การประเมินคุณภาพดินภาคสนามและการสูญเสียดินในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) และเกษตรผสมผสาน อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

ปฐมพงศ์ โหมเพ็ง

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาปฐพีศาสตร์
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2566

การประเมินคุณภาพดินภาคสนามและการสูญเสียดินในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) และเกษตรผสมผสาน อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

ปฐมพงศ์ โหมเพ็ง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาปฐพีศาสตร์
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2566

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

การประเมินคุณภาพดินภาคสนามและการสูญเสียดินในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) และเกษตรผสมผสาน อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

ปฐมพงศ์ โหมเพ็ง

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาปฐพีศาสตร์

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(อาจารย์ ดร.จักรพงษ์ ไชยวงศ์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จีราภรณ์ อินทสาร)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาสนา วิรุญรัตน์)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฏิภาณ สุทธิกุลบุตร)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รองอธิการบดี
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง การประเมินคุณภาพดินภาคสนามและการสูญเสียดินในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว
(ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) และเกษตรผสมผสาน อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่
ชื่อผู้เขียน นายปฐมพงศ์ โหมเพ็ง
ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก อาจารย์ ดร.จักรพงษ์ ไชยวงศ์

บทคัดย่อ

การศึกษาการประเมินคุณภาพดินภาคสนามและการสูญเสียดินในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) และเกษตรผสมผสาน อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินสมบัติดินทั้งทางด้านกายภาพ เคมีและการสูญเสียดิน พื้นที่ศึกษาทั้งสิ้น 16 แปลง พื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว 8 แปลง (MON1-MON8) มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่ 896-1034 MSL ระดับความลาดชันอยู่ระหว่าง 28-36% และพื้นที่เกษตรผสมผสาน 8 แปลง (INT1-INT8) มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้แก่ กล้วย มะม่วง ลำไย ยางพารา มะพร้าว และสักผสมในแปลง ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่ 518-813 MSL ระดับความลาดชันอยู่ระหว่าง 27-38 % ประเมินคุณภาพดินภาคสนามโดยใช้วิธีการขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) และการสูญเสียดินโดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation; USLE) ผลการศึกษาการประเมินคุณภาพดินเกษตรเชิงเดี่ยวอยู่ในระดับปานกลาง (20-29.5 คะแนน) และเกษตรผสมผสานอยู่ในระดับปานกลางถึงดี (26.5-35 คะแนน) การแจกกระจายของขนาดอนุภาคและชั้นเนื้อดิน พบว่าเนื้อดินพบว่าทั้ง ดินเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินเหนียว มีการแจกกระจายอนุภาคดินทราย อยู่ระหว่างช่วง 19-67 % กระจายอนุภาคทรายแป้งในอยู่ระหว่างช่วง 8-24 % กระจายอนุภาคดินเหนียว อยู่ระหว่างช่วง 19-67% ความหนาแน่นรวมของดินอยู่ระหว่างช่วง 0.75-1.72 Mg/m^3 ความหนาแน่นอนุภาคของ อยู่ในช่วงระหว่าง 1.31-2.51 Mg/m^3 ความพรุนรวมของดินอยู่ระหว่างช่วง 27-70% และความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน อยู่ระหว่างช่วง 30-47% และสมบัติทางเคมีพบว่าความเป็นกรดด่างของดินมีค่าเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด (4.82-5.39) ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมีค่าต่ำมากถึงปานกลาง (0.36-1.80%) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าต่ำมากถึงต่ำ (0.92-5.76 ppm) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าต่ำถึงปานกลาง (36.74-71.49 ppm) ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าต่ำถึงปานกลาง (940.95-1,834.40 ppm) ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มีค่าต่ำถึงปานกลาง (102.58-202.55 ppm) ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้พื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวมีค่าต่ำ

ถึงปานกลาง (33.79-68.82 ppm) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกได้ของดินมีค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง (6.93--10.88 cmol/kg) และค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสมีค่าต่ำถึงปานกลาง (34.72-72.34 %) การประเมินการสูญเสียดิน พบว่าในพื้นที่เกษตรเชิงเดียวมีค่าการสูญเสียดินรุนแรงมาก 22.78 ตัน/ไร่/ปี และเกษตรผสมผสาน มีค่าการสูญเสียดินปานกลาง 7.19 ตัน/ไร่/ปี การประเมินคุณภาพดินภาคสนามสามารถบ่งบอกคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินบางประการและการประเมินการสูญเสียดินในพื้นที่ ซึ่งปัจจัยที่บ่งบอกได้ชัดเจน คือสิ่งปกคลุมผิวดินและการกร่อนของดินซึ่งมีความสัมพันธ์กัน ในพื้นที่ผสมผสานอาจยังไม่เห็นถึงความแตกต่างในการประเมินเนื่องจากมีการปรับเปลี่ยนได้ไม่นาน

คำสำคัญ : การประเมินคุณภาพดิน, สมบัติทางกายภาพดิน, สมบัติทางเคมีดิน, การสูญเสียดิน

Title	EVALUATION OF VIRTUAL SOIL QUALITY AND SOIL LOSS IN MONOCULTURE (MAIZE) AND INTEGRATED AGRICULTURE AREAS IN MAE CHAEM DISTRICT, CHIANG MAI PROVINCE
Author	Mr. Patompong Hompeng
Degree	Master of Science in Soil Science
Advisory Committee Chairperson	Dr. Chackapong Chaiwong

ABSTRACT

The Virtual soil quality and soil loss assessment in monoculture (maize) and integrated cropland in Meacham district, Chiang Mai province aims to evaluate soil physical and chemical properties and soil loss. A total of 16 plots of the study area were used, 8 of which were representatives of the monoculture (MON1-MON8). The plots were located at an altitude of 896-1,034 m above sea level and had a slope of 28-36%. The 8 representatives of integrated agriculture (INT-INT8) with land uses such as banana, mango, longan, rubber, coconut and teak with an altitude of 518 - 813 m above sea level and a slope of 27-38%. Evaluation of soil quality according to the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) manual and evaluation of soil loss in the area using the Universal Soil Loss Equation (USLE). The results showed that the evaluation of soil quality in monoculture (corn) was moderate (20-29.5 points) and moderate to good (26.5-35 points). The physical properties of the soil were sandy-loamy to clayey in both farming systems. The percentage of sand, silt, and clay particles ranged from 19-65%, 8-24%, and 19-66%, respectively. The bulk density of the soil ranged from low to high (0.72-1.75 Mg/m^3). The particle density of the soil ranged from 1.31-2.51 Mg/m^3. The total porosity of the soil ranged from 29-70%. The water holding capacity of the soil ranged from 30-46% Chemical properties: The pH of the soil was very strongly acidic to strongly acidic (4.82-5.396). Organic matter content was very low to moderate (0.36-1.80%), and available phosphorus content was very low to low (0.92-5.67 ppm).

Exchangeable potassium content was low to medium (36.74-71.49 ppm). Exchangeable calcium was low to medium (940.95-1,834.40 ppm). Exchangeable magnesium content was low to medium (102.58-202.55 ppm). Exchangeable sodium content was low to moderate (33.79-68.82 ppm). Cation exchange capacity was moderately low to medium (6.93-10.88 cmol/kg) and base saturation was low to medium (34.72-72.34%). Soil loss assessment showed that monoculture had very heavy soil losses of 22.78 ton/rai/year and integrated agriculture had moderate soil losses of 7.19 ton/rai/year. Soil quality assessment can provide information about some of the physical and chemical properties of the soil, and soil loss assessment in an area where the factors are clearly stated is the relationship between surface cover and soil erosion. In integrated agriculture, there may be no difference in the assessment due to recent adaptations.

Keywords : Soil quality assessment, Soil physical, Soil chemical, Soil erosion

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำการวิจัยเรื่อง การประเมินคุณภาพดินภาคสนามและการสูญเสียดินในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) และพื้นที่เกษตรผสมผสาน อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านทุนวิจัย ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์จักรพงษ์ ไชยวงศ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านทุนการศึกษา คำปรึกษาในการศึกษาและการดำเนินงานวิจัย ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไข และช่วยเหลือตักเตือนในเรื่องของการทำงานวิจัยให้กับข้าพเจ้าตลอดมา ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จีราภรณ์ อินทสาร และอาจารย์ ดร.วาสนา วิรุญรัตน์ กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ ตรวจสอบแก้ไข จนงานวิจัยฉบับนี้ของข้าพเจ้าสำเร็จลุล่วง นักศึกษาสาขาปฐพีศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ ที่ให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิจัย และภาควิชาปฐพีศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในเรื่องสถานที่ห้องปฏิบัติการ และอุปกรณ์ ซึ่งทางผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณมาไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ปฐมพงศ์ โหมเพ็ง

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญรูปภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

ขอบเขตงานวิจัย 2

บทที่ 2 ตรวจเอกสาร 3

2.1 ระบบเกษตรเชิงเดี่ยว (Monoculture system) 3

2.2 ระบบเกษตรผสมผสาน (Integrated agriculture system) 4

2.3 ระบบการทำการเกษตรบนพื้นที่สูง (Highland agriculture system) 5

2.4. การประเมินคุณภาพดิน (Soil quality evaluation) 6

2.5 การจัดการดินเพื่อการเกษตร (Soil management for agricultural) 9

2.6. การกร่อนของดิน (Soil erosion) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563) 13

บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ 16

3.1 พื้นที่ศึกษา 16

3.2 อุปกรณ์ในการทำวิจัย 22

3.3 การศึกษาภาคสนามและการเก็บตัวอย่างดิน 22
3.4 การประเมินคุณภาพภาคสนาม (Visual soil assessment) 22
3.5 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินบางประการ 25
3.6 การประเมินการสูญเสียดินโดยสมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation: USLE) 27
3.7 วิเคราะห์ผลทางสถิติ 30
บทที่ 4 ผลการศึกษาและวิจารณ์ 31
4.1 การประเมินคุณภาพดินภาคสนาม 31
4.2 สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินบางประการ 49
4.3 การประเมินการสูญเสียดินโดยสมการสูญเสียดินสากล 61
บทที่ 5 สรุป 66
บรรณานุกรม 69
ภาคผนวก 77
ประวัติผู้วิจัย 90

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ลักษณะของพื้นที่ศึกษาเกษตรเชิงเดี่ยว 16
ตารางที่ 2 ลักษณะของพื้นที่ศึกษาเกษตรผสมผสาน 19
ตารางที่ 3 ค่าคงที่ของ K-factor ตามลักษณะเนื้อดินในพื้นที่สูง 28
ตารางที่ 4 ค่าคงที่ของ C-factor และ P-factor ตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน 30
ตารางที่ 5 คะแนนการประเมินคุณภาพดินภาคสนามในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว 39
ตารางที่ 6 คะแนนการประเมินคุณภาพดินภาคสนามในพื้นที่เกษตรผสมผสาน 48
ตารางที่ 7 คุณสมบัติทางกายภาพของดินบางประการในดินบน (0-30 เซนติเมตร) 54
ตารางที่ 8 คุณสมบัติทางกายภาพของดินบางประการในดินล่าง (30-100 เซนติเมตร) 55
ตารางที่ 9 คุณสมบัติทางเคมีของดินบางประการในดินบน (0-30 เซนติเมตร) 58
ตารางที่ 10 คุณสมบัติทางเคมีของดินบางประการในดินล่าง (30-100 เซนติเมตร)) 59
ตารางที่ 11 การประเมินการสูญเสียดินโดยสมการ USLE ในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว (ตัน/ไร่/ปี) 64
ตารางที่ 12 การประเมินการสูญเสียดินโดยสมการ USLE ในพื้นที่เกษตรผสมผสาน (ตัน/ไร่/ปี) 65
ตารางที่ 13 การประเมินการสูญเสียดินในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและเกษตรผสมผสาน(ตัน/ไร่/ปี) 65

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แสดงการจำแนกธรณีวิทยาและเส้นทางน้ำ ตำบลบ้านทับ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่17
ภาพที่ 2 แสดงการจำแนกธรณีวิทยาและเส้นทางน้ำ ตำบลช่างเคิ่ง อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ 20
ภาพที่ 3 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ 21
ภาพที่ 4 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ MON1 31
ภาพที่ 5 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ MON2 32
ภาพที่ 6 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ MON3 33
ภาพที่ 7 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ MON4 34
ภาพที่ 8 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ MON5 35
ภาพที่ 9 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ MON6 36
ภาพที่ 10 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ MON7 37
ภาพที่ 11 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ MON8 38
ภาพที่ 12 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ INT1 40
ภาพที่ 13 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ INT2 41
ภาพที่ 14 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ INT3 42
ภาพที่ 15 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ INT4 43
ภาพที่ 16 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ INT5 44
ภาพที่ 17 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ INT6 45
ภาพที่ 18 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ INT7 46
ภาพที่ 19 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ INT8 47
ภาพที่ 20 การกระจายขนาดอนุภาคและชั้นเนื้อดินหลักในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว 52
ภาพที่ 21 การกระจายขนาดอนุภาคและชั้นเนื้อดินหลักในพื้นที่เกษตรผสมผสาน 53

