ต่อปี ข้อมูลดังกล่าวจึงเป็นการยืนยันข้อจำกัดของดินในพื้นที่ศึกษาว่า สภาพภูมิประเทศ และศักยภาพของดินไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชไร่ เนื่องจากมีโอกาสเกิดการกร่อนของดินได้ง่าย และผลการวิเคราะห์ทางสถิติ อัตราการสูญเสียดินและธาตุอาหารหลักของพืชในดินของแต่ละตำรับการทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อพิจารณาปริมาณดินและธาตุอาหารหลักของพืชในดินที่สูญเสียไป พบว่า ตำรับการทดลองที่ 2 (การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับระบบคันดิน พร้อมปลูกหญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา) มีความสามารถในการรักษาหน้าดินและธาตุอาหารหลักของพืชในดินได้ดีกว่าวิธีการทดลองที่ 1 (การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับระบบคันดิน) ซึ่งแสดงให้เห็นแนวโน้มว่า การปลูกหญ้าแฝกเสริมสามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการอนุรักษ์ดินของระบบคันดินที่มีอยู่เดิมได้ ผลการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสูญเสียธาตุอาหารหลักของพืช ในวิธีการทดลองที่ 2 (การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับระบบคันดิน พร้อมปลูก หญ้าแฝกพันธุ์ศรีลังกา) ทำให้เกิดความสูญเสียในเชิงมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ ของการสูญเสียธาตุอาหารหลักของพืช ในดินในรูปของปุ๋ยเคมีเป็นเงิน 10,950.50 บาทต่อไร่ ซึ่งน้อยกว่าตำรับการทดลองที่ 1 (การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ร่วมกับระบบคันดิน) เป็นเงิน 16,385.29 บาทต่อไร่ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การปลูกหญ้าแฝกเสริมระบบคันดินสามารถช่วยเพิ่ม ประสิทธิภาพในการอนุรักษ์ธาตุอาหารพืชในดินได้

4.7.22 ปริมาณน้ำฝน ปี พ.ศ. 2557-2559

ปริมาณน้ำฝนรวม เก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนในแต่ละวันจากเครื่องวัดฝนแบบ Non-Recording Rain gage แบบ Cylinder Type ที่ติดตั้งไว้บริเวณแปลงทดลอง (ตารางที่ 39) ในปี พ.ศ. 2557 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,565 มิลลิเมตร ฝนเริ่มตกตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม สิ้นสุดเดือน ธันวาคมมีปริมาณน้ำฝนเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และหญ้าแฝก ในช่วงแล้งเดือน มกราคม-กุมภาพันธ์ จะมีปริมาณน้ำฝนเพียงเล็กน้อยในปี พ.ศ. 2558 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,170 มิลลิเมตร ฝนเริ่มตกตั้งแต่วันที่ 1 พฤษภาคม สิ้นสุดเดือน ธันวาคมในช่วงแล้งเดือน มกราคม-เมษายนไม่มีปริมาณน้ำฝนแต่ยังพอมีความชื้นในดินอยู่บ้าง ในช่วงเดือน มิถุนายน ซึ่งเข้าสู่ช่วงฤดูฝน จะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีน้ำเพียงพอต่อการเจริญเติบโต แต่ในปี พ.ศ. 2558 เป็นปีที่ประเทศไทยมีอากาศร้อนมาก ทั้งในช่วงกลางวันและกลางคืน ในปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,635 มิลลิเมตร ฝนเริ่มตกในเดือน พฤษภาคม สิ้นสุดเดือน พฤศจิกายนมีปริมาณน้ำฝนเพียงพอสำหรับการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และหญ้าแฝก ในช่วงแล้งเดือน มกราคม-เมษายน ไม่มีปริมาณน้ำฝนแต่มีความชื้นในดินที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช

ปริมาณน้ำฝนรวม เก็บข้อมูลปริมาณน้ำฝนในแต่ละวันจากเครื่องวัดฝนแบบกระบอกตรงที่ติดตั้งไว้บริเวณแปลงทดลอง ฝนเริ่มตกประมาณเดือนเมษายน สิ้นสุดเดือนธันวาคม ปริมาณน้ำฝนเดือน สิงหาคม-กันยายน มากที่สุด จึงพอเพียงพอสำหรับการปลูกข้าวโพด ปริมาณน้ำฝนรวมปี พ.ศ. 2557 เท่ากับ 1,565 มิลลิเมตร ปี พ.ศ. 2558 มีปริมาณน้ำฝนรวม 1,170 มิลลิเมตร ปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณน้ำฝนรวม 1,635 มิลลิเมตร ดังนั้น ในปี พ.ศ. 2559 มีปริมาณน้ำฝนมากที่สุด ปริมาณน้ำฝนนอกจากมีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของข้าวโพด ยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณการสูญเสียดินในแต่ละปีด้วย

กรมพัฒนาที่ดิน (2563) สถานภาพการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย กล่าวถึง สถานภาพการชะล้างพังทลายของดินในประเทศ เป็นฐานข้อมูลที่แสดงในระดับประเทศและระดับภาค แบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับกรมพัฒนาที่ดินและสามารถนำมาใช้ในพื้นที่เกษตรกรรมได้มาก คือ สมการ การสูญเสียดินสากล (USLE) ฝนเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการกร่อนของดิน โดยเฉพาะประเทศที่อยู่ใน เขตมรสุม จะมีการกระจายของฝนไม่สม่ำเสมอ ทำให้ความรุนแรงของฝนที่ตกลงมาในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ๆ มีความแตกต่างกัน ส่งผลให้เกิดการกร่อนของดินมากน้อยต่างกันไปด้วย ค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน (rainfall erosivity factor, R-factor) เป็นค่าความสัมพันธ์ของพลังงานจลน์ของเม็ดฝนที่ตกกระทบผิวดิน กับปริมาณความหนาแน่นของฝน (rainfall intensity) ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง นั้นขึ้นมามากสมการ ทั้งจาก ค่า EI30 และ $KE > 1$ สำหรับการจัดทำแผนที่ในครั้งนี้หามา จากค่า EI30 เนื่องจากเป็นค่าที่เหมาะสมกับ ปริมาณฝนของประเทศไทยได้ใช้สมการ ค่า $R = 0.4996X - 12.1415$ โดยค่า X คือ ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มิลลิเมตรต่อปี)

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนรวมของปริมาณการสูญเสียดิน ที่ดำเนินการศึกษา 3 ปี คือ ระหว่างปีที่ทำการทดลอง ปี พ.ศ. 2557 2558 และ 2559 มีผลทำให้ปริมาณการสูญเสียดิน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ปัจจัยที่ส่งผลให้ปริมาณการสูญเสียดิน ในแต่ละปีมีความแตกต่างกันคือ ปริมาณน้ำฝน ที่แตกต่างกัน โดยในปีพ.ศ. 2557 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,565 มิลลิเมตรต่อปี และปีพ.ศ. 2558 มีปริมาณ น้ำฝนเฉลี่ย 1,170 มิลลิเมตรต่อปี และปีพ.ศ. 2559 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,635 มิลลิเมตรต่อปี จะเห็นได้ว่า วิธีการไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณการสูญเสียดิน จะปรับตัวเพิ่มขึ้นตามปริมาณของน้ำฝน แต่วิธีการ ที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ จะส่งผลให้มีปริมาณการสูญเสียดินลดลงในแต่ละปีที่ทำการทดลอง

ปริมาณน้ำฝนในช่วง 3 ปี ระหว่าง พ.ศ.2557-2559 มีความสัมพันธ์กับปริมาณการสูญเสีย ดิน ปริมาณตะกอนดินที่พบในแต่ละปีจะแปรผันตามปริมาณน้ำไหลบ่า แต่ปริมาณน้ำไหลบ่าไม่ได้แปรผันตาม ปริมาณฝนที่ตกขึ้นอยู่กับ ความรุนแรงของฝนหรือความเข้มของฝนที่ตก ปริมาณน้ำฝนมีความสัมพันธ์อย่างมี นัยสำคัญต่อการสูญเสียดิน (Soil Erosion) จากตารางที่ 39 พบว่าช่วงเดือนมิถุนายน-สิงหาคม มีความแรง และปริมาณของน้ำฝน ฝนตกหนัก (High intensity rainfall) ทำให้เกิดแรงกระแทกของหยดน้ำ (raindrop impact) ซึ่งสามารถกระแทกและแยกอนุภาคดินออกจากกัน ทำให้ดินหลุดออกได้ง่าย ก่อให้เกิดการไหลบ่า ของน้ำผิวดิน (surface runoff) รุนแรง ส่งผลให้ดินถูกพัดพาออกไปมาก สอดคล้องกับ สุธารา,2565 การศึกษาปริมาณการสูญเสียดิน ปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียในดิน มูลค่าธาตุอาหารที่สูญเสียดินและปัจจัย สมการการสูญเสียดินสากลจากแปลงทดสอบ กรณีศึกษาศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจาก พระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่ เมื่อนำมาประเมินและวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐกิจแล้วพบว่าสามารถประเมินค่า การสูญเสียธาตุอาหารพืชในตะกอนดินในรูปของปุ๋ยที่สูญเสียจากพื้นที่ปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารขึ้นอยู่กับ ปริมาณการสูญเสียดิน โดยในแปลงเปล่ามีการสูญเสียธาตุอาหารมากที่สุดและ มีมูลค่าธาตุอาหารที่สูญเสียใน แปลงเปล่าสูงสุด มีปริมาณธาตุอาหารที่สูญเสียเฉลี่ยเท่ากับ 0.96 กิโลกรัมต่อไร่ และมูลค่าธาตุอาหารที่ สูญเสียเฉลี่ย 449.38 บาทต่อไร่ รองลงมาเป็นการปลูกข้าวโพด ข้าวโพดร่วมกับถั่วเหลือง การปลูก มะม่วงร่วมกับแนวหญ้าแฝกมีปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารและมูลค่าธาตุอาหารที่สูญเสียไปให้ค่าที่ ไม่แตกต่างกัน ปริมาณตะกอนดินที่ถูกชะมากที่สุดพบในแปลงเปล่า รองลงมาเป็นแปลงปลูกข้าวโพด

แปลงปลูกข้าวโพดร่วมกับ แถบหญ้าแฝก แปลงปลูกมะม่วง และแปลงปลูกมะม่วงร่วมกับแถบหญ้าแฝก โดยปริมาณตะกอนดินที่พบในแต่ละตำรับการทดลองจะแปรผันตามปริมาณน้ำไหลบ่า แต่ปริมาณน้ำไหลบ่าไม่ได้แปรผันตามปริมาณฝนที่ตก ขึ้นอยู่กับความรุนแรงของฝนหรือความเข้มของฝนที่ตก

ตารางที่ 39 ปริมาณน้ำฝนปี พ.ศ. 2557-2559

เดือน	ปริมาณน้ำฝน ปี 2557 (มิลลิเมตร)	ปริมาณน้ำฝน ปี 2558 (มิลลิเมตร)	ปริมาณน้ำฝน ปี 2559 (มิลลิเมตร)	เฉลี่ย 3 ปี (มิลลิเมตร)
มกราคม	0.5	-	-	0.5
กุมภาพันธ์	6.5	-	-	6.5
มีนาคม	32	-	-	32
เมษายน	51.1	-	-	51.1
พฤษภาคม	176	95	173	148
มิถุนายน	442	155	294	297
กรกฎาคม	281	360	355	332
สิงหาคม	334	255	288	292
กันยายน	102	125	245	157
ตุลาคม	11	125	195	110
พฤศจิกายน	24	30	85	46
ธันวาคม	105	25	-	65
รวม	1,565	1,170	1,635	1,457

ที่มา: เก็บข้อมูลจากเครื่องวัดน้ำฝนแบบกระบอกตวง ซึ่งติดตั้งไว้บริเวณแปลงทดลอง

4.7.23 สภาพภูมิอากาศและสมดุลน้ำ เฉลี่ย 3 ปี (พ.ศ. 2557-2559)

1) สภาพภูมิอากาศ

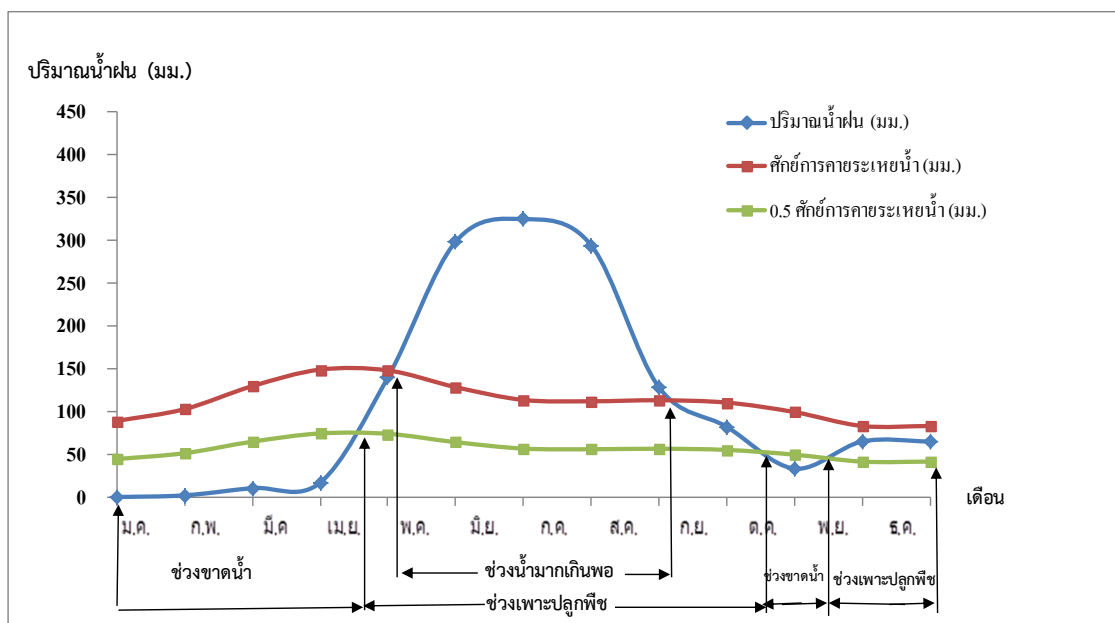
จากสถิติภูมิอากาศ ณ สถานีตรวจวัดอากาศดอยแม่สลอง เฉลี่ย 3 ปี (พ.ศ. 2557-2559) พื้นที่ดอยแม่สลอง จังหวัดเชียงราย แสดงตารางที่ 40 จัดอยู่ในเขตภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าสะวันนา (Tropical savannah: Aw) ตามระบบการจำแนกภูมิอากาศของ Kö

ppen โดยมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 3 ปี 1,456.66 มิลลิเมตร ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปี 76.33 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปี 25.10 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 31.38 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 20.48 องศาเซลเซียส (ตารางที่ 39) สามารถแบ่งลักษณะภูมิอากาศออกเป็น 3 ฤดูกาล ได้แก่

ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือน พฤษภาคม ถึง กลางเดือน ตุลาคม ระยะเวลานี้เป็นช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ เดือนที่มีฝนตกหนักมากที่สุด คือ เดือน กรกฎาคม ปริมาณฝนเฉลี่ย 332 มิลลิเมตร เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากพายุดีเปรสชันที่พัดเข้ามาในช่วงดังกล่าว

ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่เดือน พฤศจิกายน ถึงเดือน กุมภาพันธ์ ระยะเวลานี้เป็นช่วงที่ได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นลมหนาว และแห้งแล้ง เดือน มกราคม เป็นเดือนที่มีอุณหภูมิต่ำสุด 14.5 องศาเซลเซียส

ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือน มีนาคม ถึงเดือน เมษายน ระยะนี้จะได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันออกเฉียงใต้ อุณหภูมิเฉลี่ยโดยทั่วไปจะสูงขึ้น ทำให้มีสภาพอากาศร้อนกว่าปกติ และจะร้อนมากที่สุดในเดือน เมษายน โดยมีอุณหภูมิสูงสุด 34.5 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ อาจจะมีพายุโซนร้อนเกิดขึ้น เนื่องจากอากาศเย็นจากประเทศจีน เคลื่อนตัวลงมาเป็นครั้งคราว ทำให้เกิดปะทะกับอากาศร้อนเขตท้องถิ่น เกิดเป็นแนวปะทะอากาศเย็น ทำให้มีพายุฝนฟ้าคะนองเกิดขึ้น แต่มีฝนตกไม่นาน



ภาพที่ 13 สมดุลน้ำเพื่อการเกษตร ดอยแม่สลอง จังหวัดเชียงราย (พ.ศ. 2557-2559)

ตารางที่ 40 สถิติภูมิอากาศ ณ สถานีตรวจวัดอากาศดอยแม่สลอง จังหวัดเชียงราย เฉลี่ย 3 ปี
(ปี พ.ศ. 2557 2558 และ 2559)

เดือน	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)			ความชื้น สัมพัทธ์	ปริมาณ น้ำฝน	จำนวน วันที่ ฝนตก	ศักยภาพ การคาย ระเหย น้ำ ²	ปริมาณฝน ใช้การ ²
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย	(%)	(มม.)	(วัน)	(มม.)	(มม.)
ม.ค.	14.50	28.10	20.30	75	0.16	3	88.77	0.20
ก.พ.	15.40	31.20	22.40	68	2.16	2	102.76	2.20
มี.ค.	18.10	33.10	24.80	66	10.66	5	129.58	10.50
เม.ย.	21.70	34.50	27.40	68	17.03	12	148.80	16.50
พ.ค.	23.50	33.70	27.80	75	148.00	17	147.87	108.50
มิ.ย.	24.30	32.70	27.70	78	297.00	19	128.40	154.80
ก.ค.	24.10	31.30	27.00	83	332.00	24	113.46	157.40
ส.ค.	24.00	31.10	26.80	84	292.33	24	111.91	154.40
ก.ย.	23.60	31.70	26.80	83	157.33	19	113.10	101.80
ต.ค.	22.10	31.10	25.80	81	110.33	13	110.36	71.30
พ.ย.	18.90	30.20	23.70	78	46.33	5	99.30	31.60
ธ.ค.	15.50	27.90	20.70	77	43.33	3	83.08	58.20
เฉลี่ย	20.48	31.38	25.10	76.33	-	-	-	-
รวม	-	-	-	-	1,456.66	146	1,377.59	867.40

ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2560)

หมายเหตุ: * คำนวณจากโปรแกรม CropWat 4 Windows Ver 4.3

2) สมดุลน้ำ

จากตัวเลขสถิติข้อมูลสภาพภูมิอากาศ เฉลี่ยในรอบ 3 ปี (พ.ศ. 2557-2559) ของดอยแม่สลอง จังหวัดเชียงราย (ตารางที่ 39) เมื่อนำค่าปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย ค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำ และ 0.5 ของค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำ มาวิเคราะห์สภาพสมดุลของน้ำเพื่อการเกษตร (ภาพที่ 10) สรุปได้ดังนี้

(1) ช่วงระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืช อยู่ในช่วงกลางเดือนปลายเดือนเมษายน ถึงกลางเดือน ตุลาคม เป็นช่วงที่มีค่าปริมาณน้ำฝนสูงกว่า 0.5 ของค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำ ดินมีความชื้นพอเหมาะต่อการเพาะปลูก ดินอุ้มน้ำได้เต็มที่ ซึ่งแม้จะมีฝนตกน้อยแต่ดินยังมีความชื้นสะสมอยู่

มากพอที่พืชจะนำไปใช้ประโยชน์ได้ จึงคาดคะเนได้ว่า ในช่วงนี้เป็นช่วงที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชโดยอาศัยน้ำฝน

(2) ช่วงระยะเวลาที่มีน้ำมากเกินพอ อยู่ในช่วงตั้งแต่ต้นเดือน พฤษภาคม ถึงต้นเดือน กันยายน เป็นช่วงที่มีค่าปริมาณน้ำฝนสูงกว่าค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำ

(3) ช่วงระยะเวลาที่ไม่เหมาะสมต่อการเพาะปลูก ในช่วงกลางเดือน ตุลาคม ถึงปลายเดือน เมษายน เป็นช่วงขาดน้ำ เนื่องจากปริมาณน้ำฝน และการกระจายของฝนน้อย มีค่าปริมาณน้ำฝนต่ำกว่า 0.5 ของค่าศักยภาพการคายระเหยน้ำ ปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของพืช การเพาะปลูกพืชควรระมัดระวัง และจำเป็นต้องหาแหล่งน้ำสำรองไว้ใช้ เช่น บ่อน้ำในไร่นา เป็นต้น

4.7.24 ผลของวิธีวิเคราะห์ทางสถิติมาทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยสมมติฐานเบื้องต้นของ ANOVA

การนำวิธีวิเคราะห์ทางสถิติมาทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยมาใช้ในการแปรผล การศึกษานี้ จะช่วยให้การแปรผลวิเคราะห์ชัดเจนและถูกต้องมากยิ่งขึ้นและสามารถระบุได้ว่าปัจจัยใดมีผล หรือมีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติต่อความสัมพันธ์ การทดสอบการแจกแจงปกติของข้อมูลตัวแปร โดยการทดสอบของ Shapiro-Wilk Test พบว่า ค่าพีเอชของดิน ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ค่าความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) และความสูงของต้นข้าวโพด (height) มีการแจกปกติ (ค่า Sig<0.05) แต่ตัวแปรอื่นๆ ไม่มีการแจกแจงปกติ (ค่า Sig<0.05) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 แสดงดังตารางภาคผนวกที่ 29

4.7.25 การทดสอบการเท่ากันของความแปรปรวนของ Main Plot(ชนิดของหญ้าแฝก) โดย Levene Statistics Test based on Median

ค่าความแปรปรวนของปริมาณตะกอนดิน (sediment) ค่าพีเอชของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) โพแทสเซียมที่สกัดได้ (K) ความหนาแน่นของดิน(Bulk) ความสูง (height) ปริมาณปุ๋ยฟอสเฟต (P_2O_5) ปริมาณปุ๋ยโพแทส (K_2O), มูลค่าปุ๋ยฟอสเฟตที่ติดไปกับตะกอนดิน (cost 0-46-0), มูลค่าปุ๋ยโพแทสที่ติดไปกับตะกอนดิน (cost 0-0-60) ไม่แตกต่างกันตามชนิดของหญ้าแฝก แต่ค่าความแปรปรวนของปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน (total N) มูลค่าปุ๋ยไนโตรเจนที่ติดไปกับตะกอนดิน (cost 46-0-0) และ ผลรวมมูลค่าปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสเฟต และปุ๋ยโพแทส (total cost) แตกต่างกันตามชนิดของหญ้าแฝก ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังตารางผนวกที่ 30

4.7.26 การทดสอบการเท่ากันของความแปรปรวนของ Sub Plot(มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ) โดย Levene Statistics Test based on Median

ค่าความแปรปรวนของปริมาณตะกอนดิน (sediment) ค่าพีเอชของดิน (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) ความหนาแน่นของดิน (Bulk density) ความสูง (height) การนำปริมาณตะกอนดินมาคิดเป็นธาตุอาหารที่สูญเสียไปคิดจากปุ๋ยเคมี: ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน

(total N สูตร 46-0-0) ปริมาณปุ๋ยโพแทส (K_2O) มูลค่าปุ๋ยไนโตรเจนที่ติดไปกับตะกอนดิน (cost 46-0-0) มูลค่าปุ๋ยโพแทสที่ติดไปกับตะกอนดิน (cost 0-0-60) และผลรวมมูลค่าปุ๋ยไนโตรเจน ปุ๋ยฟอสเฟต และปุ๋ยโพแทส (total cost) ไม่แตกต่างกันตามมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ แต่ค่าความแปรปรวนของโพแทสเคมีที่สกัดได้ (K) ธาตุอาหารที่สูญเสียไปคิดจากปริมาณปุ๋ย 0-46-0 (P_2O_5) และ มูลค่าปุ๋ยโพแทส ที่ติดไปกับตะกอนดิน (cost 0-46-0) แตกต่างกันตามมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (Test of Homogeneity of Variance) (ตารางภาคผนวกที่ 31)

การทดสอบสมมติฐานเบื้องต้นของ ANOVA พบว่า ค่าพีเอช (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ความหนาแน่นของดิน (Bulk density) และความสูง (height) ผ่านสมมติฐานทั้ง 3 ข้อของการทดสอบ ANOVA และตัวแปรอื่นๆ ไม่ผ่านข้อตกลงเบื้องต้น ในส่วนของการแจกแจงของข้อมูลที่ไม่มีการแจกแจงปกติ หรือค่าความแปรปรวนของแต่ละกลุ่มไม่เท่ากัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้สถิติแบบนอนพารามิเตอร์ โดยการใช้การทดสอบ Mann-Whitney U Test สำหรับการทดสอบผลของการใช้หญ้าแฝกที่แตกต่างกัน 2 ชนิด และ ใช้การทดสอบ Kruskal-Wallis สำหรับการทดสอบผลของการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (sub plot) การอนุรักษ์ดินและน้ำที่แตกต่างกันต่อผลผลิตข้าวโพด ความสูง และตัวแปรอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

4.7.27 การวิเคราะห์ความแปรปรวน กรณีมีการแจกปกติ (ANOVA Hypothesis Testing) for Normal Distribution Variable: (ค่า Sig>0.05)

ชนิดของหญ้าแฝก (main plot) และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (sub plot) ไม่ส่งผลต่อค่าพีเอชของดิน (pH) ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ค่าความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) ความสูงของต้นข้าวโพด (height) และไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างชนิดของหญ้าแฝกและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ค่า Sig. ของ Main, Sub plot และ main*sub>0.05)

1) ค่าพีเอชของดิน

สมมติฐานที่ 1 :

Ho: ค่าพีเอช จากการใช้หญ้าแฝก 2 ชนิด ไม่แตกต่างกัน (ชนิดของหญ้าแฝกไม่มีผลต่อค่าพีเอช)

H1: ค่าพีเอช จากการใช้หญ้าแฝก 2 ชนิด แตกต่างกัน (ชนิดของหญ้าแฝกมีผลต่อค่าพีเอช)

สมมติฐานที่ 2:

Ho: ค่าพีเอช จากการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำทั้ง 5 วิธี ไม่แตกต่างกัน (มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำไม่มีผลต่อค่าพีเอช)

H1: มีอย่างน้อยหนึ่งคู่ของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีค่าพีเอชแตกต่างกัน (มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำมีผลต่อค่าพีเอช)

สมมติฐานที่ 3 :

Ho: ไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างชนิดของหญ้าแฝกและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

H1: มีผลกระทบร่วมระหว่างชนิดของหญ้าแฝกและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ค่าพีเอช พบว่าชนิดของหญ้าแฝก(main plot) และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (sub plot) ไม่ส่งผลต่อค่าพีเอช และไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างชนิดของหญ้าแฝกและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ค่า Sig. ของ Main, Sub และ main*sub > 0.05) (ตารางผนวกที่ 32)

2) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ OM

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) พบว่า ชนิดของหญ้าแฝกและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำไม่ส่งผลต่อค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) และไม่มีผลกระทบร่วม ระหว่างชนิดของหญ้าแฝกและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ค่า Sig. ของ Main, Sub และ main*sub > 0.05) (ตารางผนวกที่ 33)

สมมติฐานที่1 :

Ho: ค่า OM จากการใช้หญ้าแฝก 2 ชนิด ไม่แตกต่างกัน (ชนิดของหญ้าแฝกไม่มีผลต่อค่า OM)

H1: ค่า OM จากการใช้หญ้าแฝก 2 ชนิด มีค่าแตกต่างกัน (ชนิดของหญ้าแฝกมีผลต่อค่า OM)

สมมติฐานที่ 2 :

Ho: ค่า OM จากการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำทั้ง 5 วิธีไม่แตกต่างกัน (มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำไม่มีผลต่อค่า OM)

H1: มีอย่างน้อยหนึ่งคู่ของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีค่า OM แตกต่างกัน (มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำมีผลต่อค่า OM)

สมมติฐานที่ 3 :

Ho: ไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างชนิดของหญ้าแฝกและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

H1: มีผลกระทบร่วมระหว่างชนิดของหญ้าแฝกและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

3) ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของค่าความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) พบว่า ชนิดของหญ้าแฝกและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำไม่ส่งผลต่อค่าความหนาแน่นรวมของดิน และไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างชนิดของหญ้าแฝกและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ค่า Sig. ของ Main, Sub และ main*sub > 0.05) (ตารางภาคผนวกที่ 34)

4) ความสูงของข้าวโพด (Height)

จากการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) ของค่าความสูงของข้าวโพด (height) แสดงดังตารางผนวกที่ 35 พบว่า ชนิดของหญ้าแฝกไม่ส่งผลต่อค่าความสูงของข้าวโพด (height) และไม่มีผลกระทบร่วมระหว่างชนิดของหญ้าแฝกและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (ค่า Sig. ของ Main, main*sub>0.05) แต่มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่แตกต่างกันมีผลต่อค่าความสูงของข้าวโพด (height) (ค่า Sig. ของ Sub<0.05) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้นจึงทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ โดยใช้ Multiple Comparisons (ตารางผนวกที่ 36) พบว่าไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (sub plot 1) มีค่าความสูงของข้าวโพดเฉลี่ยแตกต่างจากการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำอื่นๆ (sub plot ที่ 2-4) โดยการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 4 (แถบหญ้าแฝก V.I.=4 ม.) จะให้ค่าความสูงของข้าวโพดสูงที่สุด รองลงมาคือ การใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 2 (คูรับน้ำขอบเขา V.I.=4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.=4 ม.) มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 5 (คูรับน้ำขอบเขา V.I.=8 ม.)+แถบหญ้าแฝก (V.I.=4 ม.) มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 3 (คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.=8 ม.) และไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ วิธีการที่ 1 ตามลำดับ

4.7.28 การทดสอบของแมนและวิทนี (The Mann-Whitney U Test) Nonparametric Tests- Mann-Whitney-U Test for Main Plot

จากการทดสอบ Mann-Whitney-U Test สำหรับชนิดของหญ้าแฝก (ตารางผนวกที่ 37) พบว่าชนิดของหญ้าแฝกไม่ส่งผลต่อค่าตะกอนดิน (sediment) ค่าพีเอช ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) โพแทสเซียมที่สกัดได้ (K) ความหนาแน่นของดิน (Bulk density) ผลผลิต (Yield) ความสูง(height) ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน (total N) ปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียม (K_2O) มูลค่าปุ๋ย N ที่ติดไปกับตะกอนดิน (cost 46-0-0) มูลค่าปุ๋ย K ที่ติดไปกับตะกอนดิน (cost 0-0-60) ผลรวมเงิน (total cost) ปริมาณปุ๋ยฟอสเฟต (P_2O_5) และ มูลค่าปุ๋ย P ที่ติดไปกับตะกอนดิน (cost 0-46-0) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 พบว่าค่า Sig.>0.05)

4.7.29 จากการทดสอบ Kruskal Wallis สำหรับการใช้อนุรักษ์ดินและน้ำ

จากการทดสอบ Kruskal Wallis สำหรับการใช้อนุรักษ์ดินและน้ำที่แตกต่างกัน (sub plot) พบว่ามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำส่งผลต่อค่าปริมาณตะกอนดิน (sediment) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ความสูง (height) ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน (total N) ที่ติดไปกับตะกอนดิน ปริมาณปุ๋ยฟอสเฟต (P_2O_5) ที่ติดไปกับตะกอนดิน (sediment) ปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียม (K_2O) ที่ติดไปกับตะกอนดิน มูลค่าปุ๋ย N ที่ติดไปกับตะกอนดิน (cost 46-0-0) มูลค่าปุ๋ย P ที่ติดไปกับตะกอนดิน (cost 0-46-0) มูลค่าปุ๋ย K ที่ติดไปกับตะกอนดิน (cost 0-0-60) ผลรวมเงินมูลค่าปุ๋ย (total cost) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ค่า Sig.<0.05) แต่ค่าพีเอช (pH) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) โพแทสเซียมที่สกัดได้ (K) ความหนาแน่นของดิน (Bulk density)

ผลผลิต(Yield) ไม่แตกต่างกัน จากการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ค่า Sig. > 0.05) (ตารางผนวกที่ 38)

4.7.30 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ โดยใช้ Pairwise Comparison

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ โดยใช้ Pairwise Comparison พบว่า sub plot 1 การไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ มีค่าความหนาแน่นของดินเฉลี่ย แตกต่างจากการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำอื่นๆ (Adj. Sig.<0.05) โดยการไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (S1) จะให้ค่าความหนาแน่นของดินเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 2 (S2 คุรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 ม.) แแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 ม.) มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 4 (S4 แแถบหญ้าแฝก V.I.=4 ม.) มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 3 (S3 คุรับน้ำขอบเขา V.I.=8 ม.)+แแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 ม.) และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 5 (S5 คุรับน้ำขอบเขา (V.I.=8 ม.)+แแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 ม.) ตามลำดับ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (ตารางผนวกที่ 39)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ โดยใช้ Pairwise Comparison พบว่ามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 3 (S3 คุรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 ม.) แแถบหญ้าแฝก (V.I.=8 ม.) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยแตกต่างจากการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 4 (S4 แแถบหญ้าแฝก V.I.=4 ม.) และ มาตรการที่ 5 (S5 คุรับน้ำขอบเขา V.I.=8 ม.)+แแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 ม.) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Adj. Sig.<0.05) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการเปรียบเทียบการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในคู่อื่นๆ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการ ใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 5 (S5 คุรับน้ำขอบเขา (V.I.=8 ม.)+แแถบหญ้าแฝก (V.I.= 4 ม.) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการที่ 4 1 และ 2 และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการที่ 3 ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 40)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ โดยใช้ Pairwise Comparison พบว่าการไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ (sub plot 1) ความสูงของข้าวโพดเฉลี่ยแตกต่างกัน จากการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 2 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Adj. Sig.<0.05) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการเปรียบเทียบการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในคู่อื่นๆ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการ ใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 4 ให้ความสูงของข้าวโพดเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการที่ 2 5 และ 3 และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 1 ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 41)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ โดยใช้ Pairwise Comparison พบว่า การไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ (sub plot 1) มีปริมาณไนโตรเจนในตะกอนดิน เฉลี่ยแตกต่างจากการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการที่ 2 3 4 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Adj. Sig.<0.05) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการเปรียบเทียบการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในคู่อื่นๆ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ถ้าไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (sub plot 1) มีการสูญเสียดินมาก ส่งผลให้มีปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนติดไปกับตะกอนดินเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการที่ 2 4 และ 5 และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 3 ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 42)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทีละคู่ โดยใช้ Pairwise Comparison พบว่ามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 3 (S3 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.=4 ม.) แอบลู้าแฝก (V.I.= 8 ม.) มีปริมาณปุ๋ยฟอสเฟต (P_2O_5) ที่ติดไปกับตะกอนดินเฉลี่ยแตกต่าง จากการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการที่ 1 2 และ 4 และ มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 5 ปริมาณปุ๋ยฟอสเฟต (P_2O_5) ที่ติดไปกับตะกอนดิน เฉลี่ยแตกต่างจากการใช้ มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 1 และ 4 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Adj. Sig.<0.05) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการเปรียบเทียบการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในคู่อื่นๆ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการ ใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 4 มีปริมาณปุ๋ยฟอสเฟต (P_2O_5) ที่ติดไปกับตะกอนดิน มีค่าเฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการที่ 1 2 และ 5 และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 3 ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 43)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทีละคู่ โดยใช้ Pairwise Comparison พบว่าการไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (sub plot 1) ในตะกอนดินมีค่าปริมาณปุ๋ยโพแทส (K_2O) เฉลี่ยแตกต่างจากการใช้ มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 5 (S5 คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.= 8 ม.)+แอบลู้าแฝก (V.I.=4 ม.) อย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติ (Adj.Sig.<0.05) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการเปรียบเทียบการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในคู่ อื่นๆ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (sub plot 1) ในตะกอน ดินมีค่าปริมาณปุ๋ยโพแทส (K_2O) เฉลี่ยสูงสุด รองลงมาคือการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการที่ 2 4 และ 3 และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการที่ 5 ตามลำดับ (ตารางภาคผนวกที่ 44)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทีละคู่ โดยใช้ Pairwise Comparison พบว่าการไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ S1 มีมูลค่าปุ๋ย N ที่ติดไปกับตะกอนดิน (cost 46-0-0) เฉลี่ยแตกต่างจากการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Adj. Sig.<0.05) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการ เปรียบเทียบการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในคู่อื่นๆ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการไม่มี มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ S1 มีมูลค่าปุ๋ยNที่ติดไปกับตะกอนดินเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือการใช้มาตรการ อนุรักษ์ดินและน้ำที่ 2 4 และ 5 และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 3 ตามลำดับ (ตารางที่ 45)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทีละคู่ โดยใช้ Pairwise Comparison พบว่ามาตรการอนุรักษ์ ดินและน้ำที่ 3 มีมูลค่าปุ๋ยฟอสเฟต (P_2O_5) ที่ติดไปกับตะกอนดินเฉลี่ย(cost 0-46-0) แตกต่างจากการใช้ มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการที่ 1 2 และ 4 และ มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการที่ 5 มีมูลค่าปุ๋ย ฟอสเฟต (P_2O_5) ที่ติดไปกับตะกอนดินเฉลี่ยแตกต่างจากการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 1 และ 4 อย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ (Adj. Sig.<0.05) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการเปรียบเทียบการใช้มาตรการอนุรักษ์ดิน และน้ำ ในคู่อื่นๆ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการที่ 4 มี มูลค่าปุ๋ยฟอสเฟต (P_2O_5) ที่ติดไปกับตะกอนดินเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ วิธีการที่ 1 2 และ 5 และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 3 ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 46)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยทีละคู่ โดยใช้ Pairwise Comparison พบว่าการไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (sub plot 1) มีมูลค่าปุ๋ยโพแทสที่ติดไปกับตะกอนดิน (cost 0-0-60) แตกต่างจากการใช้ มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Adj. Sig.<0.05) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการ เปรียบเทียบการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในคู่อื่นๆ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการใช้

มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 1 มีมูลค่าปุ๋ยโพแทสที่ติดไปกับตะกอนดินเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการที่ 2 4 และ 3 และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ 5 ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 47)

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยที่ละคู่ของมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสูญเสียธาตุอาหารในดินที่ติดไปกับตะกอนดินกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยใช้ Pairwise Comparison พบว่าการไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (sub plot 1) มีมูลค่าเป็นเงินที่สูญเสียไปสูงที่สุด (total cost) แตกต่างจากการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการที่ 3 และ 5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Adj. Sig.<0.05) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และการเปรียบเทียบการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในคู่อื่นๆ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (sub plot 1) มีมูลค่าเป็นเงินที่สูญเสียไป (total cost) เฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการที่ 2 4 และ 5 และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีการที่ 3 ตามลำดับ (ตารางผนวกที่ 48)

จากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตข้าวโพดและตัวแปรอื่นๆ โดยใช้ Pearson Correlation แสดงดังตารางผนวกที่ 49 พบว่า ปริมาณตะกอนดิน(sediment), ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K) ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน (total N) ปริมาณปุ๋ยฟอสเฟต ปริมาณปุ๋ยโพแทส มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลผลิตข้าวโพด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติคือ เมื่อค่าตะกอนดิน (sediment), ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน (total N) ปริมาณปุ๋ยฟอสเฟต (P_2O_5) ปริมาณปุ๋ยโพแทส (K_2O) เพิ่มขึ้น ผลผลิตข้าวโพดก็จะเพิ่มขึ้นตาม และหากค่าของตัวแปรเหล่านี้ลดลง ผลผลิตข้าวโพดก็จะลดลงตาม และค่าตะกอนดิน (sediment) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (K) ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน (total N) ปริมาณปุ๋ยฟอสเฟต (P_2O_5) และปริมาณปุ๋ยโพแทส (K_2O) มีความสัมพันธ์กันเชิงบวก นั่นคือหากค่าใดค่าหนึ่งเพิ่มขึ้นหรือลดลง ค่าอื่นๆ ก็จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงเช่นเดียวกัน

4.7.31 ผลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสมบัติทางกายภาพของดินและปริมาณตะกอนดิน

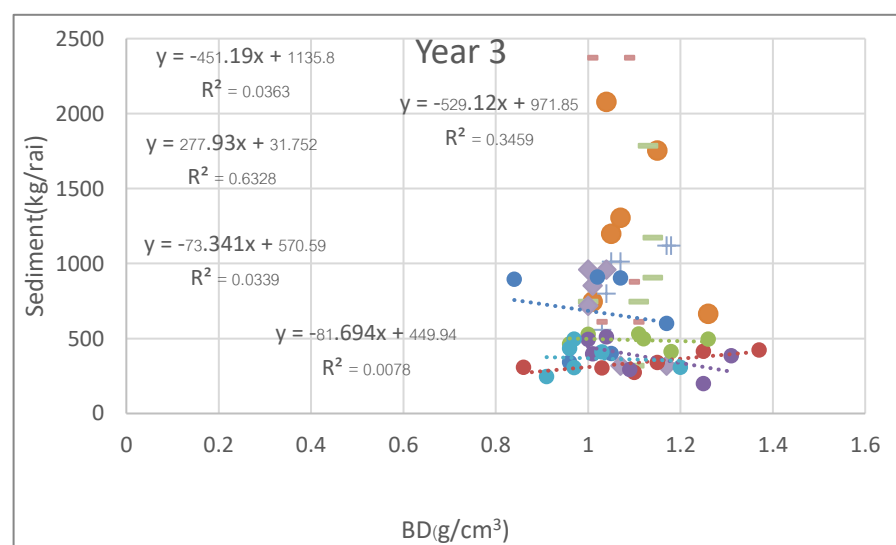
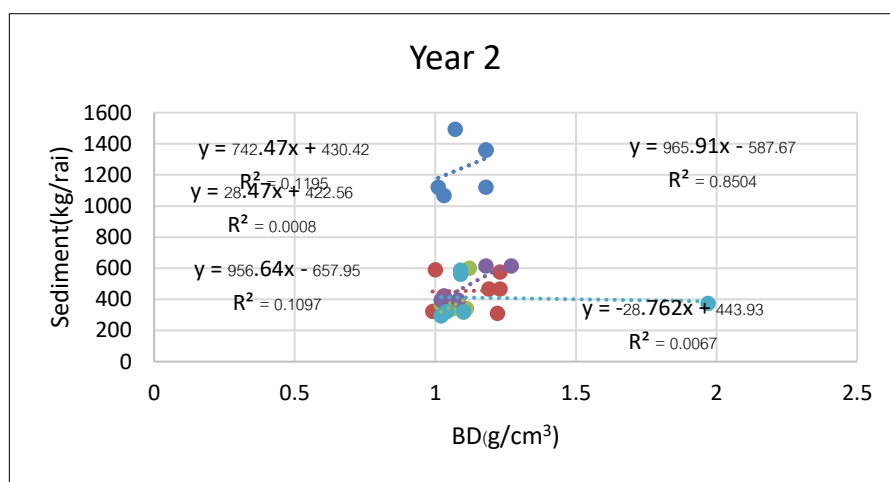
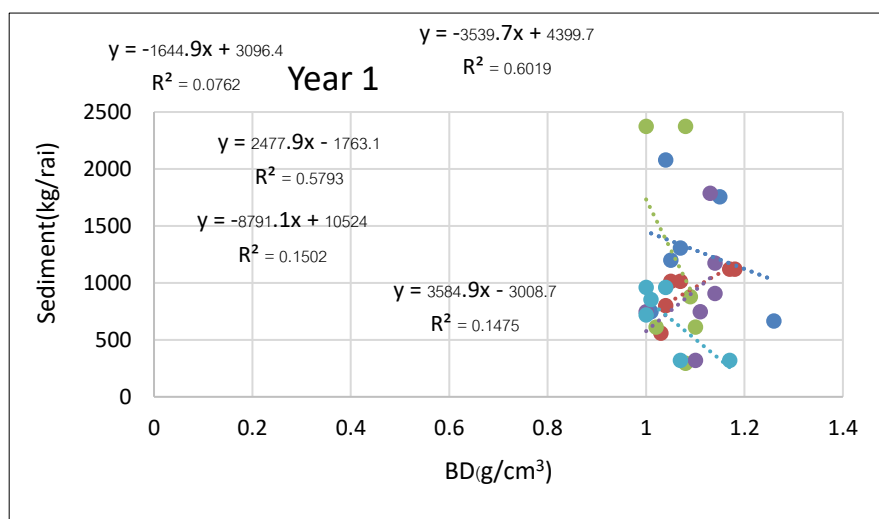
สมบัติทางกายภาพของดินที่ส่งผลต่อปริมาณตะกอนดิน คือ ค่าความหนาแน่นรวมของดิน กล่าวคือความหนาแน่นรวมสูง ทำให้ดินแน่นทึบและช่องว่างลดลง (Calverts *et al.*, 1980; Moniz and Buol, 1982; Nikorych *et al.* 2014) ไม่มีการเกาะกลุ่มของอนุภาคดิน และแยกตัวออกจากเม็ดดินข้างเคียง ส่งผลให้ไม่เกิดความคงทนของเม็ดดิน (Amézqueta, 1999) จึงส่งผลต่อการกร่อนดินเพิ่มมากขึ้น จากการวิเคราะห์ปริมาณตะกอนดินมากขึ้น จากผลการศึกษา ในปีที่ 2 จะเห็นความสัมพันธ์ที่ชัดเจนที่สุดในมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (S4 แถบหญ้าแฝก V.I.=4 ม.) มีค่า $R^2=0.8504$ และในปีที่ 3 จะเห็นความสัมพันธ์ชัดเจน ในมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ S2 คุ้มน้ำขอบเขา(V.I.= 4 ม.) แถบหญ้าแฝก (V.I.=4 ม.) มีค่า $R^2=0.6328$ (ภาพที่14)

ค่าความหนาแน่นรวมของดิน สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดการกร่อนดินได้ดี โดยดินที่มีค่าความหนาแน่นรวมของดิน ปานกลางในช่วง 1.4-1.6 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร บางพื้นที่เริ่มแน่นทึบในดินร่วน และแน่นทึบมากในดินเหนียวซึ่งจำกัดการซึมน้ำของรากพืช (Hunt and Gilkes, 1992) ซึ่งดินที่มีค่าความ

หนาแน่นรวมของดิน ในช่วงนี้ส่งผลต่อการเกิดการกร่อนดินได้เนื่องจากไม่มีรากพืชในชั้นดินนี้ การขุดซึมน้ำต่ำ เมื่อดินแตกหักได้ง่ายเกิดการเคลื่อนตัวของมวลดินได้เมื่อดินมีความชื้นเพิ่มมากขึ้น ซึ่งหากมีปัจจัยปริมาณน้ำฝนเป็นตัวเร่งก็อาจส่งผลให้พื้นที่ที่มีศักยภาพเกิดดินถล่มได้ง่าย จากการศึกษาของ Farizi *et al.* (2019) ได้ศึกษาสมบัติของดินต่อการกร่อนดินและการมีศักยภาพในการเกิดดินถล่ม ประเทศอินโดนีเซีย พบว่า ในดินร่วนที่เกิดจากหินแกรนิต มีโครงสร้างแบบเม็ดกลม (granular structure) ค่าความหนาแน่นรวมของดิน มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการกร่อนดิน ($R^2=0.517^*$) โดยเกิดการกร่อนดินสูงเท่ากับ 194.6 ตันต่อเฮกแตร์ต่อปี หรือ 8.6 มิลลิเมตรต่อปี และมีความสัมพันธ์ย้อนกลับกับค่าความพรุนรวมของดินและมีศักยภาพที่จะเกิดดินถล่มได้สูง และการศึกษาของ Bidyashwari *et al.* (2017) ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินที่มีผลต่อเสถียรภาพของลาดดิน พื้นที่ที่มีการผุพังจากหินดินดานและเนื้อดินมีปริมาณทรายแบ่งสูง ในประเทศอินเดีย พบว่าเสถียรภาพของลาดดินมีความไม่ปลอดภัย มีศักยภาพความถี่ในการเกิดดินถล่มได้มาก ดินมีความหนาแน่นรวมของดิน อยู่ในช่วง 1.57 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีค่าความพรุนรวมของดิน 52.72 เปอร์เซ็นต์ และมีการขุดซึมน้ำสูง ดังนั้นการรักษาสภาพดินให้มีค่าความหนาแน่นรวมของดิน ให้อยู่ในช่วง 1.2-1.4 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จะช่วยลดการขุดซึมน้ำไม่ให้เกิดขึ้นเร็วเกินไป หรือช้าเกินไปจนเกิดการไหลบ่า จะช่วยลดการกร่อนดินที่รุนแรง และลดศักยภาพในการเกิดดินถล่มได้ต่อไป