มหาวิทยาลัยแม่โจ้
MAEJO UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

พื้นที่อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูง คิดเป็นร้อยละ 70 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้มีสถานะเป็นพื้นที่ป่าตามกฎหมาย การใช้ประโยชน์ที่ดินมีการเปลี่ยนแปลงทุกปีที่เห็นได้ชัดเจนที่สุดคือ การเปลี่ยนสลับไปมาระหว่างไร่เลื่อนรอยและไร่ล้างกับป่ารุ่นสอง ในช่วงปี พ.ศ 2531-2540 มีการเปลี่ยนแปลงจากการใช้ประโยชน์ที่ดินจากป่าเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและไร่เลื่อนลอย ร้อยละ 40 ของพื้นที่ และการใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ป่าลดลงถึงร้อยละ 86.86 (จำรูญ, 2546) การขยายตัวของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เริ่มต้น ในปี พ.ศ. 2542 โดยเกษตรกรร้อยละ 80 มีอาชีพหลัก คือการปลูกข้าวโพด ซึ่งมีข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพดเมล็ดพันธุ์ ส่วนที่เหลือร้อยละ 20 มีอาชีพหลักเป็นการปลูกหอมแดง ลิ้นจี่ ลำไย มะม่วง ฯลฯ (โอฬาร และ วัชรพล, 2563) ในปี พ.ศ. 2560 เกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเมล็ดพันธุ์มีจำนวนลดลงมากอาจมีสาเหตุมาจากหลายประเด็นคือ นโยบายการไม่รับซื้อข้าวโพดในพื้นที่ไม่มีเอกสารสิทธิ์ ปัญหาหมอกควัน และราคาข้าวโพดราคาตก (นพพล และ นาฏสุดา, 2562) ทำให้เกษตรกรเริ่มมีความสนใจเรื่องเกษตรผสมผสานในปี พ.ศ. 2561 เริ่มมีการปรับเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยมีการทำเกษตรแบบผสมผสานร้อยละ 5 ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร้อยละ 53 พื้นที่ป่าร้อยละ 29 พื้นที่นาข้าวร้อยละ 5 ฯลฯ (นาฏสุดา, 2561) เกษตรกรจึงมีการรวมกลุ่มเกษตรกรที่สนใจเข้าร่วมโครงการกสิกรรมธรรมชาติศาสตร์พระราชา ซึ่งมีการรวมกลุ่มกันปลูกพืชผักปลอดภัยแบบผสมผสานและปลอดสารเคมี (ชรัญญา และ เก็จวลี, 2563) ระบบการเกษตรมีผลต่อการกร่อนของดินและคุณภาพดิน เนื่องจากในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่มีความลาดชันสูง ความแตกต่างของลักษณะพืชพรรณที่ปกคลุมดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน ถือเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกร่อนของดิน อิทธิพลดังกล่าวจะแปรผันไปตามสภาพภูมิประเทศ ปริมาณน้ำฝน และการจัดการของเกษตรกร (รพีพงศ์, 2557) การสูญเสียหน้าดินและอินทรียวัตถุในการกร่อนของดิน ส่งผลต่อด้านคุณภาพดินโดยจะพบปัญหาเรื่องดินเสื่อมโทรมทางด้านกายภาพและเคมีของดิน เนื่องจากการสูญเสียอินทรียวัตถุในดินจากการกร่อนของดินจะทำให้ความหนาแน่นของดินเพิ่มขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำลงและการใส่ปุ๋ยเคมีที่มีไฮโดเจนไอออน (H^+) เป็นองค์ปะกอบทำให้ดินมีความเป็นกรดลดลงซึ่งทำให้ธาตุอาหารพืชบางตัวเปลี่ยนสภาพไปอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช การประเมินคุณภาพดินป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินให้เหมาะสมต่อการเพาะปลูกพืชแต่ละชนิดเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการเกษตร (ปิยพร และคณะ, 2561) ซึ่งในการตรวจสอบคุณภาพดินจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลผลวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการประกอบในการพิจารณาอาจจะต้องใช้เวลาใน

การวิเคราะห์ แต่เนื่องจากคุณภาพดินไม่สามารถวัดได้โดยตรง จึงต้องมีตัวบ่งชี้ที่ตรวจวัดได้ง่าย มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของดิน และครอบคลุมสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดิน เพื่อให้เกษตรกรเกิดเข้าใจและเข้าถึงการใช้งานแบบง่าย การประเมินคุณภาพดินภาคสนามโดยวิธีการประเมินดินด้วยสายตา (Visual Soil Assessments: VSA) จึงมีความสำคัญในการประเมินเพื่อใช้สำหรับการวางแผนการเพาะปลูกและเป็นข้อมูลสนับสนุนสำหรับการตัดสินใจในการจัดการด้านการเกษตรในแต่ละปี (FAO, 2020)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาการประเมินคุณภาพของดินภาคสนาม การสูญเสียดิน และคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินบางประการของดิน ในพื้นที่ระบบเกษตรเชิงเดี่ยวโดยปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นหลักและระบบเกษตรผสมผสาน อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

แนวทางในการจัดการดินเพื่อการเกษตรโดยใช้หลักการประเมินคุณภาพดินภาคสนาม คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินบางประการของดินและการประเมินการสูญสียดิน ของการใช้ประโยชน์ที่ดินและการจัดการดินที่แตกต่างกันในพื้นที่สูง

ขอบเขตงานวิจัย

การประเมินคุณภาพดินภาคสนาม คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดินบางประการของดินและการประเมินการสูญสียดิน ในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) และเกษตรผสมผสาน มีพื้นที่ศึกษาทั้งสิ้น 16 แปลง โดยเป็นตัวแทนของพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว 8 แปลง และตัวแทนของพื้นที่เกษตรผสมผสาน 8 แปลง ในพื้นที่ ตำบลบ้านทับ และตำบลช่างเคิ่ง อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

บทที่ 2
ตรวจเอกสาร

การเกษตรนั้นมีความสำคัญต่อความเป็นอยู่ของประชาชนในประเทศไทย กล่าวคือ เป็นองค์ประกอบของปัจจัย 4 และความต่อเนื่องในการทำการเกษตรส่งผลให้เกิดการพัฒนาและเปลี่ยนแปลงทางสังคม ทางด้านโครงสร้างและหน้าที่ของระบบสังคม เช่น การร่วมมือกันของหน่วยงานต่างๆ เพื่อแก้ปัญหาทางด้านการเกษตรตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ก่อนช่วง พ.ศ. 2530 มีผู้ประกอบอาชีพเกษตรกร ร้อยละ 60 ของประชากรในประเทศ

2.1 ระบบเกษตรเชิงเดี่ยว (Monoculture system)

ระบบเกษตรเชิงเดี่ยวเป็นรูปแบบการเกษตรที่เกษตรกรของไทยนิยมทำกันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะเกษตรกรที่มีพื้นที่ในการทำการเกษตรเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นวิธีการเพาะปลูกที่ง่ายต่อการจัดการ สะดวก สามารถดูแลเป็นบริเวณกว้าง เกษตรกรนิยมใช้สารเคมีเป็นตัวควบคุมการผลิตในด้านการเจริญเติบโตและกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืช เพื่อเพิ่มผลผลิตและเป็นที่ต้องการตามตลาดระบบการเกษตรพืชเชิงเดี่ยวให้ผลิตผลมากกว่าการปลูกพืชชนิดอื่นผสมกัน การปลูกอย่างเป็นระเบียบทำให้การใช้เนื้อที่มีประสิทธิภาพมากกว่าพืชผสม ปัญหาที่พบการทำเกษตรเชิงเดี่ยว คือต้องอาศัยปัจจัยภายนอกในการผลิตผลผลิต วัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในการเพาะปลูกขึ้นอยู่กับกลไกทางตลาดและการแข่งขันกัน ระหว่างผู้ผลิตด้วยกันเองการใช้สารกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชแบบไม่ควบคุมปริมาณตามที่กรมวิชาการเกษตรกำหนดทำให้ส่งผลด้านสารเคมีตกค้างอย่างเลี่ยงไม่ได้และส่งผลถึงปัญหาการเสื่อมโทรมของที่ดิน (กิติศักดิ์, 2564)

ระบบเกษตรเชิงเดี่ยว (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) เกษตรกรต้องการเพิ่มรอบในการปลูกส่งผลให้การเตรียมพื้นที่สำหรับการปลูกรอบถัดไป เกษตรกรใช้การเผาหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต เพื่อสะดวกต่อการจัดการ นอกจากนี้การไม่มีทางเลือกในการประกอบอาชีพจึงเป็นเหตุจูงใจให้เกษตรกรบนพื้นที่สูงขยายพื้นที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มากขึ้น ขณะเดียวกันต้องเผชิญกับความเสี่ยงจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศและปัญหาการขาดแคลนน้ำในการเกษตร (นพพล และ นาฏสุดา, 2562) ในพื้นที่อำภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ เริ่มมีการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในปี พ.ศ. 2544 ที่บ้านแม่ขี้มูก ตำบลบ้านทับ และได้เริ่มกระจายการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตามตำบลอื่นๆ ประกอบกับข้าวโพดเป็นพืชอายุสั้น เติบโตเร็ว ใช้น้ำในการเติบโตน้อย การเพาะปลูก การดูแลรักษาและการเก็บเกี่ยวไม่ยุ่งยาก มีตลาดรองรับผลผลิตที่แน่นอน เป็นต้น ส่งผลให้เกษตรกรผู้ปลูกข้าวโพดมีรายได้สูงและแน่นอน เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกษตรกรมีการขยายพื้นที่เพาะปลูก (สมเกียรติ และ นารินจง, 2562) เกษตรกรอำเภอแม่แจ่ม ร้อยละ 80 มีอาชีพหลัก คือการปลูกข้าวโพด ซึ่งมีทั้งข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และข้าวโพด

เมล็ดพันธุ์ส่วนที่เหลือร้อยละ 20 มีอาชีพหลักเป็นการปลูกหอมแดง ลิ้นจี่ ลำไย มะม่วง ฯลฯ (โอฬาร และ วัชรพล, 2563)

2.2 ระบบเกษตรผสมผสาน (Integrated agriculture system) (ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรี, 2565)

ระบบเกษตรผสมผสานเป็นระบบเกษตรที่มีการปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์หลายๆ ชนิดในพื้นที่เดียวกัน โดยการผลิตแต่ละชนิดเอื้อประโยชน์ซึ่งกันและกัน ระบบความสัมพันธ์อาจจะอยู่ในรูปความสัมพันธ์ระหว่างพืชกับพืช พืชกับสัตว์ หรือสัตว์กับสัตว์ ระบบเกษตรผสมผสานให้ความสำคัญต่อสภาพแวดล้อมทางกายภาพเศรษฐกิจ สังคม มีการใช้แรงงาน เงินทุน ที่ดิน ปัจจัยการผลิตและการใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนรู้จักนำวัสดุเหลือใช้จากการผลิตชนิดหนึ่งมาหมุนเวียนใช้ประโยชน์ เน้นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ในพื้นที่อย่างเหมาะสมและให้เกิดประโยชน์สูงสุด มีความสมดุลด้านสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่องตลอดจนมีการเพิ่มพูนความอุดมสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติ

ระบบเกษตรผสมผสาน แบ่งตามตามลักษณะของสภาพพื้นที่เป็นตัวกำหนด

- ระบบเกษตรผสมผสานในพื้นที่สูง ลักษณะของพื้นที่เป็นพื้นที่สูง มีการใช้ทรัพยากรจากป่าเป็นหลัก และปรับเปลี่ยนมาทำพืชเศรษฐกิจ พื้นที่โดยรวมมีความลาดชันอยู่ที่ระหว่าง 10-50 % ซึ่งจะพบการกร่อนของดินสูง ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลงและมีผลกระทบต่อการผลิตพืช รูปแบบของการทำเกษตรผสมผสานที่มีการอนุรักษ์ดินและน้ำ จะช่วยลดการกร่อนของดินได้

- ระบบเกษตรผสมผสานในพื้นที่ราบเชิงเขา พื้นที่ส่วนใหญ่จะเป็นที่ดอน อาศัยน้ำฝน ปลูกพืชไร่เป็นหลัก รองลงมาจะเป็นไม้ผล ข้าวไร่ การจัดการการปลูกแบบผสมผสาน ได้แก่ การปลูกไม้ผลร่วมกับไม้ใช้สอยในพื้นที่หรือปรับเปลี่ยนพื้นที่ปลูกพืชไร่เศรษฐกิจอายุสั้น มาทำกิจกรรมการเลี้ยงสัตว์และปลูกพืชอาหารสัตว์ประเภทต่างๆ ควบคู่กันไป

- ระบบเกษตรผสมผสานในพื้นที่ดอน โดยทั่วไปในพื้นที่มีการปลูกพืชไร่เศรษฐกิจเชิงเดี่ยวเป็นหลัก ลักษณะของการทำเกษตรผสมผสานอาจทำได้หลายรูปแบบ เช่น ลักษณะการปลูกพืชเสริมโดยใช้พืชตระกูลถั่วเสริมในแถวพืชหลัก เช่น ข้าวโพด ฝ้าย มันสำปะหลัง ฯลฯ หรือการใช้พื้นที่ในการเลี้ยงปศุสัตว์ เช่น โค และปลูกพืชอาหารสัตว์ เป็นต้น

- ระบบเกษตรผสมผสานในพื้นที่ราบลุ่ม พื้นที่โดยรวมจะเป็นนาข้าวการใช้ประโยชน์ที่ดินจะเป็นข้าว ข้าว-พืชไร่เศรษฐกิจ ข้าว-พืชผักเศรษฐกิจ พืชผัก-ข้าว-พืชไร่ และพืชไร่-ข้าว-พืชไร่ เป็นต้น การจะปลูกพืชหลายครั้งในรอบปีขึ้นอยู่กับระบบการชลประทานเป็นหลัก เกษตรแบบ

ผสมผสานในพื้นที่นี้จะเป็นระบบเกษตรผสมผสานที่มีข้าวเป็นพืชหลัก สำหรับในพื้นที่ที่มีระดับน้ำสูง มีการปรับเปลี่ยนพื้นที่สำหรับเลี้ยงปลาในบ่อได้ด้วยรูปแบบเกษตรผสมผสาน

2.3 ระบบการทำการเกษตรบนพื้นที่สูง (Highland agriculture system)

การเกษตรบนพื้นที่สูงนั้น ลักษณะทั่วไปของพื้นที่มีความลาดชันโดยเฉลี่ยมากกว่า 35 % มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางมากกว่า 500 เมตร พื้นที่สูงในประเทศไทยครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 67.22 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 53 ของพื้นที่ ชุมชนในพื้นโดยรวมเป็นพื้นที่ป่าต้นน้ำ อยู่ในเขตอุทยานและเขตป่าสงวน พื้นที่ทำการเกษตร ร้อยละ 96.48 ของพื้นที่สูงใน 12 จังหวัดของภาคเหนือ (อุทิศ, 2557) ระบบการทำเกษตรบนพื้นที่สูง แบ่งได้ดังต่อไปนี้