4.7.32 ผลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณตะกอนดิน

สมบัติทางทางเคมีของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ส่งผลต่อปริมาณตะกอนดิน จากผลการศึกษา ในปีที่ 2 จะเห็นความสัมพันธ์ที่ชัดเจนที่สุดใน มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (S4 แยกหญ้าแฝก V.I.=4 ม.) มีค่าสัมพันธเชิงบวก $R^2=0.7276$ และในปีที่ 3 จะเห็นความสัมพันธ์ชัดเจน ในมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ S3 คุ้บน้ำชอบเขา (V.I.=4 ม.) แยกหญ้าแฝก (V.I.=8 ม.) มีค่า $R^2=0.8114$ การเพิ่มอินทรีย์วัตถุลงในดิน พบว่ามีผลทำให้มีการสร้างเม็ดดินที่เสถียรภาพเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นรวมของดินลดลง ระบายน้ำได้ดีขึ้น เก็บความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชได้มากขึ้นลดแรงต้านทานและการยืดขยายของรากพืช (Tiark *et al.*, 1974) แสดงดังภาพที่15



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ของความหนาแน่นรวมของดิน ค่าปริมาณตะกอนดินและมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ปลูกข้าวโพดปีที่ 1-3

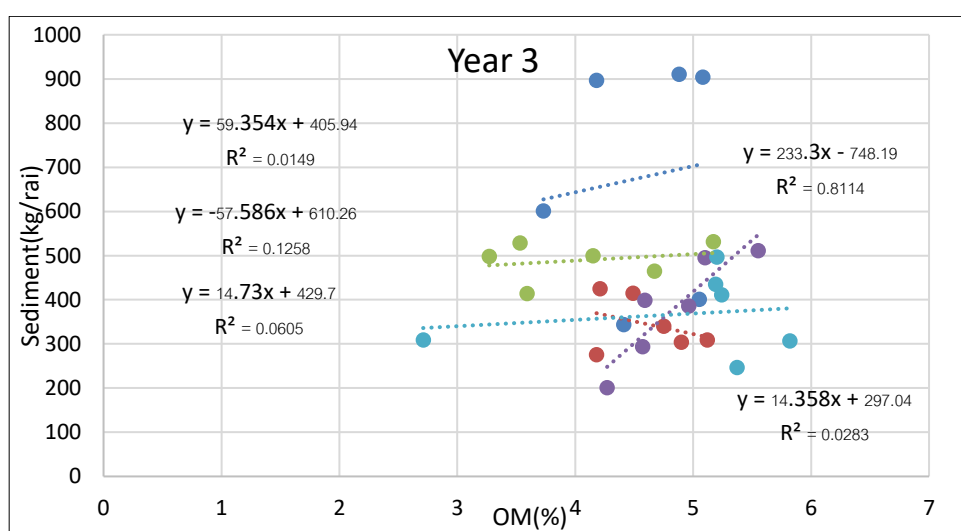
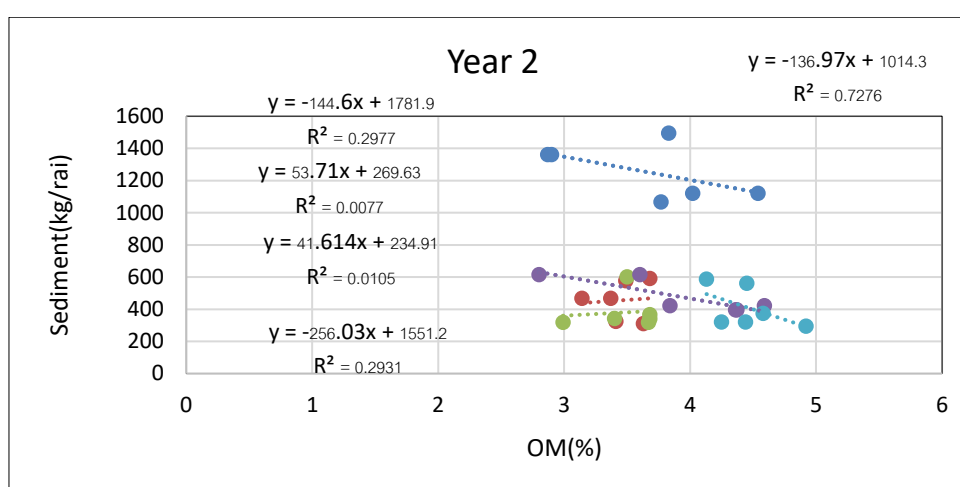
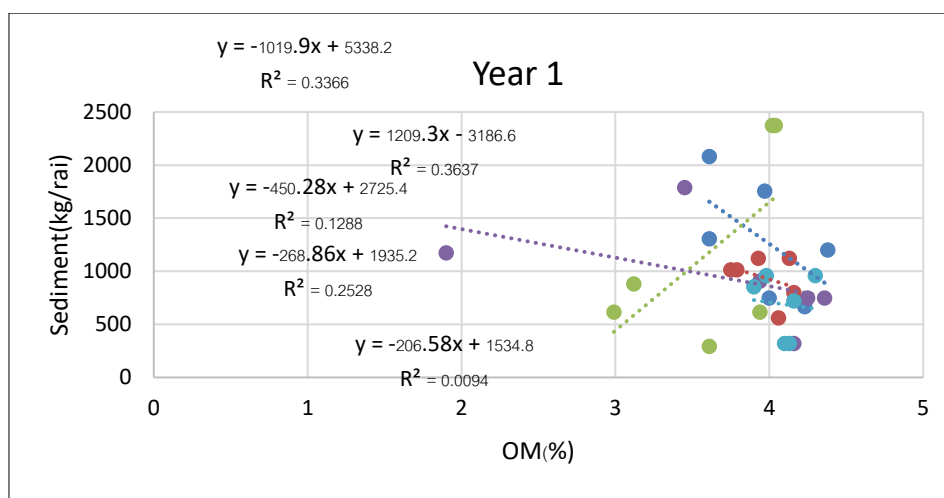
4.7.33 ผลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลผลิตข้าวโพดและปริมาณตะกอนดิน

ในปีที่ 3 จะเห็นความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณตะกอนดินกับ ผลผลิตข้าวโพด ชัดเจนที่สุด คือ เมื่อสูญเสียปริมาณตะกอนเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตลดลง ในมาตรการที่ 4 (S4 แยกหญ้าแฝก V.I.= 4 ม.) และ มาตรการที่ 5 คุ้รับน้ำขอบเขา(V.I.=8 ม.) แยกหญ้าแฝก (V.I.=4 ม.) มีค่า $R^2 = 0.484$ และ 0.5825 ตามลำดับ สอดคล้องกับ ศรีบุญพงศ์ (2559) พบว่าวิธีการที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ จะทำให้เกิด การกร่อนของดิน และชะล้างเอาธาตุฟอสฟอรัสบริเวณหน้าดินลงไปในบ่อดักตะกอนดินในปริมาณที่สูงที่สุด ส่วนวิธีการที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยเฉพาะวิธีการที่ 4 ใช้คุ้รับน้ำขอบเขา ร่วมกับการปลูกหญ้าแฝก บริเวณปลายคันดิน เป็นระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีแนวโน้มที่จะลดการกร่อนของดินได้ดีกว่าวิธีการอนุรักษ์ ดินและน้ำวิธีการอื่นๆ แสดงดังภาพที่16

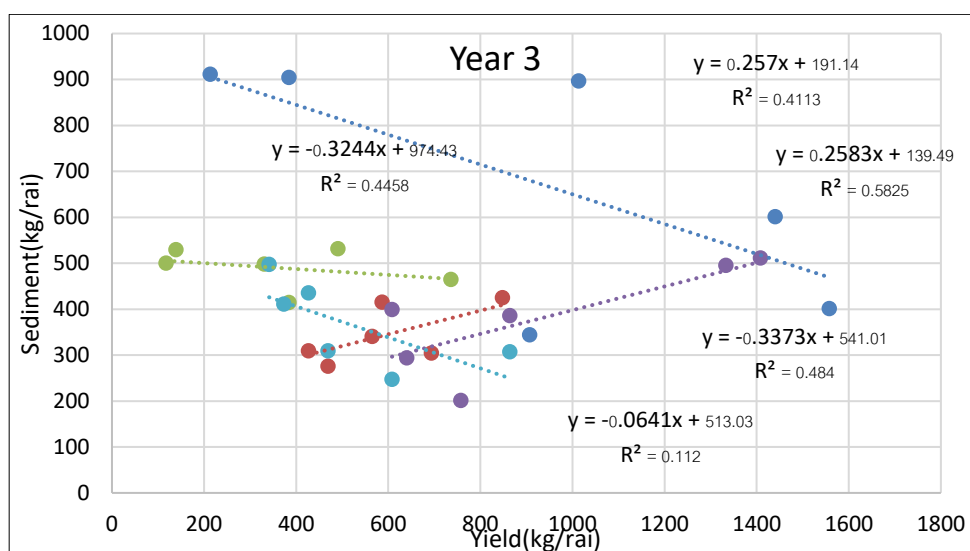
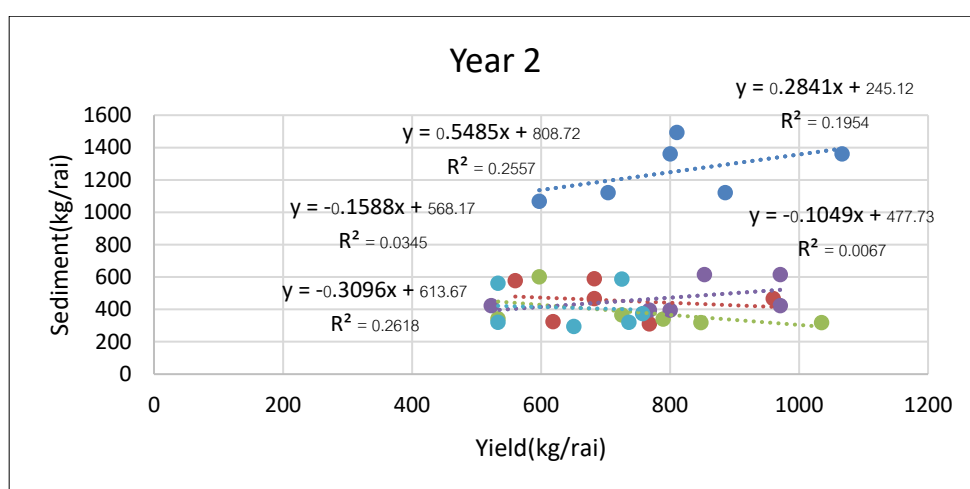
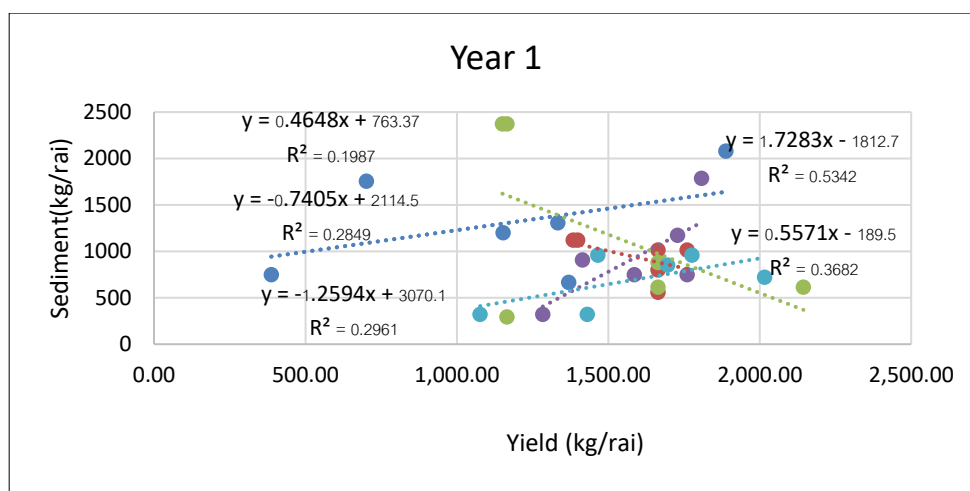
4.7.34 ผลวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสูญเสียธาตุอาหารหลักของพืชในดินและปริมาณตะกอนดิน

การประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสูญเสียธาตุอาหารหลักของพืชในดินและ ปริมาณตะกอนดิน แสดงดังภาพที่17 จากผลการศึกษา ในปีที่ 1 จะเห็นความสัมพันธ์ที่ชัดเจนที่สุดใน การ ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ สูญเสียตะกอนดินสูง ทำให้มีมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสูญเสียธาตุอาหารหลักของพืชในดินสูงตาม มีค่า $R^2=0.915$,และในปีที่ 2-3 จะเห็นความสัมพันธ์ชัดเจน ในมาตรการ อนุรักษ์ดินและน้ำ S3 คุ้รับน้ำขอบเขา(V.I.=4 ม.) แยกหญ้าแฝก (V.I.=8 ม.) มีค่า $R^2=0.8114$ สอดคล้องกับ วันรัก และคณะ (2557) การศึกษาระยะห่างที่เหมาะสมของคุ้รับน้ำขอบเขาเพื่อปลูกข้าวไร่บนพื้นที่สูง ในพื้นที่จังหวัดน่าน ทำการศึกษาระยะห่างที่เหมาะสมของคุ้รับน้ำขอบเขาเพื่อปลูกข้าวไร่บนพื้นที่สูงใน พื้นที่ จังหวัดน่าน โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design มีจำนวน มีวิธีการปลูก ข้าวไร่และไม่มีคุ้รับน้ำขอบเขา จะมีการสูญเสียโพแทสเซียมที่สกัดได้ในดินตะกอนสูงสุด ส่วนการใช้ระยะห่าง คุ้รับน้ำขอบเขาในแนวตั้ง 3 และ 6 เมตร จะมีปริมาณการสูญเสียโพแทสเซียมที่สกัดได้ในตะกอนดินต่ำสุด แสดงให้เห็นว่า การใช้ระยะห่างคุ้รับน้ำขอบเขาในแนวตั้ง 3 และ 6 เมตร สามารถลดการสูญเสีย โพแทสเซียม ได้ดีกว่าวิธีการไม่มีคุ้รับน้ำขอบเขา และดีกว่าการใช้ระยะห่างคุ้รับน้ำขอบเขาในแนวตั้ง 9 เมตร การสูญเสีย ธาตุอาหารที่ติดไปกับตะกอนดิน จะมีค่าปริมาณธาตุอาหารที่สูงกว่าธาตุอาหารที่อยู่ในดิน เนื่องจากการ ใส่ปุ๋ยเคมีจะใส่ในบริเวณหน้าดินลึกไม่เกิน 5 เซนติเมตร การกร่อนของดินในบริเวณนี้จะมีมาก

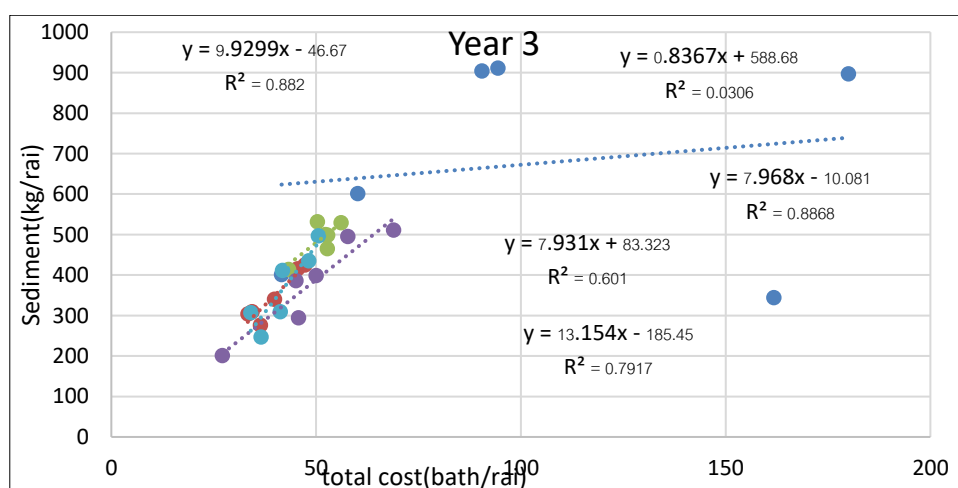
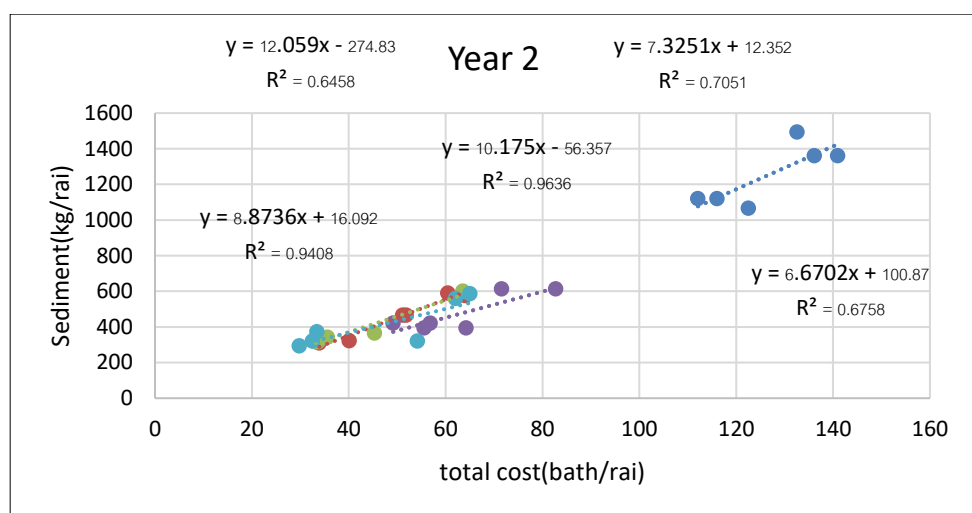
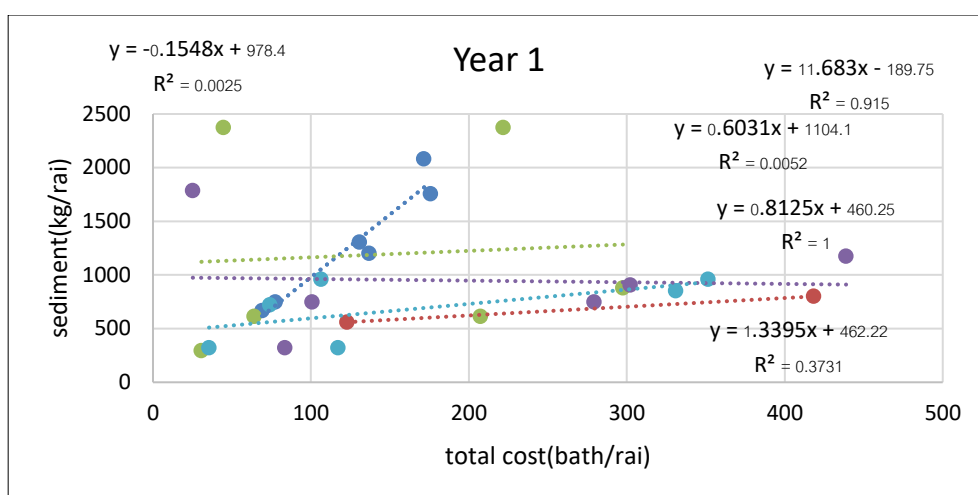
โดยการนำวิธีทดสอบทางสถิติมาช่วยในการประเมินความเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะทำให้ สามารถเปรียบเทียบผล การเปลี่ยนแปลงได้เด่นชัดมากขึ้น ทำให้เกิดความมั่นใจว่า ผลการศึกษามีความ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ อีกทั้งทำให้นักวิชาการเกิดความมั่นใจในการนำผลการวิจัยไปขยาย ผลต่อและทำให้เกิดความเชื่อมั่นในการเลือกวิธีการจัดการดินให้เหมาะสมยิ่งขึ้น



ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ของปริมาณ ค่าปริมาณอินทรีย์วัตถุ และมาตรการอนุรักษ์
ดินและน้ำในพื้นที่ปลูกข้าวโพดปีที่ 1 -3



ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ของผลผลิตข้าวโพด ปริมาณตะกอนดิน และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ
ในพื้นที่ปลูกข้าวโพด ปีที่ 1 -3



ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ของปริมาณตะกอนดิน มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสูญเสียธาตุอาหารหลักของพืชในดิน และมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่ปลูกข้าวโพด

4.7.35 การประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการลดการกร่อนของดิน ได้กำหนดขอบเขตของการประเมินมูลค่าในประเด็นสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมภายในพื้นที่ศึกษา ดังนี้

1) การลดการสูญเสียหน้าดิน

2) การลดปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารหลักในดิน ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียม ซึ่งอยู่ในรูปที่เป็นไอออน (ion) ที่ถูกดูดซับอยู่กับอนุภาคดิน

สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้อัตราการอนุรักษ์ดินและน้ำ ใช้คูรับน้ำขอบเขา (คันดินแบบที่ 6) ฐานคันดินกว้าง 1.5 เมตร ปริมาตรดิน ขุด-ถม 0.2 ลูกบาศก์เมตร เมื่อมีการประเมินราคาโดยใช้แรงงานคน ขุดคูรับน้ำขอบเขา (คันดินแบบที่ 6) พื้นที่ 1 ไร่ ใช้ระยะทางในแนวตั้ง (V.I.) = $(S+6)/10 = 4$ ม. พื้นที่ 1 ไร่ จะมีระยะความยาว 160 เมตร

การคิดงบประมาณ มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีการกล คูรับน้ำขอบเขา ดังนี้

คูรับน้ำขอบเขา (Hillside Ditch) (คันดินแบบที่ 6) 0.160 กิโลเมตร (1)

ปริมาตรดินขุดตัก โดยใช้แรงงานคน 200.00 ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลเมตร (2)

ปริมาณงาน (1)x(2) 32 ลูกบาศก์เมตร (3)

ค่าจ้างขุดโดยใช้แรงงานคน 188.93 บาทต่อลูกบาศก์เมตร (4)

ค่าก่อสร้างคูรับน้ำขอบเขา (คันดินแบบที่ 6) $(3) \times (4) = 6,045.76$ บาทต่อไร่

การคิดงบประมาณ มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีการพืช หญ้าแฝก ดังนี้ ค่าแรงปลูกหญ้าแฝก 1.2 บาทต่อกล้า ในพื้นที่ 1 ไร่ ถ้าพื้นที่ความชัน 35 เปอร์เซ็นต์ ปลูกแบบขวางความลาดเท ใช้แบบแถวเดี่ยว 6 แถว ระยะห่างระหว่างต้น 5 เซนติเมตร ใช้จำนวนกล้าหญ้าแฝก 240 ม.X 20 กล้า = 4,800 กล้า คิดเป็นเงิน 1.2 บาท X 4,800 กล้า = 5,760 บาทต่อไร่ จึงสรุปข้อมูลการประเมินมูลค่าของต้นทุนและผลตอบแทนสำหรับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแต่ละวิธีการ แสดงดังตารางที่ 41 กรณีมีการลงทุนจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในปีที่ 1 เป็นค่าแรงงานคนขุด คูรับน้ำขอบเขา การปลูกหญ้าแฝกตามแนวระดับจำนวน 1 แถว และคิดปริมาณมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ปุ๋ยที่สูญเสียไปกับตะกอนดิน เมื่อคำนวณมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสูญเสียธาตุอาหารในดินโดยใช้ข้อมูลจากปริมาณของธาตุอาหารในดินและประเมินมูลค่าของธาตุอาหารที่สูญเสียไปในแต่ละวิธีการทดลอง โดยธาตุไนโตรเจนใช้ราคาของปุ๋ยยูเรีย (46 เปอร์เซ็นต์ N) ราคา 675 บาทต่อ 50 กิโลกรัม เมื่อปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต สูตร 0-46-0 (46 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5) ราคา 980 บาทต่อ 50 กิโลกรัม และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์สูตร 0-0-60 (60 เปอร์เซ็นต์ K_2O) ราคา 1,250 บาทต่อ 50 กิโลกรัม (สำนักงานพาณิชย์จังหวัดน่าน, 2557)

ตารางที่ 41 การประเมินมูลค่าของต้นทุนและผลตอบแทนสำหรับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแต่ละวิธี

หน่วย : บาท/ไร่/ปี

กิจกรรม	มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในแปลงวิจัย				
1.1 ต้นทุนผันแปร	S1	S2	S3	S4	S5
1.ค่าแรงคนขุดคูรับน้ำขอบเขา	0	6,046.00	6,046.00	0	3,023.00
2.ค่าแรงปลูกหญ้าแฝก	0	5,760.00	2,880.00	5,760.00	5,760.00
3. ค่าเมล็ดพันธุ์ 4 กิโลกรัมต่อไร่	760.00	760.00	760.00	760.00	760.00
4. ค่าปุ๋ยเคมี		880.00	880.00	880.00	880.00
5. ค่าสารเคมีป้องกันกำจัดโรค แมลง วัชพืช	490.00	490.00	490.00	490.00	490.00
6. ค่าจ้างปลูกข้าวโพด	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
7. ค่าจ้างดูแลรักษาตายหญ้า ผิดพันธุ์ ใส่ปุ๋ย	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
8. ค่าเก็บเกี่ยวผลผลิต	600.00	600.00	600.00	600.00	600.00
9.การสูญเสียดินคิดเป็นมูลค่าปุ๋ย(บาท)	170.89	37.96	51.6	47.73	38.95
รวมต้นทุนผันแปร (Total variable cost : TVC)	2,521.00	15,074.00	12,207.00	9,038.00	12,052.00
1.2 ต้นทุนคงที่ (Total fixed cost: TFC)					
1. ค่าเช่าที่ดิน (บาท/ไร่/ปี)	0	0	0	0	0
Total Cost : รวมต้นทุนการผลิต (ผลรวม 1 ถึง 9) (บาท/ไร่)	2,521.00	15,074	12,207	9,038	12,052
2. ผลตอบแทน					
2.1 มูลค่าผลผลิตข้าวโพด (บาทต่อไร่)	6,215.20	12,728.80	13,312.00	13,997.60	11,729.60
ปริมาณผลผลิตข้าวโพด (กิโลกรัมต่อไร่)	776.90	1,591.10	1,664.00	1,749.70	1,466.20
ราคาขายได้เฉลี่ย (บาทต่อกิโลกรัม)	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
3. กำไรสุทธิ (บาท)	3,694.31	-2,344.92	1,104.64	4,959.87	-322.23
กำไรกรณีไม่คิดการลงทุนงานจัดระบบฯ	3,694.31	9,460.84	10,030.40	10,719.87	8,460.65

หมายเหตุ: S1=ไม่มีระบบอนุรักษ์ S2=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 ม.)+แถบหญ้าแฝก (V.I.=4 ม.) S3=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 ม.)+แถบหญ้าแฝก (V.I.=8 ม.) S4=แถบหญ้าแฝก V.I.=4 เมตร S5=คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=8 ม.)+แถบหญ้าแฝก (V.I.=4 ม.)

โดยการประเมินมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการลดการกร่อนของดินที่ได้จากรูปแบบ การปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เชิงอนุรักษ์ดินและน้ำแต่ละวิธี ได้ใช้วิธีการเปรียบเทียบราคาตลาด (Market price approach) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การประเมินมูลค่าการลดการสูญเสียหน้าดินของรูปแบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในระบบอนุรักษ์ดินและน้ำเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปริมาณการสูญเสียหน้าดินของรูปแบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เชิงอนุรักษ์แต่ละวิธี ประเมินมูลค่าโดยเปรียบเทียบมูลค่าจากราคาแม่ปุ๋ยของ กรมการค้าในปีปัจจุบัน เนื่องจากการซื้อขายปุ๋ยในท้องตลาดไม่มีการแยกขายเฉพาะปุ๋ย N P และ K เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง โดยไม่ผสม ดังนั้นการจะตีราคาของธาตุอาหาร N P และ K ให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่สุด ต้องเทียบกับราคาของแม่ปุ๋ยที่มีส่วนผสมของธาตุอาหารนั้นเป็นหลัก โดยประเมินมูลค่าของธาตุอาหารไนโตรเจน (N) เทียบกับราคาแม่ปุ๋ยไนโตรเจน (Urea) สูตร 46-0-0 มูลค่าของธาตุอาหารฟอสฟอรัส (P) เทียบกับราคาแม่ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต สูตร 0-46-0 และมูลค่าของธาตุอาหารโพแทสเซียม (K) เทียบกับราคาแม่ปุ๋ยโพแทสเซียม (MOP) สูตร 0-0-60 การกำหนดอัตราคิดลดของต้นทุนและผลตอบแทนสำหรับคำนวณมูลค่าปัจจุบันของ มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในวิธีการต่างๆ ดังนี้

การวิเคราะห์ต้นทุนและผลตอบแทน (Cost-Benefit Analysis: CBA) เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการประเมินความคุ้มค่าของโครงการ โดยโครงการที่ให้มูลค่าของผลตอบแทนสูงกว่ามูลค่าของต้นทุนถือได้ว่าเป็นโครงการที่ดีและมีความคุ้มค่าต่อการลงทุน อย่างไรก็ตามหากเปรียบเทียบมูลค่าของต้นทุนกับมูลค่าของผลตอบแทนเพื่อใช้ตัดสินใจที่จะเลือกโครงการที่เหมาะสมแก่การลงทุน จำเป็นต้องมีการปรับมูลค่าของเงินตาม เวลา (Time value of money) สำหรับรายการต้นทุนและผลตอบแทนทุกรายการให้อยู่บนฐานของเวลาเดียวกันในเบื้องต้น ตามแนวคิดที่ว่ามูลค่าของเงินจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามระยะเวลา

ในการพิจารณาเลือกรูปแบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เชิงอนุรักษ์ได้อย่างเหมาะสมต้องมีการ คำนวณหามูลค่าปัจจุบัน (Present value) ของทั้งต้นทุนและผลตอบแทนที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาในการดำเนินการ (ระยะเวลา 10 ปี) ของแต่ละวิธีการ ซึ่งการคำนวณอัตราคิดลด (Discounting) ได้ถูกนำมาใช้เพื่อ แปลงมูลค่าของเงินในอนาคต (Future Value: FV) ให้เป็นมูลค่าปัจจุบันสำหรับรายการต้นทุนและผลตอบแทน ทุกรายการของรูปแบบการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เชิงอนุรักษ์แต่ละวิธี ด้วยการใช้ตัวคูณมูลค่าปัจจุบัน หรือ $(1+i)^n$ ซึ่งเป็นส่วนกลับของตัวคูณมูลค่าในอนาคต (Future Value Interest Factor: FVIF) หรือ $(1+i)^n$ ดังนั้น ในการคำนวณหรือวิเคราะห์หามูลค่าปัจจุบันนั้นเป็นการคิดลดมูลค่าของเงินในอนาคต ทั้งนี้ การเลือกใช้อัตราคิดลด (Discount Rate) ที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากจะส่งผลอย่างมากต่อการคำนวณต้นทุนและ ผลตอบแทน โดยปกติการเลือกอัตราคิดลดเพียงค่าใดค่าหนึ่งค่อนข้างยากที่จะพิสูจน์ได้ว่าเป็นค่าที่เหมาะสม ซึ่งอาจใช้ช่วงค่าของอัตราคิดลดมาใช้ในการคำนวณเพื่อทดสอบความอ่อนไหวของผลการวิเคราะห์ CBA เมื่อ ค่าของตัวแปรที่ใช้ในการวิเคราะห์เปลี่ยนไปหรือกรณีที่มีข้อมูลตัวแปรมีความไม่แน่นอน การศึกษาครั้งนี้ ได้ใช้ โดยใช้อัตราคิดลดดอกเบี้ยเงินกู้หลักนี้ขั้นต่ำของ ธนาคารเพื่อการเกษตรและสหกรณ์การเกษตร (ธกส.) ร้อยละ 6.725 (ณ วันที่ 7 มีนาคม 2568) และใช้ช่วงของ อัตราคิดลดที่ร้อยละ 3 5 9 และ 12 ต่อปี ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหว (Sensitivity analysis) ของรูปแบบ การปลูกข้าวโพดเลี้ยง

สัตว์เชิงอนุรักษ์แต่ละวิธี สำหรับการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (PVC) และมูลค่า ปัจจุบันของผลตอบแทน (PVB) ของแต่ละวิธี ใช้สมการดังนี้

ความคุ้มค่าของวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำเมื่อรัฐบาลลงทุนไปแล้วโดยการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการในแต่ละวิธีของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในพื้นที่แปลงทดลองจังหวัดเชียงราย คิดอายุโครงการ 10 ปี โดยใช้อัตราคิดลดดอกเบี้ยเงินกู้ลูกหนี้ชั้นดีของ ธกส. ร้อยละ 6.725 (ณ วันที่ 7 มีนาคม 2568)

การวิเคราะห์ข้อมูล เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้แก่

1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) วิธีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ เป็นวิธีเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันของเงินสดไหลเข้า กับมูลค่าปัจจุบันของเงินสดไหลออกของการลงทุน ผลต่างของมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดเรียกว่า มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \dots \dots \dots (1)$$

NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

B_t = กระแสเงินสดในช่วงเวลาที่ t

C_t = ต้นทุนของโครงการในปีที่ t

R = อัตราคิดลด (Discount rate)

n = อายุของโครงการ

t = ช่วงเวลา (ปีที่ 1, 2, ..., n)

ปีที่ 0 คือปีที่มีการลงทุนเริ่มแรก (initial investment)

2) อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return : IRR) อัตราผลตอบแทนที่วิเคราะห์นี้ เป็นอัตราผลตอบแทนที่แท้จริงตลอดอายุโครงการการลงทุน ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของเงินสดไหลเข้า เท่ากับ มูลค่า ปัจจุบันของเงินสดออก ซึ่งจะอยู่ที่ค่าของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ เท่ากับ ศูนย์

$$IRR = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} = 0 \dots \dots \dots (2)$$

IRR = อัตราผลตอบแทนในการลงทุน

B_t = ผลตอบแทนของโครงการในปีที่ t

C_t = ต้นทุนของโครงการในปีที่ t

R = อัตราคิดลด (Discount rate)

n = อายุของโครงการ

t = ช่วงเวลา (ปีที่ 1, 2, ..., n)

ปีที่ 0 คือปีที่มีการลงทุนเริ่มแรก (initial investment)

3) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (Benefit/Cost Ratio : BCR) การหาค่าอัตราส่วนผลประโยชน์ต่อ ต้นทุนเป็นการหาอัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ที่ได้รับจากการลงทุน เป็นที่เท่าของมูลค่า ปัจจุบันของเงินลงทุนและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในโครงการที่ลงทุนนั้น

$$\text{อัตราส่วนรายได้ต่อต้นทุน} = \frac{\text{รายได้รวม}}{\text{ต้นทุนรวม}}$$

การพิจารณาอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR) คือ อัตราส่วนลด (Discount Rate) ที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value - NPV) ของกระแสเงินสดจากการลงทุน ทั้งหมดมีค่าเท่ากับศูนย์ คืออัตราผลตอบแทนต่อปีที่เราคาดว่าจะได้รับจากการลงทุน IRR ช่วยในการตัดสินใจลงทุน: โดยถ้า IRR สูงกว่าต้นทุนทางการเงินที่คาดหวัง ก็ถือว่าโครงการนั้นน่าสนใจ

อัตราผลกำไรของการลงทุน โดยมีหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ คือ ทำการเปรียบเทียบค่า IRR ที่คำนวณได้กับค่าของอัตราคิดลด หรือค่าเสียโอกาสเงินลงทุนที่เป็นเกณฑ์หรือมาตรฐานซึ่งกำหนดไว้ก่อนแล้ว ถ้าค่า IRR ที่คำนวณสูงกว่าอัตราคิดลดที่กำหนดแสดงว่า การลงทุนให้ผลคุ้มค่า แต่ถ้าต่ำกว่าแสดงว่าการลงทุนให้ผลไม่คุ้มค่า

การวิเคราะห์มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) ผลตอบแทนสุทธิของการลงทุนทำการเกษตรที่ปรับค่าตลอดอายุโครงการ โดยมีหลักเกณฑ์การตัดสินใจโครงการว่าถ้า NPV มีค่ามากกว่าศูนย์หรือมีค่าเป็นบวกแสดงว่าการทำการเกษตรนี้มีความเหมาะสมที่จะลงทุนได้ แต่ถ้า NPV มีค่าน้อยกว่าศูนย์ หรือมีค่าติดลบแสดงว่าโครงการนี้ไม่เหมาะสมที่จะลงทุน

อัตราคิดลด 6 เปอร์เซ็นต์-8 เปอร์เซ็นต์ ต่อปี ในการวิเคราะห์โครงการเกษตรระยะยาว (10-25 ปี) อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ ธกส. ลูกค้านั้นคือ = 6.725 เปอร์เซ็นต์ (ประกาศใช้เมื่อวันที่ 7 มี.ค. 2568) อัตราคิดลดทางสังคมของประเทศไทย (Social Discount Rate) โดยสภาพัฒน์ฯ ปี 2568 ที่ใช้วิเคราะห์โครงการลงทุนด้านโครงสร้างพื้นฐาน = 7 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนต่อต้นทุน (Discounted Benefit Cost Ratio: BCR) อัตราส่วนเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันเฉลี่ยต่อไร่ของผลตอบแทนกับต้นทุนทั้งหมดตลอดช่วงปีที่ทำการผลิต ใช้กับโครงการระยะยาว เช่น การลงทุนพัฒนาพื้นที่เกษตร 10-25 ปี โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจเลือกลงทุนในโครงการใดๆ คือ BCR ที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 1

การประเมินผลตอบแทนจากการลงทุนแบบปรับอัตราคิดลด (Discounted ROI) การเปรียบเทียบผลกำไร ที่ได้จากการลงทุนกับต้นทุน ที่ใช้ในการลงทุนตลอดโครงการ โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการตัดสินใจ พิจารณาจากค่าร้อยละที่มีค่าสูง สูตรการคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{Discounted ROI} &= \frac{(\text{มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน} - \text{มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน})}{\text{มูลค่าปัจจุบันของต้นทุน}} \times 100 \\ &= \frac{(\text{PVB} - \text{PVC})}{\text{PVC}} \times 100 \end{aligned}$$

ในการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแต่ละวิธี (Project sensitivity analysis) สำหรับการคำนวณหามูลค่าปัจจุบันของต้นทุน (PVC) และมูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน (PVB) ของแต่ละมาตรการ ใช้สมการดังนี้

$$PVB(\text{or } PVC) = \sum_{t=0}^n \frac{B_t (\text{or } C_t)}{(1+i)^t} \dots\dots\dots (3)$$

โดยที่ B_t = ผลตอบแทนในปีที่ t
 C_t = ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในปีที่ t
 i = อัตราส่วนลดหรืออัตราดอกเบี้ย
 t = ปีของโครงการที่ใช้คำนวณคือ ปีที่ 0, 1, 2, 3, ..., n
 n = อายุของโครงการ (20 ปี)
 ปีที่ 0 = ปีที่มีการลงทุนเริ่มแรก (Initial investment)

ดำเนินการเปรียบเทียบผลรวมของผลตอบแทนและต้นทุนที่อัตราส่วนลด (Discount Rate) ในช่วงต่างๆ (ร้อยละ 35.0 7.5 10.0 และ 12.0) ซึ่งทำให้ได้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) ของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำแต่ละวิธี โดยมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมและคุ้มค่าแก่การลงทุน ต้องมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิมากกว่า 0 หรือมีค่าเป็นบวก ซึ่งหมายความว่า มูลค่าของผลตอบแทน ที่ได้จากการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำดังกล่าว มีมากกว่าต้นทุน หรือค่าใช้จ่าย ตลอดอายุของการดำเนินการ ในช่วงระยะเวลา 10 ปี มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิสูงสุด ถือได้ว่าเป็นมาตรการ ที่มีประสิทธิภาพมากกว่ามาตรการอื่น สำหรับมูลค่าปัจจุบันสุทธิ มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$NPV = PVB - PVC = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \dots\dots\dots (4)$$

โดยที่ NPV = มูลค่าปัจจุบันสุทธิ
 PVB = มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับหรือผลตอบแทนของโครงการ
 PVC = มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่ายหรือต้นทุนของโครงการ
 B_t = ผลตอบแทนในปีที่ t
 C_t = ค่าใช้จ่ายในปีที่ t
 i = อัตราส่วนลดหรืออัตราดอกเบี้ย
 t = ปีของโครงการที่ใช้คำนวณคือ ปีที่ 0, 1, 2, 3, ..., n
 n = อายุของโครงการ (20 ปี)
 ปีที่ 0 = ปีที่มีการลงทุนเริ่มแรก (Initial investment)

อย่างไรก็ตาม การใช้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นเกณฑ์การตัดสินใจในการเลือกมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสมเพียงอย่างเดียว อาจมีข้อจำกัดในการจัดลำดับความเหมาะสมของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ทั้งนี้ การคำนวณอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (Benefit-Cost Ratio: B/C Ratio) สามารถนำมาใช้เพื่อพิจารณาถึง มูลค่าของผลตอบแทน ที่มีมากกว่า หรือน้อยกว่ามูลค่าของต้นทุน โดยอัตราส่วนระหว่าง มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทน กับมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่าย ตลอดอายุของการดำเนินมาตรการ

อนุรักษ์ดินและน้ำที่เหมาะสม ต้องมีค่ามากกว่า 1 หรืออย่างน้อยที่สุด เท่ากับ 1 ($B/C \geq 1$) สำหรับอัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน มีสูตรในการคำนวณดังนี้

$$B/C \text{ ratio} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}} \dots\dots\dots (5)$$

ตารางที่ 42 สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าของโครงการในแต่ละกระบวนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

วิธีการ	NPV	BCR	ROI
1) ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา+ไม่ใส่ปุ๋ย	26,527.12 บาท	2.50	150.36 %
2) คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 ม.) + แถบหญ้าแฝก (V.I.=4 ม.)	55,228.49 บาท	2.57	156.75 %
3) คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=4 ม.) + แถบหญ้าแฝก (V.I.=8 ม.)	62,395.82 บาท	2.94	193.71 %
4) แถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร)	70,299.21 บาท	3.41	240.92 %
5) คูรับน้ำขอบเขา (V.I.=8 ม.)+ แถบหญ้าแฝก (V.I.=4 ม.)	51,187.93 บาท	2.59	159.13 %

ที่มา: วิเคราะห์จากข้อมูลที่สำรวจ (2568)

จากตารางที่ 42 สรุปผลการวิเคราะห์ ความคุ้มค่าของโครงการในแต่ละกระบวนการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อายุโครงการ 10 ปี เนื่องจากเป็นพืชอายุสั้น ในที่มีการวิเคราะห์ด้วยตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์ 3 ตัว ได้แก่

NPV (Net Present Value) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ

BCR (Benefit-Cost Ratio) อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน

ROI (%) (Return on Investment) ผลตอบแทนจากการลงทุน

ขอสรุปและวิเคราะห์เป็นรายวิธีการ ดังนี้:

1) สรุปผลการวิเคราะห์ความคุ้มค่าในแต่ละวิธี

วิธีที่ 1: ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา และไม่ใส่ปุ๋ย

วิธีนี้เป็นรูปแบบการผลิตที่ไม่ได้มีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ และการปรับปรุงบำรุงดินอย่างเหมาะสม ส่งผลให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อยู่ในระดับต่ำเพียง 26,527.12 บาท อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR) อยู่ที่ 2.50 และอัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI) อยู่ที่ 150.36 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึง ความไม่คุ้มค่าทางเศรษฐกิจ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ

ผลการวิเคราะห์ต้นทุน - ผลตอบแทนของวิธีที่ 1 (ตารางผนวกที่ 50)

วิธีที่ 2: คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร)

การจัดการโดยผสมผสานระหว่างการทำคุ้รับน้ำขอบเขา และปลูกแถบหญ้าแฝกในระยะห่าง 4 เมตร ช่วยให้ผลตอบแทนเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยมี NPV เท่ากับ 55,228.49 บาท BCR ที่ 2.57 และ ROI ที่ 156.75 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นถึง การปรับปรุงด้านโครงสร้างพื้นที่ทำการเกษตร ที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจ ผลการวิเคราะห์ต้นทุน - ผลตอบแทนของวิธีที่ 2 (ตารางผนวกที่ 51)

วิธีที่ 3: คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=8 เมตร)

เมื่อเพิ่มระยะของแถบหญ้าแฝกเป็น 8 เมตร พบว่าผลตอบแทนทางเศรษฐกิจดีขึ้น โดย NPV เพิ่มขึ้นเป็น 62,395.82 บาท BCR ที่ 2.94 และ ROI ที่ 193.71 เปอร์เซ็นต์ แสดงถึงประสิทธิภาพที่ดีขึ้น จากการเพิ่มพื้นที่ในการอนุรักษ์ดินและน้ำ ผลการวิเคราะห์ต้นทุน - ผลตอบแทนของวิธีที่ 3 (ตารางผนวกที่ 52)

วิธีที่ 4: แถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) เพียงอย่างเดียว

วิธีนี้เป็นการใช้แนวหญ้าแฝกเพียงอย่างเดียวในการควบคุมการกร่อนของดิน โดยไม่ต้องลงทุนในระบบคุ้รับน้ำขอบเขา ซึ่งให้ผลตอบแทนดีที่สุดจากทุกวิธีที่ศึกษา โดยมี NPV สูงถึง 70,299.21 บาท BCR อยู่ที่ 3.41 และ ROI สูงถึง 240.92 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่า การใช้หญ้าแฝกอย่างเดียวสามารถให้ความคุ้มค่าสูงสุดในเชิงเศรษฐกิจ ผลการวิเคราะห์ต้นทุน - ผลตอบแทนของวิธีที่ 4 (ตารางผนวกที่ 53)

วิธีที่ 5: คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.=8 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร)

แม้จะมีการเพิ่มระยะห่างในแนวตั้ง คุ้รับน้ำขอบเขา (V.I.=8 เมตร) แต่ผลตอบแทนกลับต่ำลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับวิธีที่ใช้แถบหญ้าแฝกเพียงอย่างเดียว โดยมี NPV เท่ากับ 51,187.93 บาท BCR ที่ 2.59 และ ROI ที่ 159.13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแสดงว่าการเพิ่มการเพิ่มระยะห่างในแนวตั้ง (V.I.) อาจไม่ได้มีผลต่อประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจเท่ากับการเลือกใช้แฝกที่เหมาะสม ผลการวิเคราะห์ต้นทุน - ผลตอบแทนของวิธีที่ 5 (ตารางผนวกที่ 54)

2) เปรียบเทียบผลการศึกษาแต่ละวิธี

จากการเปรียบเทียบวิธีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำทั้ง 5 วิธี พบว่า ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีพืช วิธีที่ 4 ซึ่งใช้แถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) เพียงอย่างเดียว ให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจดีที่สุดในทุกตัวชี้วัด ไม่ว่าจะเป็นมูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน หรือผลตอบแทนจากการลงทุน ทั้งยังเป็นวิธีที่ลงทุนต่ำกว่าวิธีที่ต้องก่อสร้างระบบอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีกล คุ้รับน้ำขอบเขาร่วมด้วย

ในขณะที่วิธีที่ 3 และวิธีที่ 2 ซึ่งผสมผสานการใช้คุ้รับน้ำขอบเขาและแฝกก็ให้ผลตอบแทนในระดับดี รองลงมา โดยเฉพาะเมื่อใช้แถบหญ้าแฝกที่ระยะห่างคันดินเพิ่มขึ้นจะสามารถเพิ่ม ROI ได้อย่างมีนัยสำคัญ

ส่วนวิธีที่ 5 แม้จะมีระยะห่างในแนวตั้ง (V.I.) คุ้รับน้ำขอบเขา แต่ผลตอบแทนกลับไม่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ แสดงว่าระยะห่างในแนวตั้ง (V.I.) 8 เมตร ไม่ได้ส่งผลต่อความคุ้มค่ามากนักเมื่อเทียบกับการเพิ่มประสิทธิภาพของแถบหญ้าแฝก

สุดท้ายคือวิธีที่ 1 ซึ่งไม่มีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำหรือปรับปรุงดินเลย ให้ผลตอบแทนต่ำสุด สะท้อนถึงความสำคัญของการอนุรักษ์ดินและน้ำ ในการเพิ่มประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจ ของการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

4.8 สรุปผลการศึกษา

4.8.1 การปลูกข้าวโพดบนพื้นที่สูงที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ บนพื้นที่สูงสามารถใช้ได้ทั้งหญ้าแฝกทั้งสายพันธุ์สงขลา 3 และพันธุ์พระราชทาน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับวิธีการใช้คุ้มน้ำขอบเขา (ใช้ค่า V.I.4 เมตร หรือใช้ค่า V.I.8 เมตร) ร่วมกับการปลูกหญ้าแฝกด้านนอกคุ้มน้ำขอบเขา เป็นวิธีที่เหมาะสมในการแนะนำเกษตรกรในพื้นที่สูง