- ระบบเกษตรไร่หมุนเวียนหรือไร่เลื่อนลอย (Shifting cultivation system) ไร่เลื่อนลอยหรือไร่หมุนเวียนมีลักษณะต่างจากการทำไร่ประเภทอื่นๆ คือ ช่วงเวลาของการทำการเกษตรเรียกว่า รอบหมุนเวียน (Rotation) เกษตรกรเรียกพื้นที่ที่อยู่ในช่วงการปลูกพืชว่า "ไร่" และพื้นที่ที่อยู่ในช่วงของการพักการทำการเกษตร จะเรียกว่า "ไร่เหล่า" ยิ่งมีจำนวนพื้นที่มากเท่าไรก็จะทำให้รอบหมุนเวียนมีระยะเวลายาวมากขึ้น ซึ่งทำให้ดินมีการพักตัวทำให้ความอุดมสมบูรณ์เพิ่มสูงขึ้นการทำการเกษตรแบบไร่เหล่า ถูกเรียกว่า การทำการเกษตรแบบตัดฟันโค่นเผา (Slash and burn cultivation) กล่าวคือ จับจองพื้นที่ในฤดูแล้ง เริ่มตัดต้นไม้ ปล่อยเศษไม้ทิ้งไว้รอจนกว่าจะแห้ง หลังจากนั้นเผาก่อนเข้าฤดูฝนและทำการเพาะปลูกในช่วงเวลาสั้นๆ แล้วหมุนเวียนไปทำการเกษตรพื้นที่อื่นต่อไป องค์การอาหารและการเกษตรแห่งสหประชาชาติให้ความเห็นว่าระบบเกษตรไร่หมุนเวียนหรือไร่เลื่อนลอยเป็นสาเหตุทำให้เกิดการกร่อนของดิน (Soil erosion) และดินเสื่อมโทรม อย่างไรก็ตามในพื้นที่ภูมิอากาศเขตร้อน (Tropical zone) เกษตรไร่หมุนเวียนหรือไร่เลือนลอย ถือว่าเป็นระบบเกษตรที่ยั่งยืนได้ก็ต่อเมื่อมีจำนวนของประชากรหนาแน่น ไม่เกิน 20 คนต่อตารางกิโลเมตร แบ่งระบบการเกษตรไร่หมุนเวียนหรือไร่เลือนลอยเป็น 3 ประเภท ได้แก่

- ระบบปลูกสั้นเว้นยาว (Short cultivation - long fallow) เกษตรกรที่ทำการเกษตรระบบนี้ได้แก่ ชาวเขาเผ่าปกาเกอะญอ (Karen) และถั่ว (Lua) ซึ่งส่วนมากอยู่ทางภาคเหนือของประเทศไทย โดยจะทำการเกษตรในพื้นที่เพียงปีเดียว หลังจากนั้นทิ้งพื้นที่ให้มีความอุดมสมบูรณ์เองตามธรรมชาติอย่างน้อย 6-7 ปี หรืออาจจะนานถึง 12-15 ปี ในพื้นที่ที่มีประชากรน้อยจึงกลับมาใช้พื้นที่เดิมอีกครั้ง

- ระบบปลูกยาวเว้นยาวมาก (Long cultivation - very long fallow) เกษตรกรที่ทำการเกษตรระบบนี้ได้แก่ ม้ง เย้า ละหู่ ถือซอ และอาข่า เป็นต้น ซึ่งชาวเขาเผ่าดังกล่าวเป็นผู้อพยพเข้ามาใหม่ จึงมีทางเลือกน้อยในการเลือกพื้นที่ โดยจะทำการเกษตรในพื้นที่ติดต่อกันเป็นระยะเวลานานหลายปี (มากกว่า 5 ปี) จนเกิดการเสื่อมโทรมของดินและมีปริมาณของวัชพืชเป็นจำนวนมาก จึงละ

ทิ้งพื้นที่และย้ายพื้นที่ไปทำการเกษตรในพื้นที่อื่นแทน ชาวเขาเหล่านี้มักจะตั้งถิ่นฐานในพื้นที่ประมาณ 10-20 ปี หลังจากนั้นจึงย้ายไปพื้นที่อื่น

- ระบบปลูกสั้นเว้นสั้น (Short cultivation - short fallow) พืชพรรณในบริเวณนี้จะเป็นไม้จำพวกไม้พุ่มมีต้นไม้ขึ้นเล็กน้อย โดยทำการเกษตรในช่วงระยะเวลาสั้นๆ คือ 1-2 ปี จากนั้นปล่อยพื้นที่ทิ้งไว้ 3-4 ปี จึงกลับมาใช้พื้นที่อีกครั้ง (วุฒิพงษ์, 2556)

2.4. การประเมินคุณภาพดิน (Soil quality evaluation) (ยงยุทธ, 2557)

ทรัพยากรดินเป็นปัจจัยสำคัญในการชี้วัดในด้านสิ่งแวดล้อมอย่างหนึ่ง ดังนั้นจึงควรมีการตรวจสอบคุณภาพดิน เพื่อให้มีการจัดการดินอย่างยั่งยืนและการจำแนกดินออกเป็นหมวดหมู่จะทำให้การจัดการดินและพืชเป็นไปอย่างเหมาะสมในแต่ละพื้นที่จากการศึกษาของ Shepherd, (2000) ได้ศึกษาจัดทำคู่มือการประเมินคุณภาพของดินภาคสนาม (Visual soil assessment: VSA) โดยศึกษาในประเทศนิวซีแลนด์ มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพทางชีวภาพ และเคมีของดินที่แสดงเป็นลักษณะที่มองเห็นได้ง่าย และใช้การประเมินแบบให้คะแนน มีการให้คะแนนส่วนของดิน ได้แก่ โครงสร้างดิน ความพรุนของดิน สีดิน สีจุดประของดิน จำนวนไส้เดือนดิน การไถพรวน และการกร่อนของดิน ส่วนการให้คะแนนของพืช ได้แก่ การเกิดผล ความยาวของผลผลิต การพัฒนาตัวของราก ปริมาณผลผลิต โรคพืช วัชพืช การขังน้ำของดิน และต้นทุนการผลิต การใช้คู่มือการประเมินคุณภาพของดินภาคสนาม (VSA) ชี้ให้เห็นว่าการเกษตรกรเกิดความสนในการฟื้นฟูระบบนิเวศเกษตรที่เสื่อมโทรมในพื้นที่มากขึ้น เนื่องจากการร่วมมือของเกษตรกรในการออกแบบ การตัดสินใจ และการประเมินโครงการวิจัยเพื่อการฟื้นฟูระบบนิเวศเกษตร ซึ่งมีความจำเป็นในการยกระดับการเปลี่ยนแปลงที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมและครอบคลุมระบบนิเวศเกษตรยั่งยืนในระยะยาว (Soto et al, 2021)

2.4.1 การประเมินคุณภาพทางกายภาพของดิน (Soil physical quality evaluation) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2564ข)

- เนื้อดิน (Texture) หมายถึง ช่วงขนาดของอนุภาคดิน ในดินที่ต่างกันส่วนใหญ่มีขนาดของอนุภาคขนาดใหญ่ ปานกลาง หรือเล็ก ในเชิงคุณภาพเนื้อดินจะบอกความรู้สึกว่าหยาบ สาก มือ หรือละเอียด และลื่นมือ ส่วนในเชิงปริมาณจะบ่งบอกถึงสัดส่วนที่แน่นอนของดินว่ามีสัดส่วนอนุภาคทั้งหมดของดิน ซึ่งได้จากวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

- สีดิน (Soil color) หมายถึง ลักษณะสีที่อยู่ในดินนั้นๆ มีสีที่หลากหลายโดยรวมอยู่ในช่วงสีแดง ดำ เหลืองเทา เทา และสีน้ำตาล สีของดินบ่งบอกลักษณะดินเบื้องต้นได้ เช่น อินทรียวัตถุในดิน ดินที่มีลักษณะของการขังน้ำ หรือดินที่มีเหล็กสะสมอยู่ เป็นต้น

- ความหนาแน่นดินรวม (Bulk density) หมายถึง สัดส่วนระหว่างมวลในส่วนที่เป็นของแข็ง (Mass of soil solids) กับปริมาตรทั้งหมดของดิน (Total volume of soil) รวมไปถึงปริมาตรของส่วนที่เป็นช่องว่างในดิน ค่าความหนาแน่นรวมของดินมีค่าไม่คงที่ขึ้นอยู่กับสภาพของดินและการจัดการดินนั้นๆ กล่าวคือค่าความหนาแน่นรวมจะเปลี่ยนไปเมื่อโครงสร้างของเม็ดดินเปลี่ยนไป

- ความหนาแน่นอนุภาคของดิน (Particle density) หมายถึง สัดส่วนระหว่างมวลในส่วนที่เป็นของแข็งกับปริมาตรของส่วนที่เป็นของแข็งของดิน (Volume of solid) เนื่องจากส่วนที่เป็นของแข็งของดินประกอบด้วยอนุภาคต่างๆ มากมาย ดังนั้นความหนาแน่นของอนุภาคจึงถือว่าเป็นความหนาแน่นเฉลี่ยของดินนั้นๆ มักมีค่าค่อนข้างคงที่เนื่องจากอนุภาคที่ประกอบเป็นส่วนของแข็งของดินมักคงที่หรือใช้เวลานานมากในการสลายตัวหรือเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นในดินอินทรีย์ (Organic soils) ความหนาแน่นอนุภาคเป็นตัวสะท้อนให้เห็นถึงอัตราการสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิดดิน

- ความพรุนรวม (Total porosity) หมายถึง ความพรุนของดินเป็นปริมาตรของดินทั้งหมดโดยความพรุนของดินเป็นตัวช่วยในการพิจารณาในเรื่องของการจัดการดินและน้ำในดินให้เหมาะสมต่อการเจริญของพืช

- ความชื้นในดิน (Soil moisture) หมายถึง น้ำซึ่งถูกดูดซับบนผิวอนุภาคดินหรืออยู่ในสภาวะไอน้ำในช่องระหว่างอนุภาคดิน สามารถบ่งชี้ได้ด้วยคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของดิน ได้แก่ ความหนาแน่นดินรวม ความหนาแน่นอนุภาคของดินและความพรุนรวม ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการเจริญติบโตของพืชอย่างมาก ซึ่งนำไปสู่การจัดการน้ำและดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช

- โครงสร้างของดิน (Soil structure) หมายถึง อนุภาคของดินมาเกาะกันเป็นก้อนหรือเม็ดดินมีขนาดต่างกันรวมกันอย่างหลวมๆ ตามธรรมชาติ

2.4.3 การประเมินคุณภาพทางเคมีภาพของดิน (Soil chemical quality evaluation) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2564ข)

- ความเป็นกรดเป็นด่างของดิน (Soil pH) หมายถึง ค่า negative logarithm ของความเข้มข้นไฮโดรเจนไอออนในส่วนที่ไม่ถูกดูดซับในดิน มีค่าตัวเลขตั้งแต่ 0-14 ใช้แสดงความเป็นกรดเป็นด่างของดิน โดยดินมีค่าน้อยกว่า 7 ดินจะมีลักษณะเป็นกรด หรือมากกว่า 7 ดินจะมีลักษณะเป็นด่าง ความเป็นกรดเป็นด่างของดินมีความสำคัญต่อการเพาะปลูกพืชมาก เพราะเป็นตัวควบคุมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารที่จะละลายออกมาในสารละลายดิน พืชแต่ละชนิดจะมีความเหมาะสมในช่วงความเป็นกรดเป็นด่างของดินต่างกัน โดยทั่วไปความเป็นประโยชน์ของธาตุจะเป็นประโยชน์ในช่วง pH 6.0-7.0 (สมควร, 2551)

- อินทรียวัตถุในดิน (Soil organic matter) หมายถึง ความหมายครอบคลุมตั้งแต่ ซากพืช ซากสัตว์ที่กำลังสลายตัวหรือเซลล์ของจุลินทรีย์ทั้งที่ยังมีชีวิตอยู่และส่วนของจุลินทรีย์ที่ไม่มีชีวิต ดังนั้นอินทรียวัตถุในดินจึงประกอบไปด้วยสารอินทรีย์แทบทุกชนิดที่เกิดขึ้นได้ตามธรรมชาติ บ่งบอกถึงลักษณะทางเคมีของดินและลักษณะทางกายภาพของดิน อินทรียวัตถุเกิดจากการเน่าเปื่อยผุพังหรือการสลายตัวของเศษซากพืชซากสัตว์ที่ทับถมกันอยู่บนดินเป็นแหล่งกำเนิดธาตุอาหารของพืชและจุลินทรีย์ดินโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และกำมะถัน ควบคุมสมบัติทางกายภาพของดิน เช่น โครงสร้างดิน ความร่วนซุย การระบายน้ำ และการแลกเปลี่ยนอากาศของดิน (สมควร, 2551)

- ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation exchange capacity: CEC) หมายถึง ความสามารถในการดูดประจุบวก เป็นหนึ่งในปัจจัยที่นำมาประเมินความสมบูรณ์ของดิน โดยความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินแต่ละชนิดแตกต่างกัน เช่น ดินที่มีอนุภาคดินเหนียวเป็นองค์ประกอบอยู่มากย่อมมีค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูงกว่าดินที่มีอนุภาคดินทรายหรือดินทรายแป้ง ยังบ่งบอกถึงตัวแปรที่เข้ามามีบทบาทในบริเวณนั้น ตัวอย่างเช่น การเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน ทำให้ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มสูงขึ้น เพราะตัวอินทรียวัตถุเองมีพื้นที่ผิวโดยรวมเป็นประจุลบ (จีราภรณ์, 2560)

- อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (%Base saturation) หมายถึง สัดส่วนปริมาณเบสที่แลกเปลี่ยนได้ต่อความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ซึ่งปริมาณแคตไอออนสภาพเบส (basic cation) จะปรากฏในดินตามปริมาณสูงต่ำ คือ ธาตุแคลเซียม (Ca^{2+}) แมกนีเซียม (Mg^{2+}) โพแทสเซียม (K^{+}) และโซเดียม (Na^{+}) อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสจะมีความสัมพันธ์อยู่กับการกำเนิดดิน การพัฒนาของดิน ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการชะละลายธาตุอาหาร ดินที่มีการชะละลายสูงจะมีค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสต่ำ เนื่องจากการสูญเสียแคตไอออนสภาพเบสโดยการไล่ที่ของไฮโดเจนไอออน (H^{+}) นอกจากนั้นยังมีความสัมพันธ์กับระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินด้วย เมื่อค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดินสูงขึ้นอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสจะเพิ่มสูงขึ้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2562)

- ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (Essential element) หมายถึง ธาตุอาหารที่พืชดูดใช้เพื่อการเจริญเติบโต ธาตุที่พบจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชทั้งหมด ปัจจุบันพบ 17 ธาตุที่เป็นที่ยอมรับ ธาตุอาหารที่พืช แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1) ธาตุอาหารมหธาตุ (Macronutrients) แบ่งเป็น 2 กลุ่มย่อย คือ ธาตุอาหารหลัก (Primary nutrients) ประกอบด้วย ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) และธาตุอาหารรอง (secondary nutrients) ประกอบด้วย แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และซัลเฟอร์ (S)

2) ธาตุอาหารจุลธาตุ (Micronutrients/trace elements) ธาตุในกลุ่มนี้ได้แก่ เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) โบรอน (B) คลอรีน (CI) สังกะสี (Zn) ทองแดง (Cu) โมลิบดินัม (Mo) และนิกเกิล (Ni) (จีราภรณ์, 2563)