เมื่อพิจารณาการลงทุนจากต้นทุน กรณีไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ 2,521 บาทต่อไร่ ถ้ามีคุ้มน้ำขอบเขา (V.I.=4 ม.) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 ม.) ต้นทุน 15,074 บาทต่อไร่ ถ้ามีคุ้มน้ำขอบเขา (V.I.=4 ม.) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=8 ม.) ต้นทุน 12,207 บาทต่อไร่ ถ้ามีแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) ต้นทุน 9,038 บาทต่อไร่ ถ้ามีคุ้มน้ำขอบเขา (V.I.=8 ม.) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=4 ม.) ต้นทุน 12,052 บาทต่อไร่ และหากพิจารณามูลค่าเป็นเงินที่สูญเสียกับตะกอนดิน พบว่าการไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ จะมีตะกอนดิน (sediment) เฉลี่ยสูงที่สุด ส่งผลต่อมีมูลค่าเป็นเงินที่สูญเสียไป ในรูปแบบปุ๋ยที่ติดไปกับตะกอนดิน (total cost) เฉลี่ยสูงที่สุด ดังนั้น มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยใช้แถบหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) เพียงอย่างเดียว ช่วยลดการกร่อนของดิน โดยไม่ต้องลงทุนในระบบคุ้มน้ำขอบเขา ซึ่งให้ผลตอบแทนที่ดีที่สุด จากทุกวิธีที่ศึกษา โดยมี NPV สูงถึง 70,299.21 บาท BCR อยู่ที่ 3.41 และ ROI สูงถึง 240.92 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่า การใช้หญ้าแฝกอย่างเดียว สามารถให้ความคุ้มค่าสูงสุดในเชิงเศรษฐกิจ จากผลการศึกษาในครั้งนี้ สามารถสรุปเพื่อใช้เป็นแนวทางในการตัดสินใจทั้งในระดับเกษตรกรและระดับนโยบายได้ดังนี้

1) ระดับเกษตรกร: ควรให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยเฉพาะการใช้แถบหญ้าแฝกในระยะห่าง 4 เมตร ซึ่งสามารถให้ผลตอบแทนสูงสุดโดยไม่ต้องลงทุนสูงในโครงสร้างพื้นฐานเพิ่มเติม การเลือกใช้แฝกจึงเหมาะสมสำหรับเกษตรกรที่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณแต่ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

2) ระดับผู้กำหนดนโยบาย: ควรพิจารณา ส่งเสริมและสนับสนุนการใช้แถบหญ้าแฝกในพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เป็นนโยบายหลัก เนื่องจากมีต้นทุนต่ำแต่ให้ผลตอบแทนสูง และควรสนับสนุนให้เกษตรกรใช้เทคนิคการจัดการน้ำร่วมด้วยในกรณีที่มีทรัพยากรดิน อุดมสมบูรณ์ที่เพียงพอ

3) ด้านการวางแผนโครงการพัฒนา: ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้กำหนดรูปแบบมาตรการอนุรักษ์ที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ โดยเลือกวิธีการที่ให้ผลตอบแทนสูงแต่คุ้มค่าต่อการลงทุน รวมทั้งใช้เป็นข้อมูลในการจัดทำแผนยุทธศาสตร์ด้านการเกษตรแบบยั่งยืนในอนาคต

4.8.2 การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดิน หลังการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ พบค่าพีเอชของดินเพิ่มสูงขึ้น กรดจัดมาก (ค่าพีเอช 4.59-4.69) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นสูง (เปอร์เซ็นต์ OM 4.3-4.8) แต่ปริมาณฟอสฟอรัสในดินมี แนวโน้มลดลง (P ต่ำมาก= 1.0-1.1 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณธาตุโพแทสเซียมในดินมีแนวโน้มลดลง (K ต่ำ=44.47-53.47 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และ

สมบัติทางกายภาพของดินดีขึ้น โดยค่าความหนาแน่นรวมของดินลดลง (bulk density=1.07-1.08 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร)

4.8.3 การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพด ของวิธีการใช้ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ มีความสูงเฉลี่ย 114.33 เซนติเมตร ผลผลิตข้าวโพดจากแปลงทดลองที่มีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำแบบต่างๆ ให้ผลผลิตไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีผลผลิตเฉลี่ย 1,416.7-1,449.6 กิโลกรัมต่อไร่ แต่แปลงที่ไม่จัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำมีความแตกต่างกันทางสถิติ เป็นแปลงควบคุมไม่มีการใส่ปุ๋ย มีผลผลิตเฉลี่ย 735.8-852.4 กิโลกรัมต่อไร่

4.8.4 ปัจจัยสายพันธุ์หญ้าแฝก ค่าเฉลี่ยปริมาณการสูญเสียดิน ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ปัจจัยมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำมีความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเทียบกับไม่ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณการสูญเสียดินมากที่สุด เฉลี่ย 1,616.3 กิโลกรัมต่อไร่ วิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ สามารถลดปริมาณตะกอนดินได้ 34.88 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณตะกอนดินในวิธีการไม่ระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ

4.8.5 การสูญเสียธาตุอาหารที่ติดไปกับตะกอนดิน ถ้าไม่มีวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำ ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 3.74 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป ในรูป P_2O_5 เท่ากับ 0.571 กิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียม ได้ K_2O เท่ากับ 0.475 กิโลกรัม แต่เมื่อจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำจะมีค่าเฉลี่ยการสูญเสียธาตุอาหารในดินน้อยกว่า คือ ปริมาณไนโตรเจน (total N) ที่สูญเสียไปเท่ากับ 0.83-0.86 กิโลกรัมต่อไร่ ปริมาณฟอสฟอรัสที่สูญเสียไป ในรูป P_2O_5 เท่ากับ 0.18-0.20 กิโลกรัม ปริมาณโพแทสเซียม ได้ K_2O เท่ากับ 0.19-0.20 กิโลกรัม

4.8.6 จากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร(Pearson Correlation) การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA Hypothesis Testing) จากการวิเคราะห์ทางสถิติแบบพารามेटริกซ์ และ Mann Whitney U Test, Kruskal Wallis Test จากการวิเคราะห์ทางสถิติแบบนอนพารามेटริกซ์ พบว่าชนิดของหญ้าแฝกไม่ส่งผลต่อค่าของตัวแปรอื่นๆ ได้แก่ ตะกอนดิน(sediment), ค่าพีเอชของดิน (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (OM) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) ความหนาแน่นของดิน (Bulk density) ความสูง (height) ผลผลิตข้าวโพด (Yield) ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน (total N) ปริมาณปุ๋ย 0-46-0 (P_2O_5) ปริมาณปุ๋ย 0-0-60 (K_2O) มูลค่าปุ๋ยฟอสเฟตที่ติดไปกับตะกอนดิน (cost 0-46-0) มูลค่าปุ๋ยโพแทสเซียมที่ติดไปกับตะกอนดิน (cost 0-0-60) มูลค่าปุ๋ย N ที่ติดไปกับตะกอนดิน (cost 46-0-0) และผลรวมเงินจากมูลค่าปุ๋ยเคมี ที่ติดไปกับตะกอนดิน (total cost)

จากการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (Pearson Correlation) พบว่าเมื่อค่าตะกอนดิน(sediment) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสเซียม (K) ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน (total N) ปริมาณปุ๋ย 0-46-0 (P_2O_5) และปริมาณปุ๋ย 0-0-60 (K_2O) เพิ่มขึ้น จะทำให้ผลผลิตข้าวโพดเพิ่มขึ้น และหากค่าของตัวแปรเหล่านี้ลดลง จะทำให้ผลผลิตข้าวโพดลดลงตาม อีกทั้งยังพบว่าเมื่อค่าตะกอนดิน(sediment) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์(P) โพแทสเซียมที่สกัดได้ (K) ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน (total N) ติดไปกับตะกอนดิน ปริมาณปุ๋ย 0-46-0 (P_2O_5) ติดไปกับตะกอนดิน และปริมาณปุ๋ย 0-0-60 (K_2O) ติดไปกับตะกอนดิน มีความสัมพันธ์กันเชิงบวก นั่นคือหากค่าใดค่าหนึ่งเพิ่มขึ้นหรือลดลง ค่าอื่นๆ ก็จะเป็นเพิ่มขึ้นหรือลดลงเช่นเดียวกัน การเปรียบเทียบการใช้มาตรการ

อนุรักษ์ดินและน้ำในคู่อื่นๆ ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (sub plot 1) มีมูลค่าเป็นเงินที่สูญเสียไปรูปแบบปุ๋ยที่ติดไปกับตะกอนดิน (total cost) เฉลี่ยสูงที่สุด

4.9 เป้าหมายของงาน: ระบุถึงผลลัพธ์ที่ต้องการจากงานที่ทำคืออะไร กลุ่มเป้าหมายของงานคือใคร และกำหนดเป้าหมายไว้อย่างไร

4.9.1 ได้ฐานข้อมูลสมบัติของดินและการสูญเสียดิน และปริมาณของธาตุอาหารพืชที่ติดไปกับตะกอนดิน เมื่อมีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในรูปแบบที่แตกต่างกัน

4.9.2 ได้ข้อมูลการรูปแบบวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีพืชและวิธีกล ในรูปแบบที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นข้อมูลที่สามารถนำไปถ่ายทอดแก่เกษตรกรในพื้นที่ เพื่อมุ่งให้เห็นความสำคัญของการอนุรักษ์ดินและน้ำ การจัดการธาตุอาหารเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวโพดต่อไป

5. ผลสำเร็จของงาน (เชิงปริมาณ/คุณภาพ)

ผลสำเร็จของงานหลังการดำเนินงานประกอบด้วยผลสำเร็จของงานในเชิงปริมาณได้แก่ฐานข้อมูลการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี เช่น ค่าพีเอชของดิน ปริมาณธาตุอาหารหลัก และการให้ผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในพื้นที่สูง และแนวทางการลดการชะล้างพังทลายหน้าดิน และผลสำเร็จในเชิงคุณภาพคือมีฐานข้อมูลรูปแบบวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีพืชและวิธีกล เป็นรูปแบบที่ทำให้ลดต้นทุน สำหรับถ่ายทอดองค์ความรู้แก่เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพด ที่มาจากการทดลองในพื้นที่ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริงในพื้นที่

5.1 เชิงปริมาณ

5.1.1 เมื่อมีระบบอนุรักษ์ดินและน้ำร่วมวิธีกลและวิธีพืชสำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น

5.1.2.การลดการสูญเสียหน้าดินด้วยระบบอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีกล (คูรับน้ำขอบเขา) เมื่อเพิ่มค่าระยะห่างในแนวตั้ง (V.I.) เป็น 2 เท่า จะมีแนวโน้มทำให้ประหยัดงบประมาณในการขุดคูรับน้ำขอบเขา(คันดิน) ทั้งนี้เนื่องจากช่วยลดตะกอนดินได้เช่นเดียวกัน สำหรับการใช้หญ้าแฝก ปลูกตามค่า V.I. แนวขวางความลาดชัน จะเป็นการลดตะกอนดินได้และมีต้นทุนต่ำกว่า ใช้แรงงานคนขุดคูรับน้ำขอบเขา (คันดิน)

5.1.3 การสูญเสียธาตุอาหารที่ติดไปกับตะกอนดิน หากไม่มีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ แนวโน้มในปีต่อไปส่งผลให้ต้องมีการใส่ปุ๋ยเพิ่มขึ้น เกษตรกรจะมีต้นทุนที่เพิ่มขึ้น

5.2 เชิงคุณภาพ

5.2.1 การถ่ายทอดองค์ความรู้ผลการวิจัยมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีพืชและวิธีกลสู่เกษตรกรและผู้สนใจ ให้มีส่วนร่วมในพื้นที่เขตพัฒนาที่ดิน และนำไปขยายผลในพื้นที่ชุมชนต่อไป

5.2.2 เกษตรกรมีความเป็นอยู่ดีขึ้น จากการใช้แนวทางการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่ลาดชัน และมีการใช้ประโยชน์ที่ดินในการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้อย่างยั่งยืน

5.2.3 แนวทางแนะนำการจัดการพื้นที่ที่มีปัญหาการกร่อนของดิน มีความลาดชัน 35 เปอร์เซ็นต์ ให้เกิดความยั่งยืนทั้งการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งแวดล้อมของพื้นที่ และหากไม่มีการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำหรือปรับปรุงดินเลย ให้ผลตอบแทนต่ำที่สุด สะท้อนถึงความสำคัญของการอนุรักษ์ดินและน้ำ ในการเพิ่มประสิทธิภาพทางเศรษฐกิจของการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

6. การนำไปใช้ประโยชน์/ผลกระทบ

ปัญหาการใช้ที่ดินบนพื้นที่สูง ถือเป็นข้อจำกัดหนึ่งของการทำเกษตร ซึ่งก่อให้เกิดการกร่อนของดิน ดินขาดการปรับปรุงบำรุงดิน ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ประกอบกับเกษตรกรมีใช้ประโยชน์พื้นที่มาเป็นระยะเวลานานหลายปี ทำให้ประสิทธิภาพของดินและธาตุอาหารในดินลดลง พร้อมทั้งเกษตรกรยังขาดทักษะองค์ความรู้ด้านการจัดการดินและน้ำอย่างเหมาะสม จึงจำเป็นต้องมีการส่งเสริมองค์ความรู้ด้านการอนุรักษ์ดินและน้ำ การจัดการดินและน้ำให้มีความเหมาะสมต่อสภาพพื้นที่ของเกษตรกร ซึ่งพื้นที่ศึกษาจะอยู่ในเขตพัฒนาที่ดินเป็นตัวแทนของปัญหาที่จะต้องเร่งดำเนินการเป็นอันดับแรกในพื้นที่ตอนบนของกลุ่มน้ำ โดยการศึกษาวิจัยด้านอนุรักษ์ดินและน้ำในเขตพัฒนาที่ดินกลุ่มน้ำ (ภาพที่ 16) เน้นการพัฒนาเกษตรกรให้มีความรู้เพื่อลดการก่อให้เกิดการกร่อนของดิน ลดต้นทุนและให้เกษตรกรสามารถใช้ประโยชน์ในการพัฒนาพื้นที่ทางการเกษตรได้อย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน



ภาพที่ 18 แผนที่ขอบเขตกลุ่มน้ำจัน

7. ความยุ่งยากและซับซ้อนในการดำเนินการ

การดำเนินงานศึกษาการ ต้องมีการใช้ความรู้ความสามารถที่หลากหลาย การที่จะทำงานให้สำเร็จ มีปัจจัยหลายประการที่จะนำไปสู่ความซับซ้อนในการดำเนินงาน ได้แก่

7.1 ความยุ่งยากในการคัดเลือกแปลงศึกษาทดลอง ที่ต้องใช้แปลงปลูกพืชไร่ ข้าวโพด ซึ่งเป็นดินในความลาดชันเดียวกัน เพื่อเป็นตัวแทนที่ดีของงานจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ รวมทั้งลดความคลาดเคลื่อนของการทดลอง ควบคุมให้ความแตกต่างที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากปัจจัยของสิ่งทดลองมากที่สุด

7.2 การสร้างความเข้าใจอันดีกับเกษตรกรเจ้าของแปลงที่คัดเลือกมาเป็นแปลงศึกษาวิจัยให้มีความเข้าใจในขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย และแนวปฏิบัติตามแผนการวิจัยเพื่อให้งานวิจัยสามารถดำเนินการได้ตลอดแผนการวิจัย

7.3 ความซับซ้อนในการวางแผนแปลงทดลองแบบ Split plot in RCBD (Split plot in Randomized Complete Block Design) ที่มีการศึกษาปัจจัยหลัก และปัจจัยรอง การแปลผลและสรุปผลการทดลอง

7.4 ต้องอาศัยข้อมูลการวิเคราะห์ดินและการแปลผลค่าวิเคราะห์ดินและวิเคราะห์ปริมาณตะกอนดินที่ถูกต้อง การคิดเป็นมูลค่าทางเศรษฐกิจ ซึ่งมีการทำงานและประสานงานร่วมกันทั้งนักวิชาการเกษตร นักวิทยาศาสตร์ และนักเศรษฐศาสตร์

8. ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินการ

พื้นที่แปลงศึกษาทดลองวิจัย ในพื้นที่ลาดชัน ถนนลูกรังมีความชันสูง ทางเข้าพื้นที่แปลงทดลอง มีดินสไลด์ปิดถนนบางช่วง ต้องใช้ความระมัดระวังในการเดินทางช่วงฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม-สิงหาคม) พนักงานขับรถยนต์ ต้องมีความชำนาญทาง เพื่อนำทีมผู้วิจัยไปดำเนินการเก็บข้อมูล และต้องอาศัยล่ามที่เป็นหมอดินอาสา ช่วยในการประสานงานสื่อสารด้วยภาษาท้องถิ่น ระหว่างเจ้าของแปลง และคนงานที่มาช่วยสร้างแปลงทดลอง และเก็บข้อมูลดิน พืช

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 แนวทางการเพิ่มระยะห่างของคันดิน (Bank spacing) ในพื้นที่การเกษตร เพื่อป้องกัน มิให้เกิดการชะล้างเป็นแบบริ้วหรือร่องในระหว่างคันดิน ซึ่งการที่จะเกิดหรือไม่เกิดการชะล้างแบบริ้ว เกิดเมื่อน้ำไหลบ่ามีความลึกและความเร็วมากขึ้น sheet erosion คือร่องน้ำขนาดเล็กมาก ๆ จนมองด้วยตาเปล่าไม่ออกสานกันเป็นร่างแห ดังนั้นเมื่อร่องน้ำลึกมากขึ้น ไหลเร็วขึ้น ร่องเล็ก ๆ พวกนั้นจะรวมเป็นร่องใหญ่ขึ้น ทุกที่จนกลายเป็นการกร่อนแบบริ้ว (rill erosion) มีการเสนอแนะเชิงนโยบายเพิ่มในคู่มือการอนุรักษ์ดินและน้ำในประเทศไทย ทางเลือกในการเพิ่มค่า V.I. เป็น 2 เท่า สามารถลดงบประมาณการสร้างคูรับน้ำขอบเขา (คันดิน) ลดการกร่อนของดินได้

9.2 ควรมีการเปรียบเทียบต้นทุน และผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ของแต่ละวิธีการทดลอง ในพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ เช่น การปลูกไม้ผล ของหน่วยงานสถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง โครงการพัฒนาที่สูง แบบโครงการหลวงแม่สลอง เพื่อให้เกษตรกรเห็นว่าประโยชน์ ของการจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำ สร้างรายได้เพิ่ม ซึ่งสามารถช่วยเพิ่มการยอมรับแก่เกษตรกร เมื่อมีการนำผลจากการศึกษาทดลองไปขยายผลต่อไป

9.3 ควรส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากหญ้าแฝก เพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีพืช เป็นแนวทาง ลดต้นทุนงาน ป้องกันการกร่อนของดิน สามารถนำหญ้าแฝกเป็นแถบพืชตามแนวระดับ มีการสะสม อินทรีย์วัตถุในดิน ความชื้นในดิน และความอุดมสมบูรณ์ของดินที่เพิ่มขึ้น และการนำไปส่งเสริมขยายผลด้าน การทำผลิตภัณฑ์จากใบหญ้าแฝก ส่งเสริมการสร้างรายได้เสริม พื้นที่เกษตรเชิงท่องเที่ยวเชิงนิเวศน์

10. การเผยแพร่ผลงาน

10.1.1 นำเสนอผลงานภาคนิทรรศการ ในการประชุมวิชาการกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2560 “วิชาการพัฒนาที่ดิน ขับเคลื่อนคุณภาพชีวิตเกษตรกรสู่ความยั่งยืน” วันที่ 19-21 กรกฎาคม 2560 ณ โรงแรมสยามออเรียลทอลล์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ได้รับรางวัลชมเชย ผลงานวิชาการสาขาอนุรักษ์ ดินและน้ำ

<https://e-library.ldd.go.th/library/flip/bib9737f/bib9737f.html>



10.2.2 การนำผลงานวิจัยการใช้คูรับน้ำขอบเขา ลดการชะล้างพังทลายหน้าดิน เข้าร่วมเป็นส่วนหนึ่งของ โครงการต้นแบบการพัฒนาที่ดินบนที่สูง “ผลสำเร็จลดการชะล้างพังทลายของดิน” ลดมลพิษทางดิน Be the Solution to soil Pollution เขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำ น้ำแม่จัน จังหวัดเชียงราย

<https://www.facebook.com/watch/?v=2239901229619205>





ภาพที่ 19 รับโลรางวัลชมเชยผลงานวิชาการภาคบรรยายสาขาอนุรักษดินและน้ำในการประชุมวิชาการ กรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ. 2561



ภาพที่ 20 นำเสนอผลงานวิจัยสาขาอนุรักษดินและน้ำโครงการต้นแบบการพัฒนาที่ดินบนที่สูง

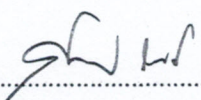
11. ผู้มีส่วนร่วมในผลงาน

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

11.2 นางสาวมยุรี ปละอุด ตำแหน่ง นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ มีหน้าที่ จัดทำแปลงวิจัย ตามวิธีการที่กำหนด เก็บข้อมูล และรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน สัดส่วนร้อยละ 10

11.3 นางสาวสุภาพร สินศิริวัฒนา ตำแหน่ง นักสำรวจดินชำนาญการ มีหน้าที่ จัดทำสำรวจข้อมูลดิน และรวบรวมข้อมูลพื้นฐาน สัดส่วนร้อยละ 10

ขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

(ลงชื่อ)..... 

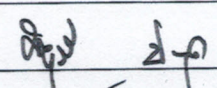
(นางสุนีย์รัตน์ โลหะโชติ)

ตำแหน่ง นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ

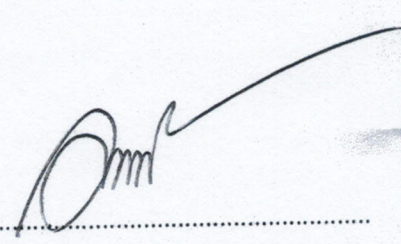
ผู้ขอประเมิน

วันที่ 22 / พ.ค. / 2569.....

ขอรับรองว่าสัดส่วนการดำเนินการข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ (ถ้ามี)

รายชื่อผู้มีส่วนร่วมในผลงาน	ลายมือชื่อ
นางสาวมยุรี ปละอุด	
นางสาวสุภาพร สิ้นศิริวัฒนา	

ได้ตรวจสอบแล้วขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

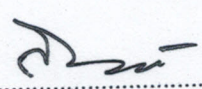
ลงชื่อ..... 

(นายเอนก ดีพรมกุล)

ตำแหน่ง ผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7

(ผู้บังคับบัญชาที่ควบคุมดูแลการดำเนินการ)

วันที่ 22 / พ.ค. / 2569.....

ลงชื่อ..... 

(นางสาวสุมิตรา วัฒนา)

ตำแหน่ง อธิบดีกรมพัฒนาที่ดิน

(ผู้บังคับบัญชาที่เหนือขึ้นไป)

วันที่ 28 / พ.ค. / 2569.....

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรน้ำ. 2551. การบริหารจัดการลุ่มน้ำ. กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ. 89 หน้า.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2534. คู่มือเจ้าหน้าที่ เรื่อง การอนุรักษ์ดินและน้ำ. ฝ่ายพัฒนาบุคคล กองการเจ้าหน้าที่ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 175 หน้า.
- _____. 2544. นิยามและทางเลือกมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ. กลุ่มอนุรักษ์ดินและน้ำ กองอนุรักษ์ดินและน้ำ. กรุงเทพฯ. 93 หน้า.
- _____. 2546. 40 ปี ของการอนุรักษ์ดินและน้ำให้กับผืนแผ่นดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 94 หน้า.
- _____. 2547. คู่มือปฏิบัติงานการทำการแปลงวิจัย. การจัดการดินที่เหมาะสมเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวโพดตามกลุ่มชุดดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 38 หน้า.
- _____. 2551. พระราชบัญญัติพัฒนาที่ดิน พ.ศ.2551. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 16 หน้า.
- _____. 2553. คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่อง การอนุรักษ์ดินและน้ำในเขตพัฒนาที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 284 หน้า.
- _____. 2555. ตามรอยพระบาทจอมปราชญ์แห่งการพัฒนาที่ดิน ครบรอบ 49 ปี กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 168 หน้า.
- _____. 2556. การชะล้างพังทลายของดินและการอนุรักษ์ดินและน้ำ: ชุดองค์ความรู้กึ่งศตวรรษพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 40 หน้า.
- _____. 2558. สถานภาพทรัพยากรดินและที่ดินของประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 312 หน้า.