2.5 การจัดการดินเพื่อการเกษตร (Soil management for agricultural) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2561)

2.5.1 ดินในพื้นที่สูง (Soil in the highlands)

ดินในพื้นที่สูงจำแนกเป็นพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน (Slope complex) อยู่ในกลุ่มชุดดินที่ 62 ลักษณะของดินจะแตกต่างกันไปตามวัตถุต้นกำเนิดดิน บางพื้นที่พบเป็นดินลึก แต่โดยรวมเป็นดินพบเศษชิ้นส่วนของหินปะปนตามความลึกหรือบางพื้นที่พบหินโผล่ ในพื้นที่ทำการเกษตรใช้ระบบไร่เลื่อนลอยโดยปราศจากมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ โดยภาพปัญหาและข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่สูง คือ การเสื่อมสภาพของดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดิน โครงสร้างของดิน และการกร่อนของดิน ซึ่งสัมพันธ์ในด้านการจัดการเรื่องการใช้ปุ๋ยเคมี กล่าวคือการใช้ปุ๋ยเคมีจะเร่งอัตราการสลายตัวของอินทรียวัตถุในดิน ส่งผลให้ความหนาแน่นของดินเพิ่มขึ้น ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินลดลง และการใช้ปุ๋ยเคมีที่มีไฮโดเจนไอออน (H^+) เป็นองค์ประกอบ ส่งผลให้ดินมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น ธาตุอาหารพืชบางตัวเปลี่ยนสภาพไปอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ดินในบริเวณพื้นที่สูงเกิดขึ้นจากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่หรือเคลื่อนย้ายลงมาตามแรงดึงดูดของโลกแล้วมีการพัฒนาการตัวจนกลายเป็นดิน ทั้งนี้อาจจะพบดินที่สลายตัวผุพังมาจากตะกอนพัดพามาทับถมในบริเวณพื้นที่สูงได้เช่นกัน ความเหมาะสมของดินในการปลูกพืชเศรษฐกิจ ลักษณะพื้นที่โดยรวมเป็นดินบนพื้นที่ภูเขาสูง ซึ่งสภาพเดิมเป็นพื้นที่ป่าไม้ แล้วถูกเปลี่ยนมาใช้ทำการเกษตร (อุทิศ, 2557) ความเหมาะสมของดินสามารถพิจารณาได้โดยพิจารณาจากสมบัติต่างๆ ของดินที่เป็นข้อจำกัดและสภาพแวดล้อม ในปี พ.ศ. 2558 กรมพัฒนาที่ดินได้จำแนกความเหมาะสมของดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ ซึ่งจะจำแนกความเหมาะสมได้ 5 ชั้น ประกอบด้วย

- ชั้นความเหมาะสมที่ 1 เป็นชั้นที่ดินมีความเหมาะสมดีมาก
- ชั้นความเหมาะสมที่ 2 เป็นชั้นที่ดินมีความเหมาะสมดี
- ชั้นความเหมาะสมที่ 3 เป็นชั้นที่ดินมีความเหมาะสมปานกลาง
- ชั้นความเหมาะสมที่ 4 เป็นชั้นที่ไม่ค่อยเหมาะสม
- ชั้นความเหมาะสมที่ 5 เป็นชั้นที่ไม่เหมาะสม

2.5.2 การจัดการดินเพื่อการเกษตรในพื้นที่สูง (Agricultural soil management in the highlands)

1) การจัดการดินในระบบเกษตรน้ำฝน (Rainfed agricultural systems) (มัตติกา, 2549)

การทำการเกษตรที่ต้องอาศัยน้ำฝนธรรมชาติ จำเป็นต้องปลูกในฤดูฝนเป็นส่วนใหญ่หรืออาจปลูกในช่วงปลายฤดูฝนต่อถึงต้นฤดูแล้ง สำหรับพืชที่มีความต้องการน้ำไม่สูงมาก และน้ำในดินมีเพียงพอต่อความต้องการของพืช การทำการเกษตรในสภาพน้ำฝนต้องไม่อาศัยน้ำจากระบบชลประทานจำเป็นต้องมีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืชให้สูงสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เนื่องจากการกระจายของฝนจะมีปริมาณมากและความเข้มของฝนสูงในช่วงต้นฤดูฝนและลดลงจนหมดฤดูฝน ช่วงวิกฤตที่พืชที่แสดงอาการขาดน้ำจะอยู่ในช่วงออกดอกสร้างผลิตผลและเมล็ด ช่วงนี้หากน้ำไม่เพียงพอต่อพืชจะส่งผลให้ผลิตลดลง วิธีการจัดการดินสำหรับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำของพืช เช่น

- ปรับปรุงโครงสร้างของดินชั้นบน วิธีการปรับปรุงโครงสร้างของดินชั้นบนที่มีประสิทธิภาพสูง คือ การเพิ่มอินทรียวัตถุให้แก่ดินและลดการไถพรวนหรือเขตกรรมใดๆ ให้มากที่สุด

- การปรับปรุงโครงสร้างของดินชั้นล่าง นิยมใช้พืชหมุนเวียนที่มีระบบการกระจายของรากพืชที่แตกต่างกัน เพื่อให้ระบบรากพืชชอนไชเข้าสู่ดินลึกและเมื่อรากพืชตายลงสลายตัวเป็นอินทรียวัตถุ ช่วยเพิ่มช่องว่างในดินที่โครงสร้างเม็ดดินและความต่อเนื่องของช่องว่างในดิน

- การป้องกันการสูญเสียน้ำโดยการระเหยจากผิวดินโดยตรง ทำได้หลายวิธี เช่น การไถพรวนหน้าดินตื้นๆ การใช้วัสดุคลุมดิน เช่น วัสดุเหลือใช้จากการเกษตรหรือพลาสติกคลุมดิน เป็นการช่วยปกป้องแรงกระแทกของเม็ดฝนและการระเหยน้ำจากผิวดินโดยตรง

2) การอนุรักษ์ดินและน้ำในพื้นที่สูง (Soil and water conservation)

พื้นที่เกษตรที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำยังมีขนาดเล็ก ประมาณ 7% เมื่อเทียบกับพื้นที่เพาะปลูกโดยใช้การไถพรวน ซึ่งอัตราการเพิ่มขึ้นการใช้มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำของทั่วโลกตั้งแต่ปี 2533 อยู่ที่อัตราประมาณ 5.3 ล้านเฮกตาร์ต่อปี ปัจจุบันเกษตรกรรมที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำส่วนใหญ่พบในสหรัฐอเมริกา บราซิล อาร์เจนตินา แคนาดา ออสเตรเลีย เป็นต้น สถานการณ์การปลูกพืชในโลกที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ประมาณ 106 ล้านเฮกตาร์ต่อปี ทวีปอเมริกาใต้มีพื้นที่ที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำขนาดใหญ่ที่สุด โดยมีพื้นที่ 49,586,900 เฮกตาร์ (46.6% ของพื้นที่ทั้งโลก) อเมริกาเหนือ (39,981,000 เฮกตาร์, 37.5 %) ออสเตรเลียและนิวซีแลนด์

มี 12,162,000 เฮกตาร์ (11.4 %) เอเชีย 2,630,000 เฮกตาร์ (2.3 %) ยุโรป 1,536,100 เฮกตาร์ (1.4 %) และแอฟริกา 470,100 เฮกตาร์ (0.4 %) (Ling et al, 2011) ในประเทศไทยมีพื้นสูงเป็นจำนวนหนึ่งในสามของพื้นที่ในประเทศหรือประมาณ 100 ล้านไร่ จากเนื้อที่ประเทศ 320.7 ล้านไร่ พื้นที่สูงพบปัญหาส่วนใหญ่จากการกร่อนของดิน เนื่องจากความลาดชันมากกว่า 35% การใช้ประโยชน์ที่ดินเหมาะสมกับสภาพป่ามากกว่าการใช้ประโยชน์ทางการเกษตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563) ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่สูงทั่วโลกพบปัญหาเรื่องการสูญเสียดินจากการกร่อนของดิน โดย ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน สอดคล้องกับการศึกษาของ Belayneh and Tsegaye, (2019) ได้ศึกษาผลของการอนุรักษ์ดินและน้ำต่อคุณสมบัติกายภาพและเคมีของดินในลุ่มน้ำกูมารา ลุ่มน้ำไนล์ตอนบน ประเทศเอธิโอเปีย ผลการศึกษาพบว่าการอนุรักษ์ดินและน้ำ ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยของไนโตรเจนทั้งหมดในดิน โซเดียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 และของคาร์บอนอินทรีย์ในดินและอินทรียวัตถุที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ในลุ่มน้ำ ปริมาณดินเหนียว ความเป็นกรดด่าง ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกและโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยน ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ในพื้นที่พื้นที่ป่าเสื่อมโทรมและพื้นที่ปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์ ดังนั้นจำเป็นต้องมีคำแนะนำและติดตามผลอย่างเหมาะสมและการบำรุงรักษาเพื่อความยั่งยืนของต้นน้ำและสภาพดินที่จากข้อมูลของ กรมพัฒนาที่ดิน, (2564ก) ค่าปัจจัยการปฏิบัติการป้องกันการชะล้างพังทลายของดินเป็น 2 กรณี คือ ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ และมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ ในพื้นที่ศึกษาจังหวัดน่าน ผลจากการศึกษา พบว่าพื้นที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดิน มีการชะล้างพังทลายของดินที่รุนแรงมาก จำนวน 1,445,155 ไร่ รุนแรง 335,926 ไร่ ปานกลาง 2,234,506 ไร่ และพื้นที่ที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ มีการชะล้างพังทลายของดินที่รุนแรง จำนวน 292,594 ไร่ ปานกลาง 1,150,561 ไร่ มาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำที่นิยมใช้ ได้แก่ มาตรการอนุรักษ์วิธีพืช (Vegetative conservation measures) และมาตรการอนุรักษ์วิธีกล (Mechanical conservation measures) ซึ่งการเลือกใช้มาตรการอนุรักษ์นั้น ควรพิจารณาปัจจัยสำคัญ คือความเข้มข้น ปริมาณ ขนาด และทิศทางของฝน ความยาวลาดเท ความลาดชัน ลักษณะของเนื้อดิน สิ่งปกคลุมดิน และการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นต้น

- มาตรการอนุรักษ์วิธีกล (Mechanical conservation measures) เป็นวิธีที่ปรับสภาพของพื้นที่โดยใช้เครื่องมือต่างๆ เพื่อลดความยาวและความลาดเทของพื้นที่โดยสร้างสิ่งกีดขวางความลาดเทของพื้นที่และทิศทางการไหลของน้ำ เพื่อช่วยควบคุมน้ำไหลบ่าหน้าดินลดการเคลื่อนย้ายตะกอนดิน วิธีการนี้นับว่าเป็นวิธีการอนุรักษ์ดินและน้ำที่ค่อนข้างถาวรมีประสิทธิภาพสูง แต่ต้องใช้เงินลงทุนค่อนข้างสูง ซึ่งมาตรการอนุรักษ์วิธีกลมีหลายวิธี ดังนี้ การไถพรวนตามแนวระดับ (Contour tillage) การยกร่องปิดหัวท้าย (Tied ridging) การยกร่องตามแนวระดับ (Ridging) การทำร่องน้ำตามแนวระดับ (Contour furrowing) คันดิน (Terrace) แบบคันดินฐานกว้างหรือคันดิน

ฐานแคบ คันดินเบนน้ำ (Diversion terrace) คูรับน้ำขอบเขา (Hillside ditches) ขั้นบันไดดิน (Bench terrace) ขั้นบันไดดินแบบระดับ (Level type) ขั้นบันไดดินแบบเอียงเข้า หรือขั้นบันไดดินแบบลาดเอียงออก คันชะลอความเร็วของน้ำ หรือฝายน้ำลัน (Check dam) และบ่อตักตะกอน (Sediment trap) เป็นต้น จากการศึกษาของ Huang et al., (2020) ได้ทบทวนวรรณกรรมการสูญเสียดินและน้ำในเอเชียเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพการอนุรักษ์ตามอัตราส่วนการไหลบ่าและการลดตะกอนของดิน จากการศึกษาพบว่า การใช้มาตรการอนุรักษ์วิธีกลร่วมกับมาตรการอนุรักษ์วิธีพืชสามารถลดอัตราส่วนการไหลบ่าและการลดตะกอน 14.0–99.5 %, 61.3–100.0 % และ 0.6–95.4 % ตามลำดับ การปลูกพืชเชิงเดี่ยวในกรณีที่เป็นไม้ยืนต้นถือเป็นมาตรการอนุรักษ์วิธีพืชวิธีหนึ่ง แต่มีข้อจำกัดในการอนุรักษ์ที่มากกว่าการปลูกพืชเชิงเดี่ยวรวมกับหญ้าแฝกและหญ้าชนิดอื่นๆ ซึ่งประสิทธิภาพในการลดการสูญเสียหน้าดินได้ดีกว่าการปลูกพืชชนิดเดียว

- มาตรการอนุรักษ์วิธีพืช (Vegetative conservation measures) เป็นวิธีการป้องกันการกร่อนของดินโดยใช้การปลูกพืช โดยเพิ่มความหนาแน่นของพืช การคลุมดินป้องกันเม็ดฝนกระทบผิวดิน เกษตรกรสามารถปฏิบัติเองได้ เช่น การใช้พืชตระกูลถั่ว หญ้าเลี้ยงสัตว์ ปลูกเป็นแนวขวางความลาดเทของพื้นที่ หรือการใช้ระบบการปลูกพืชแบบผสมผสาน วิธีการนี้สะดวก และลงทุนน้อย ซึ่งมาตรการอนุรักษ์วิธีพืชมีหลายวิธี ดังนี้ การปลูกพืชตามแนวระดับ (Contour cultivation) การปลูกพืชคลุมดิน (Cover cropping) การปลูกพืชหมุนเวียน (Crop rotation) การปลูกพืชแซม (Intercropping) การปลูกพืชเหลื่อมฤดู (Relay cropping) การปลูกพืชสลับเป็นแถบ (Strip cropping) การปลูกพืชระหว่างแถบไม้พุ่มบำรุงดิน (Alley cropping) การปลูกพืชปุ๋ยสด (Green manure cropping) แถบหญ้าเพื่ออนุรักษ์ดินและน้ำ (Grass barrier for soil and water conservation) การปลูกหญ้าเพื่อรักษาคูรับน้ำขอบเขา (Grass planting of hillside ditches) และการปลูกแนวรั้วหญ้าแฝก (Vetiver grass in hedgerow) เป็นต้น จากการศึกษาของ (จักรพงษ์, 2549) ได้ศึกษาการประมาณการไหลบ่าของน้ำและการสูญเสียดินในพื้นที่เกษตรที่สูงของจังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ของสถานีวิจัยการพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูงบ้านบวกจั่น กรมพัฒนาที่ดิน ตำบลสะเมิงใต้ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่ การใช้ประโยชน์ที่ดินปลูกกะหล่ำปลีและมีความแตกต่างของมาตรการในการอนุรักษ์ดิน ได้แก่ ใช้แถบหญ้าแฝกเป็นแถบอนุรักษ์ ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดิน และแถบหญ้าธรรมชาติเป็นแถบอนุรักษ์ ผลการศึกษาพบว่าแปลงศึกษาที่ไม่มีมาตรการในการอนุรักษ์ดินมีปริมาณน้ำไหลบ่าและสูญเสียดินสูงที่สุด รองลงมา คือ แถบหญ้าแฝก และแถบหญ้าธรรมชาติ ตามลำดับ โดยมีปริมาณน้ำไหลบ่าเฉลี่ย 45.67 มิลลิเมตร 33.44 มิลลิเมตร และ 25.34 มิลลิเมตร ปริมาณการสูญเสียดิน 5.88 ตัน/เฮกตาร์ 3.65 ตัน/เฮกตาร์ และ 3.02 ตัน/เฮกตาร์ การใช้แบบจำลองการไหลบ่าของน้ำผิวดินและการชะล้างพังทลายของดินทางกลศาสตร์ พบว่าการประมาณการไหลบ่าของน้ำผิว

ดินและการสูญเสียดินนั้น มีความถูกต้อง 68 เปอร์เซ็นต์ และการศึกษาของ Marques et al., (2007) ศึกษาผลกระทบของพืชคลุมดินต่อการไหลบ่าและการพังทลายของดิน โดยการจำลองปริมาณน้ำฝนเหนือแปลง USLE แปลงศึกษา 8 แปลง (แปลงละ 80 ตารางเมตร) ที่มีความชัน 10% ทุกแปลง 4 แปลง ไม่มีการคลุมแปลง (พืชปกคลุม < 4%) อีก 4 แปลงมีพืชพรรณธรรมชาติปกคลุมเกือบเต็มพื้นที่ จากผลการศึกษาการปลูกพืชคลุมดินช่วยลดการไหลบ่าและตะกอนดิน น้ำท่าและตะกอนมีน้อยมากในแปลงที่ปกคลุม ในแปลงศึกษาที่ไม่มีการคลุมแปลงจะมีค่าเฉลี่ยของการไหลบ่ามีค่าสัมประสิทธิ์ 35% และปริมาณตะกอนดินต่ำ เฉลี่ย 74 ± 43 กิโลกรัมต่อเฮกแตร์ ความถี่ของการสูญเสียหน้าดินมีบทบาทสำคัญในการเสื่อมโทรมของที่ดิน

2.6. การกร่อนของดิน (Soil erosion) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563)

การกร่อนของดิน หมายความว่า ปรากฏการณ์ซึ่งที่ดินถูกชะล้างกัดเซาะพังทลายด้วยพลังงานที่เกิดจากน้ำ ลม หรือสาเหตุที่ทำให้การเสื่อมโทรม สูญเสียเนื้อดิน และความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการกร่อนของดินที่สำคัญ ได้แก่ ความรุนแรง และความเข้มข้นของฝน ลักษณะของดิน ได้แก่ เนื้อดิน โครงสร้างดิน ความสามารถในการให้น้ำซึมผ่าน เป็นต้น สภาพภูมิประเทศ การใช้ประโยชน์ของที่ดิน และการอนุรักษ์ดิน การชะล้างพังทลายเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติซึ่งมีกิจกรรมของมนุษย์เป็นตัวเร่งการเกิด เช่น การไม่มีสิ่งปกคลุมดิน การไถพรวนในพื้นที่ลาดเท การใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตร การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน การบุกรุกทำลายป่า เป็นต้น ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้เกิดสถานการณ์การชะล้างพังทลายของดินที่รุนแรงจนกระทั่งเกิดเป็นดินถล่ม ทำให้ปริมาณอินทรีย์คาร์บอนในดินลดลง ส่งผลต่อให้ลักษณะทางเคมีและกายภาพของดิน ในด้าน ความสามารถในการแทรกซึมของน้ำสู่ดินได้ลดลง ความเป็นประโยชน์ของน้ำลดลง การระบายน้ำไม่ดี การสูญเสียธาตุอาหารไปจากดินที่ก่อให้เกิดความเสียหายในวงกว้างต่อพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการผลิตทางการเกษตร คุณภาพน้ำและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้การพัดพาของอนุภาคดินที่เกิดจากการกัดเซาะเป็นตะกอนไหลสู่พื้นที่อื่นและไหลลงสู่แหล่งน้ำเป็นสาเหตุของการเกิดดินตื้น

2.6.1 การสูญเสียดิน (Soil loss)

การสูญเสียดินที่เกิดจากการชะล้างพังทลายของดินพบกระจายอยู่ในทุกพื้นที่ของประเทศไทย ในด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นทั้งสภาพป่าและการเกษตร ในพื้นที่ราบถึงพื้นที่สูงทำให้ชั้นดินบนซึ่งมีอินทรียวัตถุอยู่ในดินสูญเสียไปกับการกร่อนของดิน โครงสร้างของดินถูกทำลาย ความหลากหลายทางชีวภาพลดลง ความอุดมสมบูรณ์และผลผลิตทางการเกษตรลดลง สอดคล้องกับการศึกษาของ นิติพัฒน์, (2556) ได้ศึกษาการชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ และมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา วัตถุประสงค์เพื่อประเมินปริมาณการกร่อนของดินและมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์จากผลกระทบของการชะล้างพังทลายของดินบนเขา

คอหงส์ มีการใช้ประโยชน์ที่ดิน คือพื้นที่เปิดโล่ง สวนยางพาราและป่าทดแทน โดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล พบว่าเขาคอหงส์มีอัตราการกร่อนของดิน เท่ากับ 10.57 ตัน/ไร่ จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงระดับปานกลาง มีปริมาณธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมที่สูญเสียเท่ากับ 1,242.47 0.03 และ 0.39 กิโลกรัม ตามลำดับ ในพื้นที่เปิดโล่งมีอัตราการชะล้างพังทลายของดินมากที่สุดเท่ากับ 20.22 ตัน/ไร่ จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงระดับรุนแรงมาก มีปริมาณธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สูญเสียเท่ากับ 335.20, 0.07 และ 1.42 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ และป่าทดแทน เท่ากับ 449 ตัน/ไร่ จัดอยู่ในชั้นความรุนแรงระดับน้อย มีปริมาณธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สูญเสีย เท่ากับ 538, 80, 0.01 และ 0.19 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ส่งผลทำให้มีการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้เพื่อขยายพื้นที่เนื่องจากความอุดมสมบรูณ์ลดลง การทำการเกษตรโดยไม่มีการควบคุมเพื่อเพิ่มผล จากความเสียหายของการชะล้างพังทลายของดินและการจัดการที่ดินที่ไม่เหมาะสมตามสภาพปัญหาของพื้นที่ ขาดการอนุรักษ์ดินและน้ำอย่างถูกหลักวิชาการ ส่งผลต่อความเสื่อมโทรมของทรัพยากรดินอย่างรวดเร็ว มีผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อทรัพยากรสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งทำให้ความสมดุลของดินต่อระบบนิเวศเปลี่ยนแปลงไปซึ่งกระทบโดยตรง คือปริมาณผลผลิตของเกษตรกรลดลงและภัยธรรมชาติจากดินถล่มหรือโคลนถล่ม ทำลายระบบนิเวศและชุมชนทำให้เกิดการสูญเสียทรัพย์สินของประชาชน สอดคล้องกับการศึกษาของ ปัทมา และคณะ, (2564) ได้ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อการกร่อนของดิน บริเวณลุ่มน้ำสาขายมตอนบนโดยใช้โปรแกรมทางด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สมการการสูญเสียดินสากลและประยุกต์แบบจำลอง Dyna-CLUE ในการคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคต โดยมีเงื่อนไขการเพิ่มขึ้นของพื้นที่เกษตร ร้อยละ3 ในพื้นที่ป่ารอสภาพฟื้นฟูและพื้นที่เบ็ดเตล็ดของพื้นที่ลุ่มน้ำ ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ป่าลดลงมากที่สุดคิดเป็นร้อยละ 6.62 และในขณะที่พื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.13 ของพื้นที่ทั้งหมด การคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตพบว่าพื้นที่ป่ารอสภาพฟื้นฟูลดลงและพื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้น สำหรับการประเมินการชะล้างพังทลายของดินจากรูปแบบการใช้ที่ดินที่แตกต่างกัน พบว่าการใช้ที่ดินให้เหมาะสมกับชั้นคุณภาพลุ่มน้ำที่ 1 และ 2 พร้อมกับมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำรูปแบบ Terracing สามารถลดการชะล้างพังทลายของดินได้มากถึงร้อยละ 54.77 เมื่อเปรียบเทียบกับไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำ

2.6.2 การประเมินการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย

กรมพัฒนาที่ดินได้มีการศึกษาและจัดทำแผนที่การชะล้างพังทลายของดินในระดับประเทศในปี พ.ศ. 2524 และต่อมากรมพัฒนาที่ดินจัดทำแผนที่การสูญเสียดินในประเทศไทย (ระดับประเทศ มาตราส่วน 1 : 1,000,000 และระดับภาค มาตราส่วน 1 : 500,000) โดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation: USLE) แล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2545 ซึ่งข้อมูล

เป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานต่างๆ ในประเทศไทย และมีผู้นำมาใช้อย่างแพร่หลาย ปี พ.ศ. 2547 กรมพัฒนาที่ดินได้ประยุกต์แบบจำลองคณิตศาสตร์ ของ Morgan อ้างอิงประเมินการชะล้างพังทลายของดินทั่วประเทศไทยในปี พ.ศ. 2545 และ 2546 ซึ่งการศึกษาทั้งสองครั้งมีประโยชน์สำหรับประชาชนในพื้นที่เสี่ยงภัย เพื่อป้องกันการกร่อนของดิน การประเมินการชะล้างพังทลายของดินโดยกรมพัฒนาที่ดินที่ เป็นการประเมินการชะล้างพังทลายของดินในช่วงเวลาที่ต่างกัน และได้มีการประยุกต์ใช้แบบจำลองที่แตกต่างกัน โดยสมการการสูญเสียดินสากลนั้นเป็น Empirical mode ส่วนแบบจำลอง MMF เป็นแบบจำลองที่ผสม (Mixed mode) ระหว่าง Empirical และ physical mode จุดเด่นของสมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation: USLE) คือ ใช้พารามิเตอร์จำนวนน้อย แต่มีข้อจำกัด คือ สมการการสูญเสียดินสากลใช้ในการประเมินการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่เกษตรที่มีความลาดชันไม่มาก ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการประยุกต์ใช้สมการการสูญเสียดินสากลสูง จึงเพิ่มเติมข้อมูลจากภาคสนามในพื้นที่ต่างๆ ของประเทศไทยร่วมพิจารณาด้วย เช่น ปัจจัยของพืชคลุมดิน (C-factor) ปัจจัยความคงทนต่อการถูกการชะล้างพังทลายของดิน (K-factor) ปัจจัยของน้ำฝนและการไหลบ่า (R-factor) เป็นต้น ปี พ.ศ. 2558 กรมพัฒนาที่ดินมีหน้าที่รับผิดชอบการกำหนดนโยบายและวางแผนการใช้ที่ดิน การสำรวจและจำแนกดิน การอนุรักษ์ดินและน้ำ การปรับปรุงบำรุงดิน การให้บริการและถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการพัฒนาที่ดิน ข้อมูลดินและการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและให้มีการใช้ประโยชน์ที่ดินอย่างยั่งยืน ในพื้นที่เกษตรกรรมเป็นหลัก ดังนั้นแบบจำลองที่เหมาะสม คือ สมการการสูญเสียดินสากล (USLE) ส่วนแบบจำลอง MMF นั้นจะเหมาะสมกับพื้นที่ลาดชันสูง ซึ่งเป็นพื้นที่รับผิดชอบของหน่วยงาน กรมป่าไม้ กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช โครงการหลวง เป็นต้น (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563) จากการศึกษาของ Moraes et al., (2000) การประยุกต์ใช้สมการ USLE โดยใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศ Arc GIS ในการประเมินการสูญเสียดินและเพื่อประเมินผลผลิตพืช ในพื้นที่ลุ่มน้ำในภูมิภาคตะวันตกเฉียงใต้ของรัฐเซาเปาโล ประเทศบราซิล มีการใช้ประโยชน์ที่ดินปลูกอ้อย 58 % ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือ ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ 29 % พื้นที่ป่า 5% ของพื้นที่ทั้งหมด ฯลฯ จากผลการศึกษา ในพื้นที่ปลูกอ้อย มีการชะล้างพังทลายของดินสูงสุดคือ 30 ตัน/เฮกตาร์/ปี และรองลงมาในพื้นที่ปลูกกล้วย กาแฟ และป่า พื้นที่ป่า มีค่า 23 16 และ 0.1 ตัน/เฮกตาร์/ปี ตามลำดับ แผนที่การชะล้างพังทลายของดินโดยใช้สมการ USLE แสดงให้เห็นว่า 54 % ของพื้นที่จัดอยู่ในประเภทความเสี่ยงปานกลางถึงสูง ประมาณ 30 % ของผลผลิตอ้อยเกิดขึ้นในพื้นที่เหล่านี้ โดยปกติพื้นที่มีความลาดเอียงระหว่าง 9-12 % และเป็นดินที่มีความไวต่อการชะล้างพังทลายสูง การปลูกอ้อยที่ต้องมีการจัดการเฉพาะเพื่อลดการสูญเสียหน้าดิน

บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 พื้นที่ศึกษา

3.1.1 พื้นที่ระบบการเกษตรเชิงเดี่ยว (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์)

1) ที่ตั้งและภูมิศาสตร์ (กรมทรัพยากรธรณี, 2558)

ตัวแทนของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ 8 แปลง ในพื้นที่ หมู่ที่ 13 บ้านแม่ขี้มูกน้อย ตำบลบ้านทับ มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่ 896-1034 เมตร ระดับความลาดชันอยู่ระหว่าง 28-36% สภาพทั่วไปของพื้นที่ แบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือพื้นที่ราบหุบเขา ร้อยละ 5 พื้นที่ราบเชิงเขา ร้อยละ 10 พื้นที่ภูเขา ร้อยละ 85 แสดงในตารางที่ 1

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	หมู่ที่ 10	บ้านกองกาย ตำบลบ้านทับ
ทิศใต้	ติดต่อกับ	หมู่ที่ 3	บ้านแม่ลอง ตำบลบ้านทับ
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	หมู่ที่ 1	บ้านแม่ขี้มูก (สองธาร) ตำบลบ้านทับ
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	หมู่ที่ 13	บ้านดินขาว ตำบลปางหินฝน

ตารางที่ 1 ลักษณะของพื้นที่ศึกษาเกษตรเชิงเดี่ยว

พื้นที่ศึกษา	พิกัด	ความสูงจากระดับน้ำทะเล	ความลาดชั้น	การใช้ประโยชน์ที่ดิน
MON1	422752 E 2042572 N	1,034 m	28 %	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
MON2	423151 E 2041892 N	896 m	32 %	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
MON3	423201 E 2042269 N	987 m	36 %	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
MON4	423339 E 2042554 N	1,003 m	30 %	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
MON5	423236 E 2042899 N	1,026 m	35 %	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
MON6	423878 E 2042775 N	963 m	34 %	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
MON7	424133 E 2042669 N	915 m	35 %	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
MON8	424096 E 2042623 N	913 m	30 %	ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

หมายเหตุ m = เมตร MON = พื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว

2) ลักษณะทางธรณี (กรมทรัพยากรธรณี, 2558)

พื้นที่จุดเก็บตัวอย่างดินมีลักษณะวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นหินไบโอไทต์แกรนิต (Trgr) ประกอบด้วย แร่เฟลด์สปาร์ ควอตซ์ และไบโอไทต์สีดำ และในพื้นที่ของตำบลบ้านทับ พบวัตถุ

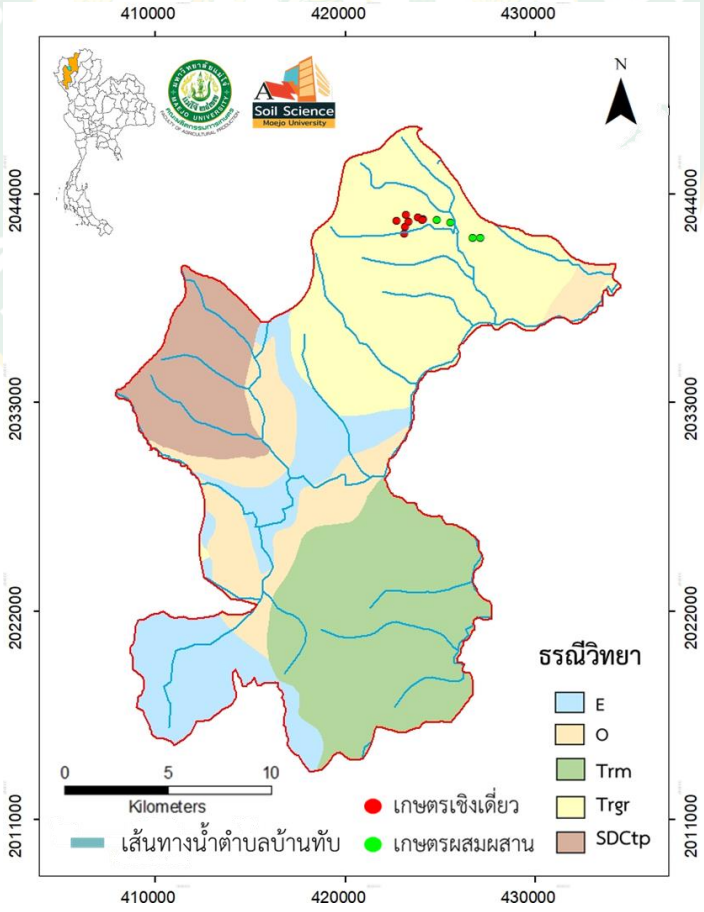
ต้นกำเนิดดินประกอบด้วยหินดินดาน (SDCtp) หินแกรนิต (Trm) หินควอตไซต์ (E) และหินปูน (O) แสดงในภาพที่ 1

3) ลักษณะภูมิศาสตร์ทางน้ำ (กรมทรัพยากรธรณี, 2558)

- ห้วยแม่ขี้มูก เกิดจากการรวมกันของห้วยแม่ขี้มูกน้อยกับห้วยแม่ขี้มูกหลวง ไหลจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือไปทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ ไหลไปบรรจบลุ่มน้ำแม่แจ่มด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ของบ้านแม่ขี้มูก (สองธาร)

- ห้วยแม่ขี้มูกน้อย มีต้นกำเนิดจากภูเขาบ้านแม่ขี้มูกน้อย ไหลผ่านพื้นที่การเกษตรด้านทิศใต้ของบ้านแม่ขี้มูกน้อย ไหลรวมกับห้วยแม่ขี้มูกหลวงด้านทิศใต้ของบ้านแม่ขี้มูก (สองธาร) ห้วยแม่ขี้มูกมีแพรกสาขาที่สำคัญคือ ตะลอโปะ

- ห้วยแม่ขี้มูกหลวง มีต้นกำเนิดจากภูเขาดอยแก้วด้านทิศตะวันตกของตำบลบ้านทับ ไหลจากทิศตะวันตกไปทางทิศตะวันออก ผ่านพื้นที่การเกษตรด้านทิศเหนือของบ้านกองกาย แล้วไหลผ่านด้านทิศเหนือบ้านแม่ขี้มูก (สองธาร) และไหลไปรวมกับห้วยแม่ขี้มูกน้อย แสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงการจำแนกธรณีวิทยาและเส้นทางน้ำ ตำบลบ้านทับ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

4) ลักษณะภูมิอากาศ (กรมทรัพยากรธรณี, 2558)

- ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤศจิกายนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ อากาศจะแห้งแล้งและหนาวเย็น อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 8-12 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือนมกราคม

- ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม มีระยะเวลาประมาณ 3 เดือน อากาศร้อนอบอ้าวในช่วงเดือนมีนาคม อุณหภูมิสูงสุดอยู่ในช่วงเดือนเมษายน อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 30-34 องศาเซลเซียส

- ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงปลายเดือนกันยายนหรือต้นเดือนตุลาคม ฝนตกชุกมากที่สุดในเดือนสิงหาคม จะมีฝนตกกระจายไปจนตลอดเดือนตุลาคม อุณหภูมิเฉลี่ย 31-33 องศาเซลเซียส

3.1.2 พื้นที่ระบบเกตรผสมผสาน

1) ที่ตั้งและภูมิศาสตร์ (อุดร, 2562)

- หมู่ที่ 1 บ้านแม่ขี้มูก (สองธาร) ตำบลบ้านทับ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ตัวแทนของการปลูกพืชผสมผสาน 4 แปลง มีการใช้ประโยชน์ที่ดินปลูก กล้วย ยางพารา และ มะม่วง ในพื้นที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่ 733-813 เมตร ระดับความลาดชันอยู่ระหว่าง 29-38% แสดงในตารางที่ 1

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	หมู่ที่ 10	กลุ่มบ้านถวน ตำบลบ้านทับ
ทิศใต้	ติดต่อกับ	หมู่ที่ 12	บ้านขุนปอน-ห้วยวอก ตำบลบ้านทับ
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	หมู่ที่ 14	บ้านบนนา-บ้านแม่กึ๋ง ตำบลช่างเคิ่ง
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	หมู่ที่ 10	บ้านกองกาย ตำบลบ้านทับ

- หมู่ที่ 10 บ้านแม่ปาน ตำบลช่างเคิ่ง อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ตัวแทนของการปลูกพืชผสมผสาน 2 แปลง มีการใช้ประโยชน์ที่ดินปลูก กล้วย และ ลำไย ในพื้นที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่ 733-813 เมตร ระดับความลาดชันอยู่ระหว่าง 29-38 % แสดงในตารางที่ 2

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	หมู่ที่ 17	บ้านสันเกี๋ยง ตำบลช่างเคิ่ง
ทิศใต้	ติดต่อกับ	หมู่ที่ 9	บ้านห้วยริน ตำบลช่างเคิ่ง
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	หมู่ที่ 19	บ้านใหม่ปูเลย ตำบลช่างเคิ่ง
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	หมู่ที่ 2	บ้านต่อเรือ ตำบลช่างเคิ่ง

- หมู่ที่ 19 บ้านใหม่ปูเลย ตำบลช่างเคิง อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ตัวแทนของการปลูกพืชผสมผสาน 2 แปลง มีการใช้ประโยชน์ที่ดินปลูก กล้วย มะพร้าว และ สัก ในพื้นที่มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางที่ 518-616 เมตร ระดับความลาดชันอยู่ระหว่าง 30-35 % แสดงในตารางที่ 2

ทิศเหนือ	ติดต่อกับ	หมู่ที่ 17	บ้านสันเกี๋ยง ตำบลช่างเคิ่ง
ทิศใต้	ติดต่อกับ	หมู่ที่ 8	บ้านท้องฝาย ตำบลช่างเคิ่ง
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับ	ดอยอินทนนท์	
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับ	หมู่ที่ 10	บ้านแม่ปาน ตำบลช่างเคิง

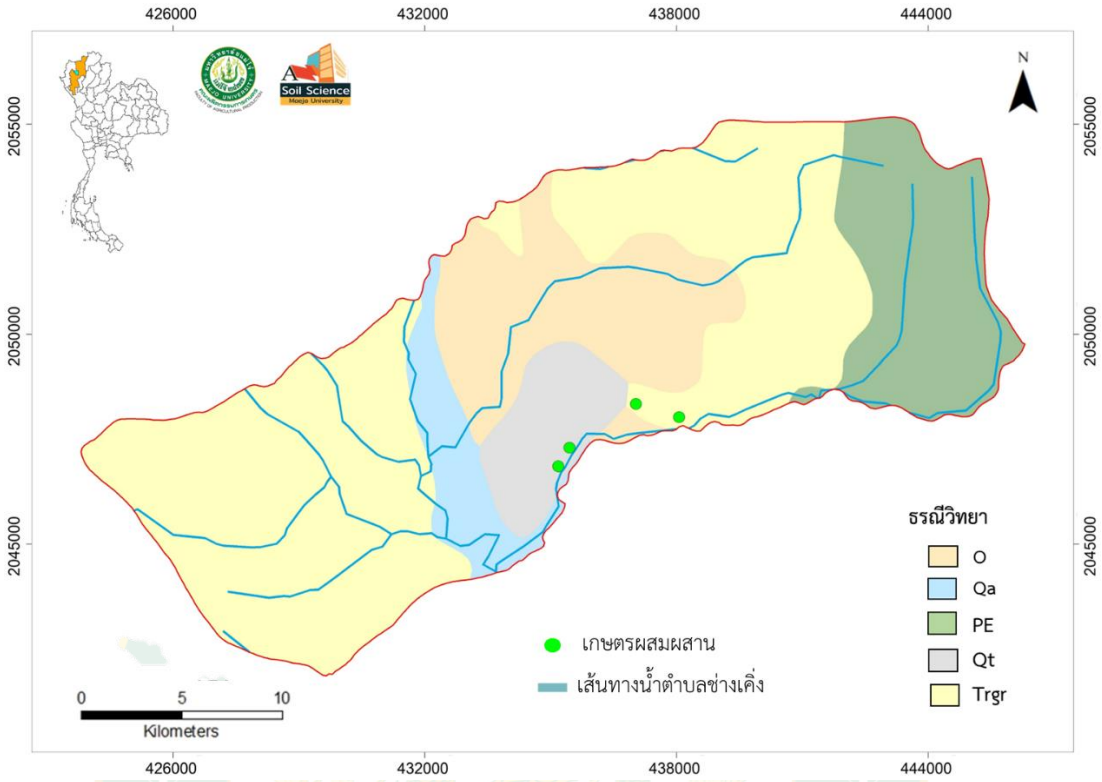
ตารางที่ 2 ลักษณะของพื้นที่ศึกษาเกษตรผสมผสาน

พื้นที่ศึกษา	พิกัด	ความสูงจากระดับน้ำทะเล	ความลาดชั้น	การใช้ประโยชน์ที่ดิน
INT1	424832 E 2042642 N	790 m	30 %	กล้วย และ ยางพารา
INT2	425559 E 2042473 N	733 m	35 %	กล้วย และ มะม่วง
INT3	426743 E 2041705 N	778 m	38 %	กล้วย และ มะม่วง
INT4	427148 E 2041695 N	813 m	29 %	กล้วย และ มะม่วง
INT5	435452 N 2047295 E	518 m	30 %	กล้วย และ มะพร้าว
INT6	435184 E 2046852 N	616 m	35 %	กล้วย และ สัก
INT7	437033 E 2048333 N	600 m	36 %	กล้วย และ ลำไย
INT8	438064 E 2048023 N	627 m	27 %	กล้วย และ ลำไย

หมายเหตุ m = เมตร INT = พื้นที่เกษตรผสมผสาน

2) ลักษณะทางธรณี (กรมทรัพยากรธรณี, 2556)

พื้นที่จุดเก็บตัวอย่างดินมีลักษณะวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นหินไบโอไทต์แกรนิต (Trgr) ประกอบด้วย แร่เฟลด์สปาร์ ควอตซ์ และไบโอไทต์สีดำและตะกอนตะพักลำน้ำ (Qt) ในพื้นที่ของตำบลช่างเคิ่งพบวัตถุต้นกำเนิดดินประกอบด้วย หินปูน (O) ตะกอนธารน้ำพา (Qa) และหินดินดาน (PE) แสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงการจำแนกธรณีวิทยาและเส้นทางน้ำ ตำบลช่างเคิ่ง อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

2. ลักษณะภูมิศาสตร์ทางน้ำ (อุดร, 2562)

- ลำน้ำแม่แจ่ม มากจากพื้นที่เขาสูงทางด้านทิศเหนือของตำบล มีทิศทางการไหลจากทิศเหนือลงสู่ทิศใต้

- ลำน้ำแม่ปาน มีต้นกำเนิดจากดอยสันถ้ำและพื้นที่เขาสูงด้านทิศตะวันออกมีทิศทางการไหลจากทิศตะวันออกไปยังทิศตะวันตก ลงสู่ที่ราบบริเวณตอนกลางของตำบลช่างเคิ่ง