- _____. 2563. สถานภาพการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 199 หน้า.
- _____. 2567ก. การอนุรักษ์ดินและน้ำในประเทศไทย. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 132 หน้า.
- _____. 2567ข. **หญ้าแฝกเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำ**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 127 หน้า.
- กรวิกา รัตนพนันท์, 2552. **ศึกษาประสิทธิภาพปุ๋ยอินทรีย์คุณภาพสูงทดแทนปุ๋ยเคมี เพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จังหวัดลำปาง**. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, เชียงใหม่. 18 หน้า.
- กรมวิชาการเกษตร. 2547. **ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์**. เอกสารวิชาการ ที่ 11/2547 กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 116 หน้า.
- กรมอุตุนิยมวิทยา. 2560. **สถิติภูมิอากาศ พ.ศ. 2557-2559**. กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กรุงเทพฯ. 164 หน้า.
- กลุ่มกายภาพดิน. 2537. **คู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินทางกายภาพ**. กองวิเคราะห์ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 34 หน้า.
- เกษม จันทรแก้ว. 2551. **หลักการจัดการลุ่มน้ำ**. พิมพ์ครั้งที่ 1. วิทยาลัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 341 หน้า. ISBN 978-974-9934-66-1.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2536. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 720 น.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548ก. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น**. พิมพ์ครั้งที่ 10 ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 547 หน้า.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548ข. **ระบบข้อมูลดินและธาตุอาหารพืชเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 140 หน้า.

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

_____. 2556. เอกสารประกอบคำบรรยายหลักสูตรการพัฒนาและประยุกต์ใช้ความรู้ด้านดิน ธาตุอาหารพืช และผลวิเคราะห์ดินในการปฏิบัติงานส่งเสริมพัฒนาที่ดิน เรื่องดินและปุ๋ยการจัดการดินและแผนการใช้ที่ดิน. สำนักวิจัยและพัฒนาการจัดการที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 115 หน้า.

จินตนา มานพพงศ์ สำราญ สมบัติพานิช พิพัฒน์ ไทยกล้า และ เกียรติ มีทองคำ. 2534. ผลของการสูญเสียหน้าดินชุดต่างๆ ต่อผลผลิตพืชเศรษฐกิจบางชนิด. ในรายงานวิชาการกองอนุรักษ์ดินและน้ำ ฉบับคัดย่อ ปี พ.ศ. 2520-2532. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. หน้า 20.

ชูจิตต์ สงวนทรัพย์ากร. 2553 การใช้ประโยชน์ข้อมูลจากผลวิเคราะห์ดินเพื่อการปรับปรุงบำรุงดิน. คู่มือเจ้าหน้าที่รัฐ การอนุรักษ์ดินและน้ำในเขตพัฒนาที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. หน้า 247-269.

ชูศักดิ์ จอมพุท. 2558. Statistical Tool for Agricultural Research. USER'S MANUAL. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 60 หน้า.

ชนิษฐา พันธุ์เมือง. 2562. ผลของสมบัติกำลังรับแรงเฉือนของดินและความชื้นในดินต่อความคงทนของเม็ดดินในพื้นที่เสี่ยงภัยการเกิดลาดดินถล่ม. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 184 หน้า.

ไชยสิทธิ์ เอนกสัมพันธ์. 2531. สาเหตุและวิธีป้องกันการกร่อนของดินในการอนุรักษ์ดินและน้ำ. คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่อง การอนุรักษ์ดินและน้ำ. ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ สำนักงานเลขาธิการ กรม กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. หน้า 17-30.

ดารากร อัคราศรี, จารุณี ภิหลุมวงศ์, อติเรก ปัญญาลือ, อัปสร วิทย์ประภารัตน์, กมลทิพย์เรารัตน์, พันธุ์ทิพย์ นนทรี, รียา มิตตา, เจษฎา จงใจดี, ชฎาพร อุปนันท์, ขวลิศ นิมิตรศิลป์และสุวิมล ศรีกันยา. 2558. โครงการย่อยที่ 1 การวิจัยการฟื้นฟูระบบเกษตรยั่งยืนในพื้นที่ขยายผลโครงการหลวงโป่งคำ. รายงานฉบับสมบูรณ์.สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง (องค์การมหาชน) อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่. 121 หน้า.

ถนนม คลอดเพ็ง. 2528. **ปฐพีศาสตร์เบื้องต้น**. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษ์ศาสตร์
คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 312 หน้า.

ทงศ์ศักดิ์ ประไทย, ประกิจ ดวงแก้ว, มยุรี ปละอุด, ทองพูน เฉิดสมบุรณ์. 2552. **วิธีการเพิ่มประสิทธิภาพ
ของปุ๋ยเคมีในการผลิตข้าวโพด ชุดดินหนองมด (Nm) กลุ่มชุดดินที่ 29 อำเภอแม่สรวย จังหวัด
เชียงราย**. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
26 หน้า.

ทงศ์ศักดิ์ ประไทย, ประกิจ ดวงแก้ว, มยุรี ปละอุด และทองพูน เฉิดสมบุรณ์. 2554. **การศึกษาระยะห่างที่
เหมาะสมของคูรับน้ำขอบเขาเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำบนพื้นที่สูง ชุดดินหนองมด (Nm)
กลุ่มชุดดินที่ 29 อำเภอแม่สรวย จังหวัดเชียงราย**. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 31 หน้า.

นิวัติ เรืองพานิช. 2547. **หลักการจัดการลุ่มน้ำ**. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะวนศาสตร์ ภาควิชาชีววิทยา
ป่าไม้ ในระบบงานจัดระบบอนุรักษ์ดินและน้ำในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำน่าน จังหวัดน่าน. พิมพ์ครั้งที่ 3.
กรุงเทพฯ. 453 หน้า.

บรรเจิด พลากร. 2523. **ทรัพยากรที่ดิน**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
223 หน้า.

บุญเดียว บุญหมั่น, ศศิธร วิสัย และสาธิต กาละพวก, 2566. **การศึกษาปริมาณการสูญเสียดินและน้ำไหลบ่า
ในพื้นที่สูง จากการปลูกมะคาเดเมียผสมพืชไร่ ร่วมกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ**. สำนักงาน
พัฒนาที่ดินเขต 8 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 41 หน้า.

ปทานุกรมปฐพีวิทยา. 2541. **ปทานุกรมปฐพีวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
กรุงเทพฯ. 169 หน้า. 974-553-532-1.

ประคัลภ์ กรุดเจริญ, วรางคณา สงวนพงษ์ และ ศรชัย คุ่มสุข. 2557. **การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน
เพื่อการจัดการและการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในพื้นที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อัน
เนื่องมาจากพระราชดำริ**. ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัด
เชียงใหม่. 10 หน้า.

ปิยพร ศรีสม, จินดา ศิริตา, ปิยดา ยศสุนทร, วลีพรรณ รกิตกุล และ สุภาวดี แก้วพามา. 2560. การประเมินคุณภาพดินเพื่อใช้ทางการเกษตร ในพื้นที่หมู่บ้านนางแลใน ตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย. วารสารการวิจัยการสะลองคำ. วารสารฉบับพิเศษ เนื่องจากในโอกาสครบรอบ 44 ปีการก่อตั้งมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายฉบับที่ 11 เล่มที่ 3 ฉบับพิเศษ กรกฎาคม-ธันวาคม 2560.

ผการัตน์ รัฐเขตต์. 2535. ดินป่าไม้. ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น. 176 หน้า.

พิทยากร ลิ้มทอง. 2553. ทรัพยากรดินและแนวทางการจัดการดินที่มีปัญหาของประเทศไทย. คู่มือเจ้าหน้าที่รัฐ การอนุรักษ์ดินและน้ำในเขตพัฒนาที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. หน้า 1-14.

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

ภรภัทร นพมาลัย, ศรัญญพงศ์ ชัยวัฒนกุล, กมลภา วัฒนประพัฒน์, สุนิย์รัตน์ โลหะโชติ, อีสริยา มีสิงห์ และ ประทีป กุลณาวงค์. 2558. 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.

มัลลิกา แก้วปิยะทรัพย์, ศรัญญพงศ์ ชัยวัฒนกุล. และประทีป กุลณาวงค์. 2560 ศึกษาการใช้หญ้าแฝกร่วมกับคันดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของยางพารา ในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำแห้ง อำเภอนาน้อย จังหวัดน่าน. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 75 หน้า.

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

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

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

ราชบัณฑิตยสถาน. 2525. **พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน**. อักษรเจริญทัศน์. กรุงเทพฯ. 972 น.

ลาวรรณ พร้อมสุข, เสาวนุช ถาวรพุกษ์ และ เอิบ เขียวรีนรมณ์. 2556. การประเมินคุณภาพดินเพื่อใช้ทางการเกษตรในพื้นที่ลุ่มน้ำป่าสัก ส่วนที่ 2 จังหวัดเพชรบูรณ์, **แก่นเกษตร** 41 (2) (พิเศษ): 137-146.

วิจิตร วังใน. 2552. **ธาตุอาหารกับการผลิตพืชผล**. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 372 หน้า. ISBN 978-974-660-001-9.

วันรัก ปรางค์วัฒนากุล, ศรัญญพงศ์ ชัยวัฒนกุล และบุษบา อนุจรพันธ์. 2557. **การศึกษาระยะห่างที่เหมาะสมของคูรับน้ำขอบเขาเพื่อปลูกข้าวไร่บนพื้นที่สูง ในพื้นที่จังหวัดน่าน**. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 26 หน้า.

ศรัญญพงศ์ ชัยวัฒนกุล. 2559. **การศึกษามาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำในแปลงปลูกมะคาเดเมียที่มีผลต่อการสูญเสียดินและความชื้นของดินบนพื้นที่สูงในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำแม่จันทอนบน ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย**. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 130 หน้า.

ศรัญญพงศ์ ชัยวัฒนกุล. 2549. **ศึกษารูปแบบการอนุรักษ์ดินและน้ำด้วยหญ้าแฝกร่วมกับการใช้ปุ๋ยเพื่อเพิ่มผลผลิตข้าวโพดบนพื้นที่ลาดชันในกลุ่มชุดดินที่ 31 จังหวัดพะเยา**. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 93 หน้า.

ศุภชาติ วรรณวงษ์. 2545. **ความผันแปรของความชื้นในดินจากการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบต่างๆ ที่ลุ่มน้ำเวียง จังหวัดขอนแก่น**. ใน รายงานการประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี 2545. วันที่ 16-17 กันยายน 2545 อาคารกริต สามะพุทธิ. กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. หน้า 280-287.

- สถาพร ใจอารีย์. 2556. เอกสารวิชาการ แนวทางการวางระบบการพัฒนาที่ดินในพื้นที่ภาคกลางของประเทศไทย. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 1 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 83 หน้า.
- สมเจตน์ จันทรวัฒน์. 2522 การอนุรักษ์ดินและน้ำ เล่มที่หนึ่ง: การพังทลายของดิน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คณะเกษตร ภาควิชาปฐพีวิทยา กรุงเทพฯ. 203 หน้า.
- สาธิต กาละพวก, พัฒน์พงษ์ เกิดหล้า, ชุตินา จันทรเจริญ, ทราญแก้ว อนาคต, เทอดศักดิ์ อนาคต และ พิลาสลักษณ์ ลีรุ่งเจริญ. 2562. การสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการกร่อนดินภายใต้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำโดยวิธีกลร่วมกับวิธีพืชในพื้นที่ปลูกข้าวโพด จังหวัดอุดรธานี. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 50 หน้า.
- สาธิต กาละพวก, พัฒน์พงษ์ เกิดหล้า, ชุตินา จันทรเจริญ, ทราญแก้ว อนาคต, เทอดศักดิ์ อนาคต และ นงลักษณ์ พรหมเจริญ. 2564. การสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการกร่อนดินในพื้นที่ปลูกข้าวโพดที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำวิธีกลร่วมกับพืชตระกูลแตง. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 8 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 57 หน้า.
- สุนิย์รัตน์ โลหะโชติ. 2557. ผลของการไถพรวนในระบบปลูกพืชเพื่อการอนุรักษ์ดินและน้ำที่มีต่อการสูญเสียดิน บนพื้นที่ดอน ชุดดินหนองมด (Nm) กลุ่มชุดดินที่ 29 อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 111 หน้า.
- สุธน กิรตวัฒนา. 2531. การสร้างคันดินกั้นน้ำ. คู่มือเจ้าหน้าที่ของรัฐ เรื่อง การอนุรักษ์ดินและน้ำ. ฝ่ายเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ สำนักงานเลขาธิการกรม กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. หน้า 41-47.
- สุธรา ยินศิริส. 2565. การศึกษาดัชนีการชะล้างพังทลายของผืนพื้นที่สูงจากความสัมพันธ์ค่าพลังงานจลน์ผืนที่วัดจากขนาดเม็ดฝนในภาคแปง. สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 6 กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 70 หน้า.
- สุเมธ ทานเจริญ และภัทราวุธ พุสิงห์. 2559. ศึกษาการประเมินอัตราการสูญเสียดินและปริมาณธาตุอาหารพืชบริเวณพื้นที่สูง จังหวัดน่าน และการพัฒนาสื่อเพื่อถ่ายทอดความรู้เกี่ยวกับการกร่อนของดิน. รายงานวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ. 52 หน้า.

สุรัชย์ หมื่นสังข์, เจริญ เจริญจำรัสชีพ และจุมพล ยูวะนิยม, 2535. การปรับปรุงดินเปรี้ยวจัดและดินกรด. คู่มือการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย. กองอนุรักษ์ดินและน้ำ กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. หน้า 35-44.

สำนักงานพาณิชย์จังหวัดน่าน. 2557. **สถานการณ์ราคาปุ๋ยเคมีปี 2557**. กลุ่มกำกับและพัฒนาเศรษฐกิจการค้า สำนักงานพาณิชย์จังหวัดน่าน. น่าน. 7 หน้า.

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

อาจิน หนูประสิทธิ์ บุญมา ดีแสง พิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์ และแสงจันทร์ ศรีสายเชื้อ. 2540.

สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน. บริเวณลุ่มน้ำปากพนัง อำเภอลานสกา จังหวัดนครศรีธรรมราช. กลุ่มลุ่มน้ำ ส่วนวิจัยและพัฒนาสิ่งแวดล้อมป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 31 หน้า.

อุทิศ เต๊ะใจ และณรงค์ ชินบุตร. 2545. **การศึกษาการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงความอุดมสมบูรณ์ของดินในระบบการปลูกผักกับระบบการปลูกไม้ผล**. ผลงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง ประจำปี พ.ศ. 2545. เชียงใหม่. 27 หน้า.

อุมาพร จันทศร. 2542. **สถิติที่ไม่ใช่พารามิเตอร์**. กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์เซ็นเตอร์. 260 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. pp.151-175

Allison, L.E. 1965. Organic carbon. In: Black, C.A. (ed) *Methods of soil analysis*. Part II. **American Society of Agronomy, Madison**, pp. 1367-1378.

Amézketa, E. 1999. Soil aggregate stability: a review. **J. Sustainable Agric.** 14: 83-151.

- Anusontpornperm, S., W. Supattanakul, and P. Kawilaves. 1996. **Effects of vetiver grass and leucaena on soil erosion in sugarcane, maize and cassava crop practices.** Proc. 1st Int. Con. Vetiver: A Miracle Grass, 4-8 February 1996, Chiang Rai, Thailand. Office of the Royal Development Project Board, Bangkok, Thailand. 361-368
- Babalola, O., S.O. Oshunsanya, and K. Are. 2005. **Continuous cultivation of maize under vetiver grass strip management; runoff, soil loss, nutrient losses and maize yields.** Ibadan J. agri. Res. 2: 16-26.
- Bekele, W. 2005. **Stochastic dominance analysis of soil and water conservation in subsistence crop production in Eastern Ethiopian highlands: The case of Hunda-Lafto area.** Environ. Res. Econ. 32: 533-550.
- Bidyashwari¹, H., Kushwaha, R.S., Chandra, M., Okendro, M. 2017. Physical Properties of Soil and Its Implication to Slope Stability of Nungbi Khunou, NH- 150, Manipur. **International Journal of Geosciences.** 2017, 8, 1332-1343.
- Brady, N.C. 1974. **Nature and Properties of Soils.** 8th Edition, Macmillan, New York, 639.
- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available form of phosphorus in soils. **Soil Sci.** 59: 39-45.
- Calvert, C.S., Buol, S.W. and Weed, S.B. 1980. Mineralogical characteristics and transformation of a vertical rock saprolite-soil sequence in the North Carolina piedmont. **Soil Soc. Soc. Amer. Proc.** 44: 1096-1103.
- FAO. 1993. **FESLM : An international framework for evaluating sustainable land management,** World Soil Resource Report 73 p.
- Farizi, F.A., Ngadisih, Susanto, S., Suryatmojo², H., Tando, P. K. V. 2019. **Assessment of soil erosion and landslides susceptibility based on hydrophysic soil properties in Karangobar catchment, Banjarnegara, Indonesia.** Earth and Environmental Science 355 012021. The 3rd International Symposium on Agricultural and Biosystem Engineering. pp.1-7

- Food & Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region. 1995. **Soil conservation handbook (FFTC Book Series No. 11)**. Taipei, Taiwan: Food & Fertilizer Technology Center.
- Foth, H. D. 1990. **Fundamental of Soil Science**. John Wiley and 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. pp.1-269
- Gebremedhin, B., S. M. Swinton, and Y. Tilahun. 1999. **Effects of stone terraces on crop yields and farmprofitability**: Results of on-farm research in Tigray, northern Ethiopia. *J. Soil Water Conserv.* 54: 568-573.
- Greenfield, J.C. 1990. Vetiver Grass (*Vetiveria* spp.): **The Ideal Plant for Vegetative Soil and Moisture Conservation**. Asia Technical Department, Agriculture Division, the World Bank, Washington, D.C p.62.
- Grimshaw, R.G. 1993. **The Role of Vetiver Grass in Sustaining Agricultural Productivity**. Asia Technical Department, the World Bank, Washington D.C., USA. 16 p.
- Howeler, R., W. Watanananta, K. Vongkasem, S. Kilakhaeng, S. Jantawat, B. Randway, and B. Vankaew. 2003. **Working with farmers: the key to adoption of vetiver grass hedgerows to control erosion in cassava field in Thailand**. P. 12.22. In: P. Truong and H.P. Xia. *Vetiver and Water*, Proceedings of the 3rd International Conference on Vetiver and Exhibition, 6-9 October 2003, Guangdong, China. 13 p.
- Hu, J.Y., H. Xie, and C.W. Zhou. 1997. **Research on vetiver for red soil development**. *Today* 5: 35 p.
- 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 280 p.

- Kassie, M., J. Pender, M. Yesuf, G. Kohlin, R. Bluffstone, and E. Mulugeta. 2008. **Estimating returns to soil conservation adoption in the northern Ethiopian highlands**. *Agric. l Econ.* 38: 213-232.
- Kato, E., C. Ringler, M. Yesuf, and E. Bryan. 2009. **Soil and Water Conservation Technologies: A Buffer against Production Risk in the Face of Climate Change**. Environment and Production Technology Division, IFPRI, Washington D.C., USA. 32 p.
- Levan, Du., and P. Truong. 2003. **Vetiver grass system for erosion control on severe acid sulfate soil on southern Vietnam**. In: P. Truong and H.P. Xia. *Vetiver and Water*, Proceedings of the 3rd International Conference on Vetiver and Exhibition, 6-9 October 2003, Guangdong, China. p. 284-292.
- Malesu, M.M., A.R. Oduor, and O.J. Odhiambo. 2007. **Green Water Management Handbook: Rainwater Harvesting for Agricultural Production and Ecological Sustainability**. The World Agroforestry Centre, Nairobi, Nigeria. 130 p.
- Mike Donovan. 2024. **Direct Driller The Future Of Yours Soils: Starting the Regen journey**. Available Source: <https://directdriller.com/issues/issue-25/>, April 9, 2024.
- Moniz, A.C. and S.W. Buol. 1982. Formation of an Oxisol transition in Sao Paulo Brazil: I double water flow model of soil development. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 46: 1128-1233.
- National Soil Survey Center. 1995. **Soil Survey Laboratory Information Manual**. United States Dept. of Agriculture, Natl. Soil Surv. Cent, Soil Surv. Lab., Soil Survey Investigation Reports No 45, Version 3.0. pp.1-530.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1996. **Total carbon, organic carbon, and organic matter**, pp. 961-1010. In D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Poepfert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner, eds. *Methods of Soil Analysis, Part 3. Chemical Methods*. Agronomy No. 5. SSSA Book Series. Madison, WI.

- Nikorych, V.A., Szymanski, W., Skiba, M., Kuligiewicz, A. Nature and formation of interlayer fillings in clay minerals in Albeluvisols from the Carpathian Foothills, Poland. December 2014. Geodermas. 235-236 : 396-409.
- O'Neal A.M., 1952. **A key for evaluating soil permeability by means of certain field clues.** Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 16, 312-315.
- Oshunsanya, S.O. 2013. **Spacing effects of vetiver grass (*Vetiveria nigriflora* Stapf) hedgerows on soil accumulation and yields of maize-cassava intercropping system in Southwest Nigeria.** Catena. 104: 120-126.
- Ouessar, M., R. Hessel, M. Sghaier, and C. Ritsema. 2012. **Water Harvesting Potential for Africa: An Assessment of Costs and Impacts.** Scientific Reports No. 4. Water Harvesting for Rainfed Africa (WAHARA), Tunisia. 56 p.
- Sdall, J.M. and J.M. Oades. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soil. **Journal of Soil Science 33:** pp. 141 – 163.
- Shiferaw, B., and S. Holden. 2001. **Farm-level benefits to investment for mitigating land degradation: Empirical evidence from Ethiopia.** Environ. Develop. Econ. 6: 335-358.
- Soil conservation handbook . 1995. Food & Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region. **Chapter 2. Hillside Ditches (FFTC Book Series No. 11).** Taipei, Taiwan: Food & Fertilizer Technology Center. 458 p.
- Soil Survey Division Staff. 1993. **Soil survey manual.** USDA. Handbook No. 18. U.S. Govt. Print. Office, Washington, DC. U.S.A. 437 p.
- Thomas, G.W. 1987. Exchangeable cations,. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis. Part II. Chemical and Microbiological Properties.** Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA pp. 159-161

- Tiark, A.E., A.P. Mazurak and I. Chesnin. 1974. Physical and Chemical properties of soil associated with heavy application of manure from cattle feedlots. **Soil Sci. Soc.Am. Proc.** 38: 826-830.
- United States Department of Agriculture (USDA). 1993. **Soil Survey Manual**. Agricultural handbook No.18. 437 p.
- United States Department of Agriculture (USDA), Agriculture, Agricultural research service. 1997. **Predicting soil erosion by water** : A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Agricultural handbook No. 703, 407 p.
- Walkley, A. and I.A. Black, 1947 a. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. **Soil Science Society of America** 63: 257 p.
- 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. and D.D. Smith 1978. **Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation planning**. USDA Agric. Handbook No.537, 58 p.
- Xia, H.P., A.O. HX, and D.Q. He. 1996. **The function of vetiver on soil amelioration and water and soil conservation**. *Trop. Geogr.* 16: 265-270.
- Zafirah, N., N.A. Nurin, M.S. Samsurijan, M.H. Zuknik, M. Rafatullah and M.I. Syakir. 2017.**Sustainable ecosystem services framework for tryopical catchment management**: A Review (pp.1-25). *Sustainability* 9: DOI: 10.3390/su9040546.