- ห้วยแม่กึ่ง มีต้นกำเนิดจากดอยรำและพื้นที่เขาสูงด้านทิศตะวันตก มีทิศทางการไหลจากทิศตะวันตกสู่ทิศตะวันออกลงสู่ที่ราบบริเวณตอนกลางของตำบลช่างเคิ่ง ดังภาพที่ 2

3. ลักษณะภูมิอากาศ (อุดร, 2562)

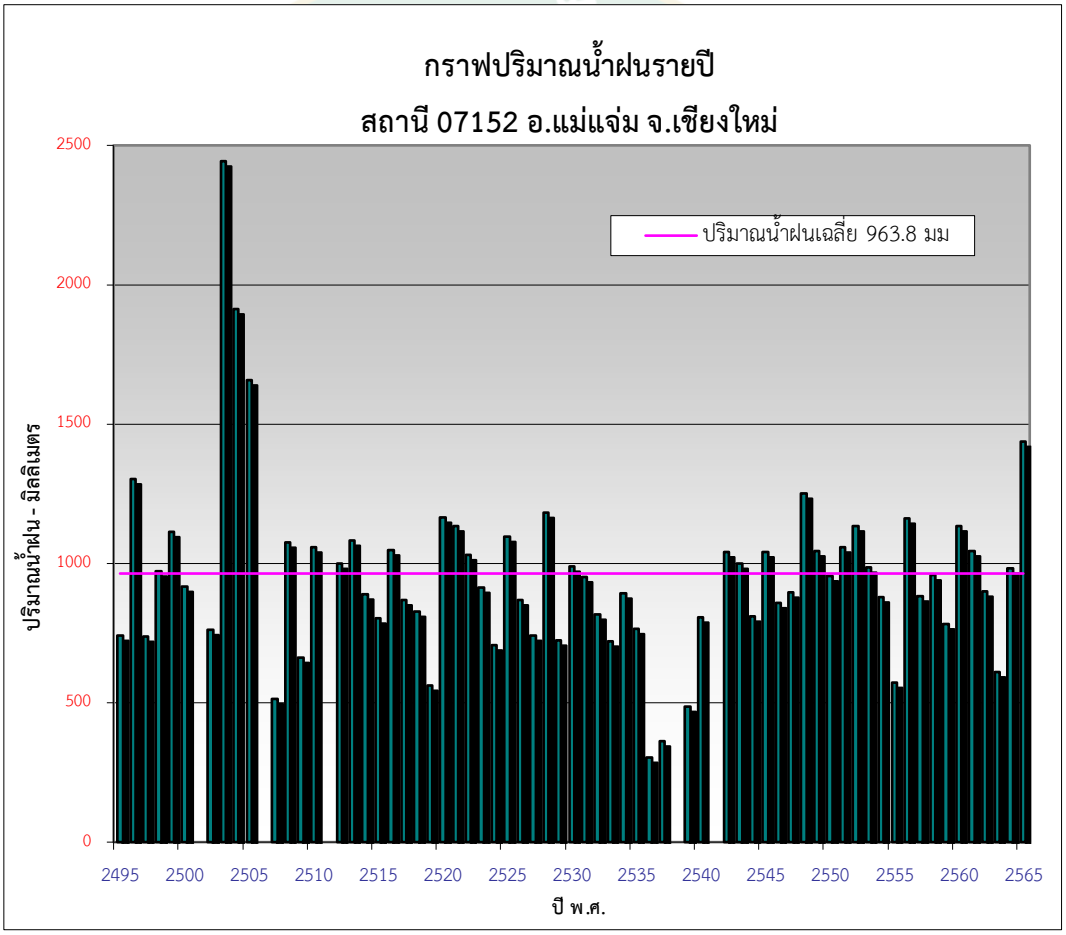
- ฤดูหนาว เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤศจิกายนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ อากาศจะแห้งแล้งและหนาวเย็น อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 10-12 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำสุดอยู่ในช่วงเดือนมกราคม

- ฤดูร้อน เริ่มตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม บางครั้งเกิดพายุฤดูร้อน อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 35-39.9 องศาเซลเซียส

- ฤดูฝน เริ่มตั้งแต่กลางเดือนพฤษภาคมถึงปลายเดือนพฤศจิกายน บางปีมีการเกิดอุทกภัย อุณหภูมิเฉลี่ย 30-35 องศาเซลเซียส

3.1.3 ปริมาณน้ำฝนอำเภอแม่แจ่ม

จากข้อมูลของสถานี 07152 อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคเหนือตอนบน ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 963.8 มิลลิเมตรต่อปี



ภาพที่ 3 แสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่

3.2 อุปกรณ์ในการทำวิจัย

1) แผนที่สภาพภูมิประเทศของตำบลช่างเคิ่งและตำบลบ้านทับ

2) แผนที่ธรณีของตำบลช่างเคิ่งและตำบลบ้านทับ

3) เครื่องจับพิกัดสัญญาณดาวเทียม (Global Positioning System: GPS)

4) เครื่องมือการสำรวจดินภาคสนามแบบมาตรฐาน

5) อากาศยานไร้คนขับ รุ่น DJI Phantom 4 Multispectral

6) ห้องปฏิบัติการทางปฐพีวิทยา

3.3 การศึกษาภาคสนามและการเก็บตัวอย่างดิน

1) การเก็บตัวอย่างดิน เลือกตัวแทนในพื้นที่โดยรวมตามลักษณะภูมิประเทศ และทำการเจาะดินเพื่อดูความสม่ำเสมอของดินในพื้นที่ และทำการเก็บตัวอย่างดิน 2 รูปแบบคือ การเก็บตัวอย่างแบบรบกวนดิน (ทำลายโครงสร้าง) แและการเก็บตัวอย่างดินแบบไม่รบกวนดิน (ไม่ทำลายโครงสร้าง) โดยใช้กระบอกเหล็กและแหวนเก็บตัวอย่างดินที่ทราบปริมาตรที่แน่นอนเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-5, 5-10, 10-15, 15-30 30-45 45-60 60-80 และ 80-100 เซนติเมตร ตามลำดับของแต่ละจุดพื้นที่ละ 3 จุด เพื่อนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีบางประการ

2) จัดทำหลุมศึกษาดินขนาดเล็ก (Soil minipit) ตามคู่มือการเก็บตัวอย่างและอธิบายลักษณะของดินภาคสนามตาม National soil survey center natural resources conservation service ประเทศสหรัฐอเมริกา (เอิบ, 2548)

3) วิธีในการศึกษาได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนที่ 1 การประเมินคุณภาพดินภาคสนามโดยวิธีการสังเกตสมบัติทางกายภาพของดินและลักษณะทางกายภาพในพื้นที่ ส่วนที่ 2 การศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของดิน และส่วนที่ 3 การประเมินการสูญเสียดินโดยใช้สมการการสูญเสียดินสากล

3.4 การประเมินคุณภาพภาคสนาม **(Visual soil assessment)**

โดยใช้วิธีการประเมินคุณภาพของดินตามคู่มือขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (Food and Agriculture Organization of the United Nations: FAO)

3.4.1 เนื้อดิน (Soil texture)

ใช้วิธีสัมผัสในสนาม (Feel method) นำตัวอย่างดินจำนวนเล็กน้อยที่เป็นตัวแทนของดินบนและดินล่าง ทำดินให้เปียก และประเมินสภาพเนื้อดินตามเกณฑ์ที่กำหนดด้านล่าง โดยพยายามปั้นดินให้เป็นแท่งก้อนกลมหรือ แบบริบบิ้นผู้ประเมินสามารถประเมินเนื้อดินได้โดยตรงจากการประมาณเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคทราย ทรายแป้งและ ดินเหนียวจากความรู้สึก และจากนั้นจำแนก

ประเภทเนื้อดินโดยอ้างอิงแผนภาพเนื้อสัมผัสและให้คะแนนเนื้อดิน แล้วนำมาเปรียบเทียบกับการให้คะแนน แสดงในตารางภาพผนวกที่ 1

3.4.2 โครงสร้างดิน (Soil structure)

ปล่อยตัวอย่างดินจากความสูง 1 เมตร จำนวนสูงสุด 3 ครั้ง หากก้อนดินขนาดใหญ่แตกออกหลังจากโยน ในครั้งที่ 1 หรือ 2 ให้นำดินที่แตกออกมาทิ้ง หากก้อนดินแตกเป็นชิ้นเล็กๆ (โครงสร้างหลัก) หลังจากการโยนครั้งแรกหรือครั้งที่สองไม่ต้องโยนดินอีก พยายามแบ่งแยกก้อนดินแต่ละก้อนด้วยแรงกดมือตามรอยแตก ถ้าก้อนดินไม่แตกไม่จำเป็นต้องออกแรงกดเพิ่ม (เพราะรอยแตกไม่ต่อเนื่อง) แล้วนำมาเปรียบเทียบกับการให้คะแนน แสดงในตารางภาพผนวกที่ 2

3.4.3 ความพรุนของดิน (Soil porosity)

เก็บตัวอย่างดิน (ขนาดกว้างประมาณ 10 เซนติเมตร × ยาว 15 เซนติเมตร × ลึก 20 เซนติเมตร) จำนวน 3 จุด แบ่งดินออกขนานจากด้านข้างและแบ่งดินออกเป็นสองส่วน ให้คะแนนความพรุนของก้อนดินขนาดใหญ่ด้านผิวด้านหน้าของตัวอย่างเพื่อหาช่องว่าง รอยแตก และรอยแยกระหว่างและภายในเม็ดดินและก้อนดินแล้วนำมาเปรียบเทียบกับการให้คะแนน แสดงในตารางภาพผนวกที่ 3

3.4.4 จำนวนและสีจุดประของดิน (Number and color of mottles)

เก็บตัวอย่างดิน (ขนาดกว้างประมาณ 10 เซนติเมตร × ยาว 15 เซนติเมตร × ลึก 20 เซนติเมตร) จำนวน 3 จุด จากด้านข้างของหลุมดินมาเปรียบเทียบกับภาพถ่ายการให้คะแนนและแผนภูมิเปอร์เซ็นต์เพื่อตรวจวัดเปอร์เซ็นต์ของดินที่มีจุดประสี แล้วนำมาเปรียบเทียบกับการให้คะแนน แสดงในตารางภาพผนวกที่ 4

3.4.5 สีดิน (Soil colour)

เก็บตัวอย่างดินที่มีความชื้น ถ้าดินแห้งให้เพิ่มความชื้นให้ตัวอย่างดิน เทียบการเปลี่ยนแปลงของสีดินที่เกิดขึ้น เนื่องจากสีของดินชั้นบนอาจแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดระหว่างแต่ละพื้นที่ โดยใช้สมุดเทียบสีดิน Munsell soil chart ช่วยประกอบค่าสีของดินแล้วนำมาเปรียบเทียบกับการให้คะแนน แสดงในตารางภาพผนวกที่ 5

3.4.6 ไส้เดือนดิน (Earthworm)

วิธีนับจำนวนและวัดขนาดตามเกณฑ์ การนับจำนวนไส้เดือนดินสามารถใช้ดินที่ใช้ประเมินโครงสร้างดินได้ไส้เดือนจะมีขนาดและจำนวนแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดและฤดูกาล ในการเปรียบเทียบปีต่อปี การนับไส้เดือนควรต้องนับในช่วงเวลาเดียวกันของปี เมื่อระดับความชื้นและ

อุณหภูมิของดินเหมาะสม โดยทั่วไปจำนวนไส้เดือนจะรายงานเป็นตารางเมตร แล้วนำมาเปรียบเทียบกับการให้คะแนน แสดงในตารางภาพผนวกที่ 6

3.4.7 กลิ่นดิน (Soil smell)

เก็บตัวอย่างดิน (10 เซนติเมตร x 10 เซนติเมตร x 10 เซนติเมตร) การประเมินควรทำเมื่อดินมีความชื้นรวมสูงหรือหลังจากฝนตกชุก และแบ่งครึ่งตัวอย่างดินและสูดดม สามครั้ง และนำเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่การให้คะแนน แสดงในตารางภาพผนวกที่ 7

3.4.8 ความสามารถในการหยั่งลึกของราก (Potential rooting depth)

ด้วยการขุดหลุมและวัดความลึกที่รากพืชสามารถหยังลงไปได้ โดยสังเกตด้วยว่ารากมีความหนามากเกินไปหรือไม่ (ดินมีความต้านทานต่อการแทรกซึมสูง) รากหยังลึกไปแนวนอนหรือไม่ (Right-angle syndrome) ความหนาแน่นของดิน การเปลี่ยนแปลงชั้นดินอย่างกะทันหันจากวัสดุละเอียดเป็นหยาบ (ทราย/ กรวด) การประเมินศักยภาพการหยั่งลึกของรากอาจทำได้โดยสังเกตสมบัติข้างต้นในบริเวณใกล้เคียงหรือทางระบายน้ำ และเปรียบเทียบกับข้อจำกัดของชั้น ให้สังเกตรากใหม่ รากเก่า โพรงไส้เดือน รอยแตกและรอยแยกที่รากสามารถแผ่ขยายไปได้ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับการให้คะแนน แสดงในตารางภาพผนวกที่ 8

3.4.9 ปริมาณน้ำขังที่ผิวดิน (Surface ponding)

นับจากจำนวนวันที่น้ำขังบริเวณผิวดินหลังจากวันที่มีฝนตกอิงจากการสังเกตกับเวลาที่น้ำขังผิวดิน โดยมีการกำหนดระยะเวลาที่ขังน้ำด้วยดินอิ่มตัวด้วยน้ำ แล้วนำมาเปรียบเทียบกับการให้คะแนน แสดงในตารางภาพผนวกที่ 9

3.4.10 สิ่งปกคลุมผิวดินและรอยแตกหน้าผิวดิน (Surface cover and surface crusting)

สังเกตรอยแตกหน้าผิวดิน ควรสังเกตหลังจากดินเปียกแล้วปล่อยให้แห้งช่วงระยะเวลาหนึ่งหรือก่อนการเพาะปลูกและสิ่งปกคลุมผิวดิน นำอากาศยานไร้คนขับในการทำแผนดัชนีความต่างพืชพรรณ (NDVI) โดยคุณสมบัติค่าความแตกต่างของค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟาเรดใกล้ (NIR band) กับช่วงคลื่นสีแดง (Red band) ทำให้แยกสีเขียวจากสิ่งปกคลุมดินกับพื้นที่ว่างเปล่า แล้วนำมาเปรียบเทียบกับการให้คะแนน แสดงในตารางภาพผนวกที่ 10

3.4.11 การกร่อนของดิน (Soil erosion)