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 $\text{NH}_4\text{OAc}1N$ ค่าพีเอช 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 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติความเป็นกรดเป็นด่างของดินหลังการทดลอง
ปี พ.ศ. 2557

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	0.3307	0.1653	9.54	0.0949
main	1	0.0013	0.0013	0.08	0.8075
Error (a)	2	0.0347	0.0173		
Sub	4	0.3380	0.0845	2.59	0.0761
main : sub	4	0.0087	0.0022	0.07	0.9911
Error (b)	16	0.5213	0.0326		
Total	29	1.2347			

Grand Mean = 4.35

C.V. (a) = 3.02 %

C.V. (b) = 4.15 %

ตารางผนวกที่ 6 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติความเป็นกรดเป็นด่างของดินหลังการทดลอง
ปี พ.ศ. 2558

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	0.0527	0.0263	2.55	0.2818
main	1	0.0053	0.0053	0.52	0.5471
Error (a)	2	0.0207	0.0103		
Sub	4	0.1467	0.0367	0.98	0.4471
main : sub	4	0.0413	0.0103	0.28	0.8895
Error (b)	16	0.6000	0.0375		
Total	29	0.8667			

Grand Mean = 4.17

C.V. (a) = 2.44 %

C.V. (b) = 4.65 %

ตารางผนวกที่ 7 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติความเป็นกรดเป็นด่างของดินหลังการทดลอง
ปี พ.ศ. 2559

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	0.0327	0.0163	0.33	0.7500
main	1	0.0750	0.0750	1.53	0.3416
Error (a)	2	0.0980	0.0490		
Sub	4	0.2587	0.0647	2.41	0.0922
main : sub	4	0.1600	0.0400	1.49	0.2516
Error (b)	16	0.4293	0.0268		
Total	29	1.0537			

Grand Mean = 4.64

C.V. (a) = 4.77 %

C.V. (b) = 3.53 %

ตารางผนวกที่ 8 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินหลังการทดลอง
ปี พ.ศ. 2557

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	1.1125	0.5563	1.72	0.3682
main	1	0.0010	0.0010	0.00	0.9615
Error (a)	2	0.6484	0.3242		
Sub	4	1.0185	0.2546	1.15	0.3700
main : sub	4	0.8274	0.2068	0.93	0.4700
Error (b)	16	3.5497	0.2219		
Total	29	7.1575			

Grand Mean = 3.87

C.V. (a) = 14.73 %

C.V. (b) = 12.18 %

ตารางผนวกที่ 9 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินหลังการทดลอง
ปี พ.ศ. 2558

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	0.5051	0.2526	1.54	0.3935
main	1	0.0295	0.0295	0.18	0.7129
Error (a)	2	0.3278	0.1639		
Sub	4	4.1590	1.0398	3.92	0.0211
main : sub	4	0.1776	0.0444	0.17	0.9519
Error (b)	16	4.2476	0.2655		
Total	29	9.4467			

Grand Mean = 3.80

C.V. (a) = 10.66 %

C.V. (b) = 13.57 %

ตารางผนวกที่ 10 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินหลังการทดลอง
ปี พ.ศ. 2559

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	0.2865	0.1432	0.38	0.7253
main	1	0.3101	0.3101	0.82	0.4608
Error (a)	2	0.7563	0.3782		
Sub	4	2.7069	0.6767	1.23	0.3380
main : sub	4	1.9578	0.4894	0.89	0.4932
Error (b)	16	8.8158	0.5510		
Total	29	14.8333			

Grand Mean = 4.60

C.V. (a) = 13.38 %

C.V. (b) = 16.14 %

ตารางผนวกที่ 11 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณฟอสฟอรัสในดินหลังการทดลอง
ปี พ.ศ. 2557

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	3.4667	1.7333	0.03	0.9684
main	1	19.2000	19.2000	0.36	0.6090
Error (a)	2	106.4000	53.2000		
Sub	4	8.3333	2.0833	0.20	0.9330
main : sub	4	25.1333	6.2833	0.61	0.6597
Error (b)	16	164.1333	10.2583		
Total	29	326.6667			

Grand Mean = 11.67

C.V. (a) = 62.52 %

C.V. (b) = 27.45 %

ตารางผนวกที่ 12 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณฟอสฟอรัสในดินหลังการทดลอง
ปี พ.ศ. 2558

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	5.2667	2.6333	0.68	0.5969
main	1	10.8000	10.8000	2.77	0.2380
Error (a)	2	7.8000	3.9000		
Sub	4	6.8667	1.7167	0.55	0.6992
main : sub	4	3.5333	0.8833	0.28	0.8834
Error (b)	16	49.6000	3.1000		
Total	29	83.8667			

Grand Mean = 2.07

C.V. (a) = 95.56 %

C.V. (b) = 85.19 %

ตารางผนวกที่ 13 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณฟอสฟอรัสในดินหลังการทดลอง
ปี พ.ศ. 2559

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	0.0667	0.0333	1.00	0.5000
main	1	0.0333	0.0333	1.00	0.4226
Error (a)	2	0.0667	0.0333		
Sub	4	0.1333	0.0333	1.00	0.4362
main : sub	4	0.1333	0.0333	1.00	0.4362
Error (b)	16	0.5333	0.0333		
Total	29	0.9667			

Grand Mean = 1.03

C.V. (a) = 17.67 %

C.V. (b) = 17.67 %

ตารางผนวกที่ 14 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณโพแทสเซียมในดินหลังการทดลอง
ปี พ.ศ. 2557

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	1155.2667	577.6333	190.43	0.0052
main	1	246.5333	246.5333	81.27	0.0121
Error (a)	2	6.0667	3.0333		
Sub	4	1829.8000	457.4500	1.44	0.2655
main : sub	4	1191.1333	297.7833	0.94	0.4665
Error (b)	16	5072.6667	317.0417		
Total	29	9501.4667			

Grand Mean = 71.47

C.V. (a) = 2.44 %

C.V. (b) = 24.91 %

ตารางผนวกที่ 15 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณโพแทสเซียมในดินหลังการทดลอง
ปี พ.ศ. 2558

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	2123.2667	1061.6333	1.50	0.3994
main	1	410.7000	410.7000	0.58	0.5253
Error (a)	2	1411.8000	705.9000		
Sub	4	2385.8000	596.4500	0.79	0.5472
main : sub	4	2849.8000	712.4500	0.95	0.4628
Error (b)	16	12045.6000	752.8500		
Total	29	21226.9667			

Grand Mean = 40.03

C.V. (a) = 66.37 %

C.V. (b) = 68.54 %

ตารางผนวกที่ 16 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติปริมาณโพแทสเซียมในดินหลังการทดลอง
ปี พ.ศ. 2559

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	553.2667	276.6333	2.95	0.2530
main	1	607.5000	607.5000	6.48	0.1258
Error (a)	2	187.4000	93.7000		
Sub	4	659.1333	164.7833	0.37	0.8277
main : sub	4	575.6667	143.9167	0.32	0.8593
Error (b)	16	7158.0000	447.3750		
Total	29	9740.9667			

Grand Mean = 48.97

C.V. (a) = 19.77 %

C.V. (b) = 43.20 %

ตารางผนวกที่ 17 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติความหนาแน่นของดินหลังการทดลอง
ปี พ.ศ. 2557

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	0.0192	0.0096	11.67	0.0789
main	1	0.0007	0.0007	0.79	0.4670
Error (a)	2	0.0016	0.0008		
Sub	4	0.0136	0.0034	0.64	0.6420
main : sub	4	0.0034	0.0009	0.16	0.9543
Error (b)	16	0.0849	0.0053		
Total	29	0.1234			

Grand Mean = 1.08

C.V. (a) = 2.66 %

C.V. (b) = 6.74 %

ตารางผนวกที่ 18 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติความหนาแน่นของดินหลังการทดลอง
ปี พ.ศ. 2558

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	0.0047	0.0023	0.07	0.9347
main	1	0.0193	0.0193	0.58	0.5268
Error (a)	2	0.0667	0.0334		
Sub	4	0.0676	0.0169	0.43	0.7868
main : sub	4	0.1182	0.0296	0.75	0.5742
Error (b)	16	0.6331	0.0396		
Total	29	0.9095			

Grand Mean = 1.13

C.V. (a) = 16.15 %

C.V. (b) = 17.58 %

ตารางผนวกที่ 19 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติความหนาแน่นของดินหลังการทดลอง
ปี พ.ศ. 2559

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	0.0315	0.0157	2.61	0.2774
main	1	0.0000	0.0000	0.00	0.9668
Error (a)	2	0.0121	0.0060		
Sub	4	0.0791	0.0198	0.95	0.4593
main : sub	4	0.0433	0.0108	0.52	0.7213
Error (b)	16	0.3320	0.0207		
Total	29	0.4979			

Grand Mean = 1.07

C.V. (a) = 7.23 %

C.V. (b) = 13.40 %

ตารางผนวกที่ 20 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติความสูงของข้าวโพด ปี พ.ศ. 2557

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	259.3527	129.6763	1.66	0.3759
main	1	203.8413	203.8413	2.61	0.2475
Error (a)	2	156.1807	78.0903		
Sub	4	5364.3887	1341.0972	6.02	0.0038
main : sub	4	305.9020	76.4755	0.34	0.8449
Error (b)	16	3566.3733	222.8983		
Total	29	9856.0387			

Grand Mean = 120.63

C.V. (a) = 7.33 %

C.V. (b) = 12.38 %

ตารางผนวกที่ 21 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติความสูงของข้าวโพด ปี พ.ศ. 2558

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	4108.0667	2054.0333	4.26	0.1903
main	1	116.0333	116.0333	0.24	0.6724
Error (a)	2	965.2667	482.6333		
Sub	4	5945.5333	1486.3833	4.49	0.0127
main : sub	4	1121.1333	280.2833	0.85	0.5161
Error (b)	16	5297.3333	331.0833		
Total	29	17553.3667			

Grand Mean = 121.43

C.V. (a) = 18.09 %

C.V. (b) = 14.98 %

ตารางผนวกที่ 22 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติความสูงของข้าวโพด ปี พ.ศ. 2559

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	905.2667	452.6333	0.13	0.8865
main	1	780.3000	780.3000	0.22	0.6848
Error (a)	2	7071.8000	3535.9000		
Sub	4	5717.6667	1429.4167	6.38	0.0029
main : sub	4	693.5333	173.3833	0.77	0.5581
Error (b)	16	3585.6000	224.1000		
Total	29	18754.1667			

Grand Mean = 137.83

C.V. (a) = 43.14 %

C.V. (b) = 10.86 %

ตารางผนวกที่ 23 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติผลผลิตของข้าวโพดหลัง ปี พ.ศ. 2557

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	289551.0140	144775.5070	1.25	0.4442
main	1	202820.2963	202820.2963	1.75	0.3166
Error (a)	2	231445.0207	115722.5103		
Sub	4	2743163.8087	685790.9522	3.69	0.0260
main : sub	4	364427.8687	91106.9672	0.49	0.7433
Error (b)	16	2976195.1787	186012.1987		
Total	29	6807603.1870			

Grand Mean = 1287.11

C.V. (a) = 26.43 %

C.V. (b) = 33.51 %

ตารางผนวกที่ 24 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติผลผลิตของข้าวโพดหลัง ปี พ.ศ. 2558

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	54466.9580	27233.4790	0.11	0.8971
main	1	22342.3230	22342.3230	0.09	0.7880
Error (a)	2	474612.5580	237306.2790		
Sub	4	3222098.5953	805524.6488	7.91	0.0010
main : sub	4	504771.8753	126192.9688	1.24	0.3340
Error (b)	16	1629629.1773	101851.8236		
Total	29	5907921.4870			

Grand Mean = 1449.51

C.V. (a) = 33.61 %

C.V. (b) = 22.02 %

ตารางผนวกที่ 25 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติผลผลิตของข้าวโพดหลัง ปี พ.ศ. 2559

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	241086.0420	120543.0210	4.36	0.1866
main	1	8118.0750	8118.0750	0.29	0.6422
Error (a)	2	55309.8140	27654.9070		
Sub	4	2648433.9133	662108.4783	6.25	0.0032
main : sub	4	163557.1467	40889.2867	0.39	0.8156
Error (b)	16	1695378.6440	105961.1653		
Total	29	4811883.6350			

Grand Mean = 1433.15

C.V. (a) = 11.60 %

C.V. (b) = 22.71 %

ตารางผนวกที่ 26 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติตะกอนดินหลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2557

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	56974.7218	28487.3609	0.22	0.8176
main	1	19431.0750	19431.0750	0.15	0.7341
Error (a)	2	255398.7338	127699.3669		
Sub	4	3345394.6039	836348.6510	6.80	0.0021
main : sub	4	430468.9269	107617.2317	0.88	0.5002
Error (b)	16	1967090.5004	122943.1563		
Total	29	6074758.5618			

Grand Mean = 883.45

C.V. (a) = 40.45 %

C.V. (b) = 39.69 %

ตารางผนวกที่ 27 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของตะกอนดินหลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2558

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	20411.7019	10205.8510	52.56	0.0187
main	1	258.1920	258.1920	1.33	0.3681
Error (a)	2	388.3680	194.1840		
Sub	4	3287341.0548	821835.2637	48.10	0.0000
main : sub	4	129458.8836	32364.7209	1.89	0.1606
Error (b)	16	273384.2858	17086.5179		
Total	29	3711242.4861			

Grand Mean = 594.75

C.V. (a) = 2.34 %

C.V. (b) = 21.98 %

ตารางผนวกที่ 28 ตารางวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติตะกอนดินหลังการทดลอง ปี พ.ศ. 2559

Source	DF	Sum of Square	Mean Square	F Value	Pr (> F)
Rep	2	147048.4907	73524.2453	15.80	0.0595
main	1	20176.1333	20176.1333	4.34	0.1727
Error (a)	2	9304.0667	4652.0333		
Sub	4	452051.3913	113012.8478	5.98	0.0039
main : sub	4	12186.6033	3046.6508	0.16	0.9550
Error (b)	16	302600.2693	18912.5168		
Total	29	943366.9547			

Grand Mean = 451.89

C.V. (a) = 15.09 %

C.V. (b) = 30.43 %

ตารางผนวกที่ 29 การทดสอบการแจกแจงของข้อมูลตัวแปรโดย Shapiro-Wilk Test

Tests of Normality
Kolmogorov-Smirnov Shapiro-wilk

	statistic	df	Sig	statistic	df	sig
sediment	.188	90	.000	.884	90	.000
pH	.126	90	.001	.974	90	.065
OM	.054	90	.200*	.989	90	.621
pH	.295	90	.000	.790	90	.000
K	.110	90	.009	.917	90	.000
Bulk	.088	90	.081	.977	90	.113
Yield	.138	90	.000	.947	90	.001
Height	.070	90	.200*	.983	90	.282
Total N	.261	90	.000	.653	90	.000
P ₂ O ₅	.124	90	.002	.919	90	.000
K ₂ O	.099	90	.030	.941	90	.000
Cost46-0-0	.262	90	.000	.653	90	.000
Cost0-46-0	.123	90	.002	.919	90	.000
Cost0-0-60	.098	90	.032	.941	90	.000
Total_Cost	.231	90	.000	.707	90	.000

*this is a lower bound of the true significance.

Lilliefors significance Correction

ตารางผนวกที่ 30 การทดสอบการเท่ากันของความแปรปรวน Main Plot (ชนิดของหญ้าแฝก)

Test of Homogeneity of Variance					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Sediment	Based on Mean	.135	1	88	.714
	Based on Median	.088	1	88	.767
	Based on Median and with adjusted df	.088	1	83.165	.767
	Based on trimmed mean	.1291	1	88	.720
pH	Based on Mean	.619	1	88	.434
	Based on Median	.835	1	88	.363
	Based on Median and with adjusted df	.835	1	87.887	.363
	Based on trimmed mean	.588	1	88	.445
OM	Based on Mean	.302	1	88	.584
	Based on Median	.268	1	88	.606
	Based on Median and with adjusted df	.268	1	87.526	.606
	Based on trimmed mean	.294	1	88	.589
P	Based on Mean	1.184	1	88	.279
	Based on Median	.632	1	88	.429
	Based on Median and with adjusted df	.632	1	86.771	.429
	Based on trimmed mean	1.139	1	88	.289
K	Based on Mean	.847	1	88	.360
	Based on Median	.432	1	88	.513
	Based on Median and with adjusted df	.432	1	87.903	.513
	Based on trimmed mean	.835	1	88	.372
Bulk	Based on Mean	1.438	1	88	.234
	Based on Median	.939	1	88	.335
	Based on Median and with adjusted df	.939	1	79.116	.335

	Based on trimmed mean	1.443	1	88	.233
Yield	Based on Mean	.011	1	88	.233
	Based on Median	.000	1	88	.916
	Based on Median and with adjusted df	.000	1	84.965	.987
	Based on trimmed mean	.001	1	88	.987
Height	Based on Mean	2.189	1	88	.143
	Based on Median	2.242	1	88	.138
	Based on Median and with adjusted df	2.242	1	81.778	.138
	Based on trimmed mean	2.204	1	88	.141
Total N	Based on Mean	49.935	1	88	.000
	Based on Median	11.117	1	88	.001
	Based on Median and with adjusted df	11.117	1	48.935	.002
	Based on trimmed mean	33.504	1	88	.000
P2O5	Based on Mean	2.085	1	88	.152
	Based on Median	.915	1	88	.314
	Based on Median and with adjusted df	.915	1	86.783	.314
	Based on trimmed mean	2.081	1	88	.153
K2O	Based on Mean	.048	1	88	.828
	Based on Median	.003	1	88	.954
	Based on Median and with adjusted df	.003	1	86.849	.954
	Based on trimmed mean	.027	1	88	.870
Cost46-0-0	Based on Mean	42.886	1	88	.000
	Based on Median	11.063	1	88	.001
	Based on Median and with adjusted df	11.063	1	48.956	.002
	Based on trimmed mean	33.447	1	88	.000
cost0-46-0	Based on Mean	2.083	1	88	.152
	Based on Median	.912	1	88	.342

	Based on Median and with adjusted df	.912	1	86.816	.342
	Based on trimmed mean	2.007	1	88	.153
Cost0-0-60	Based on Mean	.045	1	88	.833
	Based on Median	.003	1	88	.958
	Based on Median and with adjusted df	.003	1	86.882	.958
	Based on trimmed mean	.025	1	88	.874
Total_cost	Based on Mean	34.942	1	88	.000
	Based on Median	9.520	1	88	.003
	Based on Median and with adjusted df	9.520	1	50.645	.003
	Based on trimmed mean	26.889	1	88	.000

12. การทดสอบการเท่ากันของความแปรปรวนของ Sub Plot (มาตรฐานการอนุรักษ์น้ำและดิน) โดย levene
Statistic Test based on Median

สมมติฐาน

H0: ความแปรปรวนของ...(ชื่อตัวแปร)...ไม่แตกต่างกันตามมาตรฐานการอนุรักษ์น้ำและดิน

H1: ความแปรปรวนของ...(ชื่อตัวแปร)...แตกต่างกันตามมาตรฐานการอนุรักษ์น้ำและดิน

ตารางผนวกที่ 31 การทดสอบการเท่ากันของความแปรปรวนของ Sub Plot
(มาตรฐานการอนุรักษ์ดินและน้ำ)

Test of Homogeneity of Variance					
		Levene Statistic	df1	df2	Sig.
Sediment	Based on Mean	3.158	4	85	.010
	Based on Median	2.370	4	85	.059
	Based on Median and with adjusted df	2.370	4	72.247	.060
	Based on trimmed mean	3.334	4	85	.014
pH	Based on Mean	2.590	4	85	.042
	Based on Median	1.799	4	85	.137
	Based on Median and with adjusted df	1.799	4	58.575	.141
	Based on trimmed mean	2.509	4	85	.048
OM	Based on Mean	.315	4	85	.867
	Based on Median	.295	4	85	.880
	Based on Median and with adjusted df	.295	4	79.589	.880
	Based on trimmed mean	.387	4	85	.817
P	Based on Mean	.153	4	85	.961
	Based on Median	.028	4	85	.998
	Based on Median and with adjusted df	.028	4	77.306	.998
	Based on trimmed mean	.107	4	85	.980
K	Based on Mean	3.479	4	85	.011
	Based on Median	2.624	4	85	.040
	Based on Median and with adjusted df	2.624	4	54.119	.045
	Based on trimmed mean	3.254	4	85	.016
Bulk	Based on Mean	1.499	4	85	.210
	Based on Median	1.355	4	85	.256
	Based on Median and with adjusted df	1.355	4	80.208	.257

	Based on trimmed mean	1.583	4	85	.199
Yield	Based on Mean	.393	4	85	.813
	Based on Median	.138	4	85	.968
	Based on Median and with adjusted df	.138	4	77.620	.968
	Based on trimmed mean	.308	4	85	.872
Height	Based on Mean	.779	4	85	.542
	Based on Median	.699	4	85	.595
	Based on Median and with adjusted df	.699	4	77.425	.595
	Based on trimmed mean	.770	4	85	.548
Total N	Based on Mean	2.335	4	85	.062
	Based on Median	.494	4	85	.740
	Based on Median and with adjusted df	.494	4	62.630	.740
	Based on trimmed mean	1.386	4	85	.246
P2O5	Based on Mean	5.237	4	85	.001
	Based on Median	3.647	4	85	.009
	Based on Median and with adjusted df	3.647	4	66.851	.010
	Based on trimmed mean	4.993	4	85	.001
K2O	Based on Mean	2.028	4	85	.098
	Based on Median	.664	4	85	.619
	Based on Median and with adjusted df	.664	4	68.454	.619
	Based on trimmed mean	1.739	4	85	.149
Cost46-0-0	Based on Mean	2.333	4	85	.062
	Based on Median	.495	4	85	.740
	Based on Median and with adjusted df	.495	4	62.646	.740
	Based on trimmed mean	1.386	4	85	.246
cost0-46-0	Based on Mean	5.220	4	85	.001
	Based on Median	3.633	4	85	.009

	Based on Median and with adjusted df	3.633	4	66.875	.010
	Based on trimmed mean	4.973	4	85	.001
Cost0-0-60	Based on Mean	2.031	4	85	.097
	Based on Median	.663	4	85	.619
	Based on Median and with adjusted df	.663	4	68.345	.620
	Based on trimmed mean	1.743	4	8	.148
Total_cost	Based on Mean	1.925	4	85	.114
	Based on Median	.528	4	85	.715
	Based on Median and with adjusted df	.528	4	62.691	.716
	Based on trimmed mean	1.286	4	85	.282

ตารางผนวกที่ 32 การวิเคราะห์ความแปรปรวนชนิดของหน้าแฟก(main plot) มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (sub plot) ที่มีผลต่อ pH 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 33 การวิเคราะห์ความแปรปรวนชนิดของหญ้าแฝก(main plot) มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (sub plot) ที่มีผลต่อ 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 34 การวิเคราะห์ความแปรปรวนชนิดของหญ้าแฝก(main plot) มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (sub plot) ที่มีผลต่อความหนาแน่นรวมของดิน

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: BD

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	143.990	1	143.990	32509.603	.000
	Error	.009	2	.004 ^a		
Main	Hypothesis	.023	1	.023	.434	.513
	Error	3.253	62	.052 ^b		
Sub	Hypothesis	.031	3	.010	.198	.897
	Error	3.253	62	.052 ^b		
Rep	Hypothesis	.009	2	.004	.084	.919
	Error	3.253	62	.052 ^b		
main * sub	Hypothesis	.017	3	.006	.108	.955
	Error	3.253	62	.052 ^b		

ตารางผนวกที่ 35 การวิเคราะห์ความแปรปรวนชนิดของหญ้าแฝก(main plot) มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (sub plot) ที่มีผลต่อความสูงของข้าวโพด

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Height

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	1670182.722	1	1670182.722	7571.187	.000
	Error	441.194	2	220.597 ^a		
Main	Hypothesis	20.056	1	20.056	.163	.688
	Error	7622.139	62	122.938 ^b		
Sub	Hypothesis	58221.611	3	19407.204	157.862	.000
	Error	7622.139	62	122.938 ^b		
Rep	Hypothesis	441.194	2	220.597	1.794	.175
	Error	7622.139	62	122.938 ^b		
main * sub	Hypothesis	118.278	3	39.426	.321	.810
	Error	7622.139	62	122.938 ^b		

ตารางผนวกที่ 36 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ โดยใช้ Multiple Comparisons มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ (sub plot) ที่มีผลต่อความสูงของข้าวโพด

Multiple Comparisons

Dependent Variable: height

Tukey HSD

(I)sub	(J)sub	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Lower Bound
1	2	29.911*	6.9683	.000	-49.383	-10.439
	3	-15.078	6.9683	.205	-34.550	4.394
	4	-33.150*	6.9683	.000	-52.622	-13.67
	5	-29.406*	6.9683	.001	-48.877	-9.934
2	1	29.911*	6.9683	.000	10.439	49.383

ตารางผนวกที่ 36 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแต่ละคู่ โดยใช้ Multiple Comparisons มาตรการอนุรักษ์ดิน
และน้ำ (sub plot) ที่มีผลต่อความสูงของข้าวโพด (ต่อ)

Multiple Comparisons

Dependent Variable: height

Tukey HSD

(I)sub	(J)sub	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Lower Bound
	3	14.833	6.9683	.219	-4.638	34.305
	4	-3.239	6.9683	.990	-22.711	16.233
	5	.506	6.9683	1.000	-18.966	19.977
3	1	15.073	6.9683	.205	-4.394	34.550
	2	-14.833	6.9683	.219	-34.05	4.638
	4	-18.072	6.9683	.082	-37.544	1.400
	5	-14.328	6.9683	.250	-33.800	5.144
4	1	33.150*	6.9683	.000	13.678	52.622
	2	3.239	6.9683	.990	-16.233	22.711
	3	18.072	6.9683	.082	-1.400	37.544
	5	3.744	6.9683	.983	-15.727	23.216
5	1	29.406*	6.9683	.001	9.934	48.877
	2	-.506	6.9683	1.000	-19.997	18.966
	3	14.328	6.9683	.250	-5.144	33.800
	4	-3.744	6.9683	.983	-23.216	15.727

ตารางผนวกที่ 37 การทดสอบ Mann-Whitney-U Test สำหรับชนิดของหญ้าแฝก

	Null Hypothesis	Test	Sig.
1	The distribution of sediment is the same across categories of main.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.212
2	The distribution of p H is the same across categories of main.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.477
3	The distribution of OM is the same across categories of main.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.611
4	The distribution of P is the same across categories of main.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.450
5	The distribution of K is the same across categories of main.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.687
6	The distribution of Bulk is the same across categories of main.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.334
7	The distribution of Yield is the same across categories of main.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.913
8	The distribution of height is the same across categories of main.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.987
9	The distribution of totalN is the same across categories of main.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.056

10	The distribution of P2O5 is the same across categories of main.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.646
11	The distribution of K2O is the same across categories of main.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.765
12	The distribution of cost46-0-0 is the same across categories of main.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.055
13	The distribution of cost0-46-0 is the same across categories of main.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.648
14	The distribution of cost0-0-60 is the same across categories of main.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.762
15	The distribution of total_cost is the same across categories of main.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.075

ตารางผนวกที่ 38 การทดสอบ Kruskal Wallis สำหรับการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

Hypothesis Test Summary				
	Null Hypothesis	Test Statistics	Sig.	Decision
1	The distribution of sediment is the same across categories of sub.	20.743	.000	Reject the null hypothesis.
2	The distribution of p H is the same across categories of sub.	1.523	.823	Retain the null hypothesis.
3	The distribution of OM is the same across categories of sub.	16.861	.002	Reject the null hypothesis.
4	The distribution of P is the same across categories of sub.	.031	1.000	Retain the null hypothesis.
5	The distribution of K is the same across categories of sub.	1.668	.796	Retain the null hypothesis.
6	The distribution of Bulk is the same across categories of sub.	6.675	.154	Retain the null hypothesis.
7	The distribution of Yield is the same across categories of sub.	3.987	.408	Retain the null hypothesis.
8	The distribution of height is the same across categories of sub.	24.932	.000	Reject the null hypothesis.
9	The distribution of totalN is the same across categories of sub.	14.830	.005	Reject the null hypothesis.
10	The distribution of P2O5 is the same across categories of sub.	42.725	.000	Reject the null hypothesis.
11	The distribution of K2O is the same across categories of sub.	11.304	.023	Reject the null hypothesis.
12	The distribution of cost46-0-0 is the same across categories of sub.	14.834	.005	Reject the null hypothesis.
13	The distribution of cost0-46-0 is the same across categories of sub.	42.687	.000	Reject the null hypothesis.
14	The distribution of cost0-0-60 is the same across categories of sub.	11.322	.023	Reject the null hypothesis.
15	The distribution of total_cost is the same across categories of sub.	14.868	.005	Reject the null hypothesis.

ตารางผนวกที่ 39 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณตะกอนดินกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยใช้
Pairwise Comparison

Pairwise Comparisons of sediment across sub

Sample 1-Sample 2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig. ^a
5-3	5.306	8.706	.609	.542	1.000
5-2	8.250	8.706	.948	.343	1.000
5-4	8.333	8.706	.957	.338	1.000
5-1	35.889	8.706	4.122	.000	.000
3-2	2.944	8.706	.338	.735	1.000
3-4	-3.028	8.706	-.348	.728	1.000
3-1	30.583	8.706	3.513	.000	.004
2-4	-.083	8.706	-.010	.992	1.000
2-1	27.639	8.706	3.175	.001	.015
4-1	27.556	8.706	3.165	.002	.015

ตารางผนวกที่ 40 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณอินทรีย์วัตถุกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยใช้
Pairwise Comparison

Pairwise Comparisons of OM across sub

Sample 1-Sample 2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig. ^a
3-2	12.694	8.707	1.458	.145	1.000
3-1	16.111	8.707	1.850	.064	.643
3-4	-26.278	8.707	-3.018	.003	.025
3-5	-32.694	8.707	-3.755	.000	.002
2-1	3.417	8.707	.392	.695	1.000
2-4	-13.583	8.707	-1.560	.119	1.000
2-5	-20.000	8.707	-2.297	.022	.216
1-4	-10.167	8.707	-1.168	.243	1.000
1-5	-16.583	8.707	-1.905	.057	.568
4-5	-6.417	8.707	-.737	.461	1.000

ตารางผนวกที่ 41 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความสูงกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยใช้ Pairwise Comparison

Pairwise Comparisons of height across sub

Sample 1-Sample 2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig. ^a
1-3	-11.778	8.707	-1.353	.176	1.000
1-5	-28.694	8.707	-3.296	.001	.010
1-2	-32.472	8.707	-3.729	.000	.002
1-4	-36.222	8.707	-4.160	.000	.000
3-5	-16.917	8.707	-1.943	.052	.520
3-2	20.694	8.707	2.377	.017	.175
3-4	-24.444	8.707	-2.807	.005	.050
5-2	3.778	8.707	.434	.664	1.000
5-4	7.528	8.707	.865	.387	1.000
2-4	-3.750	8.707	-.431	.667	1.000

ตารางผนวกที่ 42 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณไนโตรเจนในตะกอนดินกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยใช้ Pairwise Comparison

Pairwise Comparisons of sub

Sample 1-Sample 2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig. ^a
5-3	.139	8.708	.016	.987	1.000
5-2	1.389	8.708	.160	.873	1.000
5-4	2.806	8.708	.322	.747	1.000
5-1	27.472	8.708	3.155	.002	.016
3-2	1.250	8.708	.144	.886	1.000
3-4	-2.667	8.708	-.306	.759	1.000
3-1	27.333	8.708	3.139	.002	.017
2-4	-1.417	8.708	-.163	.871	1.000
2-1	26.083	8.708	2.995	.003	.027
4-1	24.667	8.708	2.833	.005	.046

ตารางผนวกที่ 43 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณ P_2O_5 ในตะกอนดินกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยใช้ Pairwise Comparison

Sample 1-Sample 2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig. ^a
3-5	-5.194	8.708	-.597	.551	1.000
3-2	25.611	8.708	2.941	.003	.033
3-4	-42.222	8.708	-4.849	.000	.000
3-1	42.944	8.708	4.932	.000	.000
5-2	20.417	8.708	2.345	.019	.190
5-4	37.028	8.708	4.252	.000	.000
5-1	37.750	8.708	4.335	.000	.000
2-4	-16.611	8.708	-1.908	.056	.564
2-1	17.333	8.708	1.990	.047	.465
4-1	.722	8.708	.083	.934	1.000

ตารางผนวกที่ 44 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณ K_2O ในตะกอนดินกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยใช้ Pairwise Comparison

Sample 1-Sample 2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig. ^a
5-3	6.028	8.708	.692	.489	1.000
5-2	14.583	8.708	1.675	.094	.940
5-4	15.139	8.708	1.738	.082	.821
5-1	27.306	8.708	3.136	.002	.017
3-2	8.556	8.708	.982	.326	1.000
3-4	-9.111	8.708	-1.046	.295	1.000
3-1	21.278	8.708	2.443	.015	.145
2-4	-.556	8.708	-.064	.949	1.000
2-1	12.722	8.708	1.461	.144	1.000
4-1	12.167	8.708	1.397	.162	1.000

ตารางผนวกที่ 45 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมูลค่ามูลค้ำปุ๋ย N ที่ติดไปกับตะกอนดินกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยใช้ Pairwise Comparison

Pairwise Comparisons of cost46-0-0 across sub

Sample 1-Sample 2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig. ^a
5-3	.139	8.708	.016	.987	1.000
5-2	1.444	8.708	.166	.868	1.000
5-4	2.861	8.708	.329	.742	1.000
5-1	27.500	8.708	3.158	.002	.016
3-2	1.306	8.708	.150	.881	1.000
3-4	-2.722	8.708	-.313	.755	1.000
3-1	27.361	8.708	3.142	.002	.017
2-4	-1.417	8.708	-.163	.871	1.000
2-1	26.056	8.708	2.992	.003	.028
4-1	24.639	8.708	2.829	.005	.047

ตารางผนวกที่ 46 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมูลค่ามูลค้ำปุ๋ย P ที่ติดไปกับตะกอนดินกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยใช้ Pairwise Comparison

Pairwise Comparisons of cost0-46-0 across sub

Sample 1-Sample 2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig. ^a
3-5	-5.167	8.708	-.593	.553	1.000
3-2	25.556	8.708	2.935	.003	.033
3-4	-42.194	8.708	-4.845	.000	.000
3-1	42.917	8.708	4.928	.000	.000
5-2	20.389	8.708	2.341	.019	.192
5-4	37.028	8.708	4.252	.000	.000
5-1	37.750	8.708	4.335	.000	.000
2-4	-16.639	8.708	-1.911	.056	.560
2-1	17.361	8.708	1.994	.046	.462
4-1	.722	8.708	.083	.934	1.000

ตารางผนวกที่ 47 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมูลค่ามูลค่าปุ๋ย K ที่ติดไปกับตะกอนดินกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยใช้ Pairwise Comparison

Pairwise Comparisons of cost0-0-60 across sub

Sample 1-Sample 2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig. ^a
5-3	6.028	8.708	.692	.489	1.000
5-2	14.583	8.708	1.675	.094	.940
5-4	15.111	8.708	1.735	.083	.827
5-1	27.333	8.708	3.139	.002	.017
3-2	8.556	8.708	.982	.326	1.000
3-4	-9.083	8.708	-1.043	.297	1.000
3-1	21.306	8.708	2.447	.014	.144
2-4	-.528	8.708	-.061	.952	1.000
2-1	12.750	8.708	1.464	.143	1.000
4-1	12.222	8.708	1.404	.160	1.000

ตารางผนวกที่ 48 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยมูลค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการสูญเสียธาตุอาหารในดินที่ติดไปกับตะกอนดินกับมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยใช้ Pairwise Comparison

Pairwise Comparisons of sub

Sample 1-Sample 2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj. Sig. ^a
3-5	-.722	8.708	-.083	.934	1.000
3-2	6.222	8.708	.715	.475	1.000
3-4	-10.611	8.708	-1.219	.223	1.000
3-1	29.111	8.708	3.343	.001	.008
5-2	5.500	8.708	.632	.528	1.000
5-4	9.889	8.708	1.136	.256	1.000
5-1	28.389	8.708	3.260	.001	.011
2-4	-4.389	8.708	-.504	.614	1.000
2-1	22.889	8.708	2.628	.009	.086
4-1	18.500	8.708	2.124	.034	.336

ตารางผนวกที่ 49 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างผลผลิตข้าวโพดและตัวแปรตัวแปรอื่นๆ โดยใช้ Pearson Correlation

Correlations

		sediment	p H	OM	P	K	Bulk	Yield
Sediment	Pearson Correlation	1	-.152	-.232*	.320**	.279*	.039	.349**
	Sig. (2-tailed)		.152	.028	.002	.008	.718	.001
	N	90	90	90	90	90	90	90
p H	Pearson Correlation	-.152	1	.153	-.179	.135	.015	-.091
	Sig. (2-tailed)	.152		.151	.091	.205	.891	.395
	N	90	90	90	90	90	90	90
OM	Pearson Correlation	-.232*	.153	1	-.227*	-.134	-.426**	-.171
	Sig. (2-tailed)	.028	.151		.031	.208	.000	.107
	N	90	90	90	90	90	90	90
P	Pearson Correlation	.320**	-.179	-.227*	1	.450*	.036	.616**
	Sig. (2-tailed)	.002	.091	.031		.000	.737	.000
	N	90	90	90	90	90	90	90
K	Pearson Correlation	.279**	.135	-.134	.450**	1	.138	.552**
	Sig. (2-tailed)	.008	.205	.208	.000		.193	.000
	N	90	90	90	90	90	90	90
Bulk	Pearson Correlation	.039	.015	-.426*	.036	.138	1	-.034
	Sig. (2-tailed)	.718	.891	.000	.737	.193		.753

	N	90	90	90	90	90	90	90
Yield	Pearson	.349**	-.091	-.171	.616**	.552*	-.034	1
	Correlation					*		
	Sig. (2-tailed)	.001	.395	.107	.000	.000	.753	
	N	90	90	90	90	90	90	90
Height	Pearson	-.356**	.269*	.239*	-.207	-.032	-.072	-.126
	Correlation							
	Sig. (2-tailed)	.001	.010	.024	.050	.764	.502	.236
	N	90	90	90	90	90	90	90
totalN	Pearson	.568**	-.034	-.117	.492**	.306*	-.072	.518**
	Correlation					*		
	Sig. (2-tailed)	.000	.750	.273	.000	.003	.502	.000
	N	90	90	90	90	90	90	90
P2O5	Pearson	.649**	-.147	-.092	.313**	.414*	-.004	.412**
	Correlation					*		
	Sig. (2-tailed)	.000	.168	.388	.003	.000	.968	.000
	N	90	90	90	90	90	90	90
K2O	Pearson	.716**	-.144	-	.408**	.410*	-.054	.473**
	Correlation			.207*		*		
	Sig. (2-tailed)	.000	.176	.050	.000	.000	.610	.000
	N	90	90	90	90	90	90	90

ตารางผนวกที่ 50 ผลการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทนของวิธีที่ 1

วิธีที่ 1: ไม่มีคูรับน้ำขอบเขา และไม่ใส่ปุ๋ย

ปี	ผลประโยชน์ ณ ปัจจุบัน (Dis. Benefit)	ต้นทุน ณ ปัจจุบัน (Dis. Cost)	รายได้สุทธิ (Net income)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV รายปี)	รายได้ปัจจุบันสุทธิสะสม
0	-	-	-	-	-
1	5,808.60	2,323.84	3,735.08	3,484.76	3,735.08
2	5,428.60	2,177.41	3,735.08	3,251.19	7,470.16
3	5,112.77	2,040.21	3,735.08	3,072.57	11,205.24
4	4,790.61	1,911.65	3,735.08	2,878.96	14,940.32
5	4,488.74	1,791.19	3,735.08	2,697.55	18,675.40
6	4,205.89	1,678.32	3,735.08	2,527.57	22,410.48
7	3,940.87	1,572.57	3,735.08	2,368.30	26,145.56
8	3,692.55	1,473.48	3,735.08	2,219.07	29,880.64
9	3,459.87	1,380.63	3,735.08	2,079.24	33,615.72
10	3,241.85	1,293.63	3,735.08	1,948.22	37,350.80
รวม	44,170.34	17,642.93	37,350.80	26,527.41	

ที่มา: วิเคราะห์ข้อมูลจากที่สำรวจ (2568)

สรุปตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์

ตัวชี้วัด	ค่า
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	26,527.41 บาท
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	2.50
อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI)	150.36 %

ตารางผนวกที่ 51 ผลการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทนของวิธีที่ 2

วิธีที่ 2: คูรับน้ำขอบเขา (V.I. = 4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I. = 4 เมตร)

ปี	ผลประโยชน์ ณ ปัจจุบัน (Dis. Benefit)	ต้นทุน ณ ปัจจุบัน (Dis. Cost)	รายได้สุทธิ (Net income)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV รายปี)	รายได้ปัจจุบันสุทธิสะสม
0	-	11,805.76	(11,805.76)	(11,805.76)	(11,805.76)
1	11,896.07	3,085.71	9,435.58	8,810.37	9,435.58
2	11,117.83	2,891.27	9,435.58	8,226.56	18,871.16
3	10,471.02	2,709.08	9,435.58	7,761.94	28,306.74
4	9,811.22	2,538.38	9,435.58	7,272.84	37,742.32
5	9,192.99	2,378.43	9,435.58	6,814.56	47,177.90
6	8,613.71	2,228.56	9,435.58	6,385.16	56,613.48
7	8,070.94	2,088.13	9,435.58	5,982.81	66,049.06
8	7,562.37	1,956.55	9,435.58	5,605.82	75,484.64
9	7,085.85	1,833.27	9,435.58	5,252.59	84,920.22
10	6,639.35	1,717.75	9,435.58	4,921.61	94,355.80
รวม	90,461.36	35,232.87	82,550.04	55,228.49	

ที่มา: วิเคราะห์ข้อมูลจากที่สำรวจ (2568)

สรุปตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์

ตัวชี้วัด	ค่า
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	55,228.49 บาท
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	2.57
อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI)	156.75 %

ตารางผนวกที่ 52 ผลการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทนของวิธีที่ 3

วิธีที่ 3: คุรบน้ำขอบเขา (V.I.=4 เมตร) ร่วมกับแถบหญ้าแฝก (V.I.=8 เมตร)

ปี	ผลประโยชน์ ณ ปัจจุบัน (Dis. Benefit)	ต้นทุน ณ ปัจจุบัน (Dis. Cost)	รายได้สุทธิ (Net income)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV รายปี)	รายได้ปัจจุบันสุทธิสะสม
0	-	8,925.76	(8,925.76)	(8,925.76)	(8,925.76)
1	12,441.12	3,066.92	10,038.83	9,374.20	10,038.83
2	11,627.22	2,873.67	10,038.83	8,753.55	20,077.66
3	10,950.77	2,692.59	10,038.83	8,258.19	30,116.49
4	10,260.74	2,522.92	10,038.83	7,737.82	40,155.32
5	9,614.19	2,363.95	10,038.83	7,250.24	50,194.15
6	9,008.37	2,214.99	10,038.83	6,793.38	60,232.98
7	8,440.73	2,075.42	10,038.83	6,365.32	70,271.81
8	7,908.86	1,944.64	10,038.83	5,964.22	80,310.64
9	7,410.51	1,822.10	10,038.83	5,588.40	90,349.47
10	6,943.55	1,707.29	10,038.83	5,236.26	100,388.30
รวม	94,606.06	32,210.24	91,462.54	62,395.82	

ที่มา: วิเคราะห์ข้อมูลจากที่สำรวจ (2568)

สรุปตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์

ตัวชี้วัด	ค่า
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	62,395.82 บาท
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	2.94
อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI)	193.71%

ตารางผนวกที่ 53 ผลการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทนของวิธีที่ 4

วิธีที่ 4: แล่บหญ้าแฝก (V.I.=4 เมตร) เพียงอย่างเดียว

ปี	ผลประโยชน์ ณ ปัจจุบัน (Dis. Benefit)	ต้นทุน ณ ปัจจุบัน (Dis. Cost)	รายได้สุทธิ (Net income)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV รายปี)	รายได้ปัจจุบันสุทธิสะสม
0	-	5,760.00	(5,760.00)	(5,760.00)	(5,760.00)
1	13,081.87	3,084.68	10,705.48	9,997.19	10,705.48
2	12,226.05	2,890.30	10,705.48	9,335.74	21,410.96
3	11,514.77	2,708.18	10,705.48	8,806.59	32,116.44
4	10,789.19	2,537.53	10,705.48	8,251.66	42,821.92
5	10,109.34	2,377.63	10,705.48	7,731.71	53,527.40
6	9,472.33	2,227.81	10,705.48	7,244.51	64,232.88
7	8,875.45	2,087.43	10,705.48	6,788.02	74,938.36
8	8,316.19	1,955.90	10,705.48	6,360.29	85,643.84
9	7,792.16	1,832.65	10,705.48	5,959.51	96,349.32
10	7,301.16	1,717.17	10,705.48	5,583.99	107,054.80
รวม	99,478.50	29,179.29	101,294.80	70,299.21	

ที่มา: วิเคราะห์ข้อมูลจากที่สำรวจ (2568)

สรุปตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์

ตัวชี้วัด	ค่า
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	70,299.21 บาท
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	3.41
อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI)	240.92 %

ตารางผนวกที่ 54 ผลการวิเคราะห์ต้นทุน-ผลตอบแทนของวิธีที่ 5

วิธีที่ 5: คุรบน้ำขอบเขา (V.I.=8 ม.) + แถบหญ้าแฝก (V.I. = 4 ม.)

ปี	ผลประโยชน์ ณ ปัจจุบัน (Dis. Benefit)	ต้นทุน ณ ปัจจุบัน (Dis. Cost)	รายได้สุทธิ (Net income)	มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV รายปี)	รายได้ปัจจุบันสุทธิสะสม
0	-	8,782.88	(8,782.88)	(8,782.88)	(8,782.88)
1	10,961.68	3,080.18	8,441.68	7,851.50	8,441.68
2	10,244.56	2,886.09	8,441.68	7,358.47	16,833.46
3	9,648.56	2,704.23	8,441.68	6,944.33	25,325.04
4	9,040.58	2,533.83	8,441.68	6,506.75	33,766.40
5	8,470.91	2,374.17	8,441.68	6,096.75	42,208.40
6	7,937.14	2,224.56	8,441.68	5,712.57	50,650.08
7	7,437.00	2,084.39	8,441.68	5,352.61	59,091.76
8	6,968.38	1,953.05	8,441.68	5,015.33	67,533.44
9	6,529.28	1,829.98	8,441.68	4,690.30	75,975.12
10	6,117.86	1,714.67	8,441.68	4,403.19	84,416.80
รวม	83,355.96	32,168.02	75,633.92	51,187.93	

ที่มา: วิเคราะห์ข้อมูลจากที่สำรวจ (2568)

สรุปตัวชี้วัดทางเศรษฐศาสตร์

ตัวชี้วัด	ค่า
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV)	51,187.93 บาท
อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (BCR)	2.59
อัตราผลตอบแทนจากการลงทุน (ROI)	159.13 %

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง การศึกษาผลของมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อการเจริญเติบโตและ
ผลผลิตของข้าวโพดบนพื้นที่สูง ในเขตพัฒนาที่ดินลุ่มน้ำจันทอนบน
ตำบลแม่สลองนอก อำเภอแม่ฟ้าหลวง จังหวัดเชียงราย

Study of the Effects of Soil and Water Conservation Measures
on the Growth Rate and Yield of Corn in Highland Areas of
Maejun Sub-watershed, Mae Salong Nok Subdistrict,
Mae Fah Luang District, Chiang Rai province.

โดย

นางสุนิย์รัตน์ โลหะโชติ

ทะเบียนวิจัยเลขที่ 57 59 02 11 20003 021 102 01 11

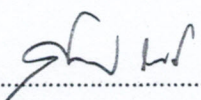
กลุ่มวิชาการเพื่อการพัฒนาที่ดิน สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7

กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

กรกฎาคม 2559



ขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ

(ลงชื่อ)..... 

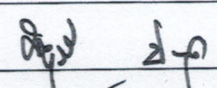
(นางสุนิย์รัตน์ โลหะโชติ)

ตำแหน่ง นักวิชาการเกษตรชำนาญการพิเศษ

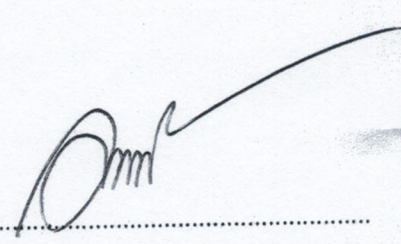
ผู้ขอประเมิน

วันที่ 22 / พ.ค. / 2569.....

ขอรับรองว่าสัดส่วนการดำเนินการข้างต้นเป็นความจริงทุกประการ (ถ้ามี)

รายชื่อผู้มีส่วนร่วมในผลงาน	ลายมือชื่อ
นางสาวมยุรี ปละอุด	
นางสาวสุภาพร สิ้นศิริวัฒนา	

ได้ตรวจสอบแล้วขอรับรองว่าผลงานดังกล่าวข้างต้นถูกต้องตรงกับความเป็นจริงทุกประการ

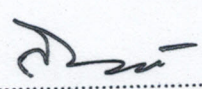
ลงชื่อ..... 

(นายเอนก ดีพรมกุล)

ตำแหน่ง ผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาที่ดินเขต 7

(ผู้บังคับบัญชาที่ควบคุมดูแลการดำเนินการ)

วันที่ 22 / พ.ค. / 2569.....

ลงชื่อ..... 

(นางสาวสุมิตรา วัฒนา)

ตำแหน่ง อธิบดีกรมพัฒนาที่ดิน

(ผู้บังคับบัญชาที่เหนือขึ้นไป)

วันที่ 28 / พ.ค. / 2569.....