พิจารณาจากการกร่อนของดินที่มองเห็นได้ในปัจจุบัน และขนาดของการกัดเซาะของน้ำมีสัญญาณบ่งชี้การกร่อน ได้แก่ การกร่อนแบบแผ่น การกร่อนแบบริ้ว และการกร่อนแบบร่องลึก โดยใช้อากาศยานไร้คนขับในการทำแผนภาพถ่ายเพื่อดูร่องรอยของการเกิดการกร่อนของดินแล้วนำมาเปรียบเทียบกับการให้คะแนน แสดงในตารางภาพผนวกที่ 11

3.5 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินบางประการ

3.5.1 สมบัติทางกายภาพของดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2565)

1) การกระจายขนาดของอนุภาคดิน (Soil particle size distribution) ทำการย่อยอินทรียวัตถุ หลังจากนั้นทำให้อนุภาคดินเกิดสภาพแขวนลอยในน้ำด้วยการใส่สารละลาย 5% Calgon และน้ำกลั่น นำไปปั่นด้วยเครื่องปั่น หาปริมาณของอนุภาค Sand Silt และ Clay โดยวิธี Hydrometer วัดความหนาแน่นของสารแขวนลอยดินภายหลังจากการตกตะกอนของอนุภาคในระยะเวลาต่างๆ กันในขนาดอนุภาคทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียว ผลที่ได้รับจากการวิเคราะห์นำมาแจกแจงประเภทของเนื้อดิน (Soil texture class) โดยการเปรียบเทียบกับชั้นดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรประเทศสหรัฐอเมริกา (USDA textural class)

2) ความหนาแน่นรวม (Bulk density) โดยวิธีใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดินโดยไม่ทำลายโครงสร้าง (Core method) มาหาปริมาตรของดินแล้วนำไปอบแห้งในตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแห้งและคำนวนความหนาแน่นรวม

3) ความหนาแน่นของอนุภาค (Particle density) โดยวิธีแทนที่วัตถุในของเหลว (Liquid displacement method) ใช้ดินแห้งสนิทผ่านตะแกรงร่อน 2 มิลลิเมตร แล้วนำไปต้มในโวลุมเมตริกฟลาสจนกว่าฟองอากาศจะหมดพักให้เย็นแล้วปรับปริมาตร ชั่งน้ำหนักและคำนวนค่าความหนาแน่นของอนุภาค

4) ความพรุนทั้งหมดของดิน (Total soil porosity) โดยใช้สัดส่วนโดยปริมาตรช่องว่างทั้งหมดของดินต่อหนึ่งร้อยหน่วยปริมาตรรวมของดิน ดังสมการ

$$\text{ความพรุนทั้งหมดของดิน} = \left(1 - \frac{BD}{PD}\right) \times 100 \quad \text{_____ 1}$$

เมื่อ BD = ความหนาแน่นรวมของดิน

PD = ความหนาแน่นอนุภาคของดิน

5) ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (Water Holding Capacity) ใช้วิธีวิเคราะห์โดยน้ำหนัก (Gravimetric method) โดยนำดินในกระบอกเก็บตัวอย่างดินไปแช่น้ำจนอิ่มตัวด้วยน้ำแล้วนำไปอบแห้งในตู้อบอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ชั่งน้ำหนักแห้งและคำนวนค่าความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน

3.5.2) สมบัติทางเคมีของดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2553)

1) วิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH) อัตรา 1:1 โดยชั่งดิน 10 กรัมต่อน้ำ 10 มิลลิลิตร คนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที ทำซ้ำอีก 2 ครั้ง ครั้งที่ 3 ตั้งทิ้งไว้ 15 นาที แล้วนำไปวัดค่าโดยใช้เครื่อง pH-meter

2) วิเคราะห์ปริมาณอินทรียวัตถุ (Organic Matter) โดยวิธีการวิเคราะห์แบบ Wet oxidation ของ Walkley-Black เตรียมตัวอย่างดิน 1 กรัม แล้วเติม $K_2Cr_2O_7$ 1 N จำนวน 10 มิลลิลิตร (แกว่งให้เข้ากัน) นำไปไว้ในตู้ดูดควัน เติมกรด H_2SO_4 จำนวน 20 มิลลิลิตร เขย่าแล้วทิ้งไว้ 30 นาที เติมน้ำกลั่น จำนวน 100 มิลลิลิตร หยด Ferroin indicator (O-phenanthroline) จำนวน 4 หยด นำไปไตเตรทกับสารละลาย $FeSO_4$ 0.5 N จนเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแดง

3) วิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) โดยวิธี Bray II ชั่งตัวอย่างดิน 2.85 กรัม เติมน้ำยาสกัด Bray II 20 มิลลิลิตร เขย่านาน 1 นาที กรองสารละลายด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 ดูดตัวอย่างสารละลายที่กรอง 4 มิลลิลิตร ใส่สารปรับสี Ascorbic acid วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 870 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Spectrophotometer

4) ปริมาณด่างรวมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable bases) ได้แก่ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม ใช้วิธีการ Ammonium saturation method โดยใช้ตัวอย่างดิน 5 กรัม สารละลาย Ammonium acetate (NH_4OAc) ความเข้มข้น 1 N ที่ pH 7.0 จำนวน 25 มิลลิลิตร เขย่านาน 30 นาที แล้วกรองสารละลาย จากนั้นนำเอาสารละลายไปอ่านด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

5) วิเคราะห์ปริมาณความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchange Capacity) ใช้วิธีการ Ammonium saturation method โดยใช้การชะล้างไอออนบวกด้วยสารละลาย 1 N NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) และแทนที่ไอออนบวกของแอมโมเนียมไอออนด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (10%) ในสภาพที่เป็นกรดกลั่นหาแอมโมเนียมไอออนแล้วคำนวณหาความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวกของดิน

6) ค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (Base saturation percentage, %BS) โดยคำนวณจากผลรวมของปริมาณเบสที่แลกเปลี่ยนได้หารด้วยค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC) ของดิน ดังสมการ

$$\text{อัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบส} = \frac{\text{Sum Bases}}{\text{CEC}} \times 100 \quad \text{_____ 2}$$

เมื่อ Sum Bases = ประจุบวกที่สกัดได้ (cmol/kg)

CEC = ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cmol/kg)

3.6 การประเมินการสูญเสียดินโดยสมการการสูญเสียดินสากล (Universal Soil Loss Equation: USLE) (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563)

$$\text{Soil Loss (ton/rai)} = A = R\,K\,L\,S\,C\,P \quad \text{_____ 3}$$

A = ค่าเฉลี่ยปริมาณดินที่สูญเสีย (Soil Loss) ของแปลงปลูกพืชต่อหน่วยพื้นที่ สมการใช้หน่วยเป็นตันต่อเฮคแตร์ต่อปี แต่ในไทยนำไปหาร 6.25 แปลงเป็นตันต่อต่อไร่

R = ค่าการชะล้างพังทลายของฝน (Rainfall and runoff erosivity factor) เป็นค่าความสัมพันธ์ของพลังงานจลน์ของเม็ดฝนที่ตกกระทบผิวหน้าดิน กับปริมาณความหนาแน่นของฝน ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง หน่วยวัดที่ใช้มีหลายรูปแบบ สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าปัจจัยการกัดกร่อนของฝน (R-factor) คือ

$$R = 0.4996X - 12.1415 \quad \text{_____ 4}$$

เมื่อ R = ค่าปัจจัยการชะล้างพังทลายของฝน (เมตริกตัน/เฮกแตร์/ปี)

X = ค่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายปี (มิลลิเมตรต่อปี)

K = ปัจจัยความคงทนต่อการกร่อนของดิน (Soil erodibility factor) เป็นอัตราส่วนการสูญเสียดินต่อหน่วยดัชนีการชะล้างสำหรับดินชนิดใดชนิดหนึ่ง ภายใต้ในสภาพแวดล้อมที่ในพื้นที่คล้ายกันความแตกต่างของชนิดดินมีผลต่อชะล้างพังทลายที่แตกต่างกัน เนื่องจากสมบัติเฉพาะตัวของดินที่เรียกว่า ความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (Soil erodibility)

ตารางที่ 3 ค่าคงที่ของ K-factor ตามลักษณะเนื้อดินในพื้นที่สูง

เนื้อดิน	พื้นที่สูง				
	ภาคตะวันออก	ภาคเหนือ	ภาคกลาง	ภาคตวันตก	ภาคใต้
ดินทรายปนร่วน	0.04	0.05	0.08	0.07	0.07
ดินร่วนปนทราย	0.29	0.27	0.30	0.19	0.20
ดินร่วน	0.29	0.33	0.33	0.30	0.33
ดินร่วนปนทรายแป้ง	0.37	0.49	0.56	0.21	0.40
ดินร่วนเหนียวปนทราย	0.24	0.21	0.20	0.25	0.19
ดินเหนียวปนร่วน	0.25	0.24	0.28	0.30	0.29
ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง	0.46	0.35	0.38	0.37	0.31
ดินเหนียวปนทราย	-	-	0.15	-	-
ดินเหนียวปนทรายแป้ง	0.23	0.21	0.26	0.19	0.22
ดินเหนียว	0.13	0.15	0.14	0.12	0.11

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2563)

L = ปัจจัยความยาวของความลาดเท (Slope length factor) ตัวเลขแสดงสัดส่วนของการสูญเสียดินต่อหน่วยความยาวของความลาดชัน มีความสัมพันธ์กับการชะล้างพังทลายแบบแผ่น (Sheet erosion) และการชะล้างพังทลายแบบริ้ว (Rill erosion) ความยาวของความลาดเท หมายถึง ระยะทางตามแนวราบนับตั้งแต่จุดเริ่มมีน้ำไหลบ่าผิวดิน ถึงจุดใดจุดหนึ่งต่อไปนี้ คือ จุดที่ความลาดชันเปลี่ยนจนเกิดการทับถมของตะกอน หรือจุดที่มีการขังของน้ำไหลบ่า ความยาวของความลาดเทสามารถตรวจวัดในสนามได้ด้วยเครื่องมืออย่างง่าย การวัดค่าความยาวของความลาดเทจากแผนที่เส้นความสูง (Contour) จะได้ค่าที่ยาวมาก เพราะแผนที่ส่วนใหญ่ไม่มีรายละเอียดบอกให้ทราบว่าจุดขังของน้ำ สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าปัจจัยความยาวของความลาดเท (L-factor) คือ

$$L = (\lambda / 22.13)^{m} \quad \text{_____ 5}$$

เมื่อ L = ค่าปัจจัยความยาวของความลาดเท

λ = ระยะทางตามแนวราบของพื้นที่ลาดชัน นับจากจุดเริ่มมีน้ำไหลบ่าผิวดิน ถึงจุดที่มีเกิดการทับถมของตะกอน

22.13 = ความยาวของแปลงทดลองมาตรฐาน (เมตร)

m = ตัวเลขยกกำลังซึ่งผันแปรตามความลาดชัน มีความสัมพันธ์กับสัดส่วนระหว่างการกร่อนของดิน กำหนดใช้ค่า คือ

$L = (\lambda / 22.13)^{0.2}$ พื้นที่ที่ลาดชันระหว่าง 0-1.0 %

$L = (\lambda / 22.13)^{0.3}$ พื้นที่ที่ลาดชันระหว่าง 1.1-3.0 %

$L = (\lambda / 22.13)^{0.4}$ พื้นที่ที่ลาดชันระหว่าง 3.1-5.0 %

$L = (\lambda / 22.13)^{0.5}$ พื้นที่ที่ลาดชันระหว่าง 5.1-21.0 %

$L = (\lambda / 22.13)^{0.7}$ พื้นที่ที่ลาดชันมากกว่า 21.0 %

S = ปัจจัยความลาดเท (Slope gradient factor) เป็นอัตราส่วนของการสูญเสียดินต่อหน่วยความชัน ความชันของพื้นที่สามารถตรวจวัดได้ในสนามด้วยเครื่องมือวัดความลาดเอียง เช่น เครื่อง Abney เป็นต้น สมการที่ใช้ในการคำนวณค่าปัจจัยความลาดเท (S-factor) คือ

$$S = 6.4 \sin \{ \arctan(s/100) \} 0.75) (\cos \{ \arctan(s/100) \}) \quad _____ 6$$

เมื่อ S = ค่าปัจจัยความชัน

s = เปอร์เซ็นต์ความชัน

C = ปัจจัยจัดการพืช (Cropping management factor: C-factor) เป็นอัตราส่วนของดินที่สูญเสียจากแปลงทดลองที่มีการปลูกพืชและการจัดการพืชชนิดใดชนิดหนึ่งกับปริมาณการสูญเสียดินที่ถูกชะล้างมาจากแปลงทดลองที่ปล่อยให้ว่างเปล่า ค่าปัจจัยการจัดการพืชเป็นตัวชี้วัดถึงความสำคัญ ด้านประสิทธิภาพของพืช และลักษณะการปกคลุมเรือนยอดของพืชแต่ละชนิด โดยพืชแต่ละชนิดมีความสามารถลดการตกกระทบของเม็ดฝน และลดความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินได้แตกต่างกัน

P = ปัจจัยการปฏิบัติการอนุรักษ์ดิน (Conservation practices factor: P-factor) เป็นปัจจัยแสดงการควบคุมการชะล้างพังทลายของดินที่โดยใช้วิธีการอนุรักษ์ประเภทต่างๆ กับปริมาณการสูญเสียดินจากแปลงทดลองที่การปฏิบัติป้องกันการกร่อนของดิน ที่สำคัญ ได้แก่ การทำการเกษตรตามแนวระดับ (Contouring) รวมถึงวิธีการไถพรวนและการปลูกพืช การควบคุมแนวการปลูกพืชและปรับพื้นที่เป็นคันดินทำแนวระดับที่ความลาดชันมีความสม่ำเสมอและมีคูระบายน้ำ

ไม่ให้ขัง การปลูกพืชสลับตามแนวระดับ (Contour strip cropping) เป็นการปลูกพืชสลับเป็นแนวและการทำขั้นบันได (Terracing)

ตารางที่ 4 ค่าคงที่ของ C-factor และ P-factor ตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	C-factor	P-factor
ข้าวไร่	0.280	0.100
ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์	0.502	1.000
ไม้ยืนต้นผสม	0.150	1.000
สัก	0.088	1.000
มะม่วง	0.150	1.000
กล้วย	0.150	1.000
ไร่หมุนเวียน	0.250	1.000
เกษตรผสมผสาน	0.225	1.000
วนเกษตร	0.250	1.000

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน (2563)

3.7 วิเคราะห์ผลทางสถิติ

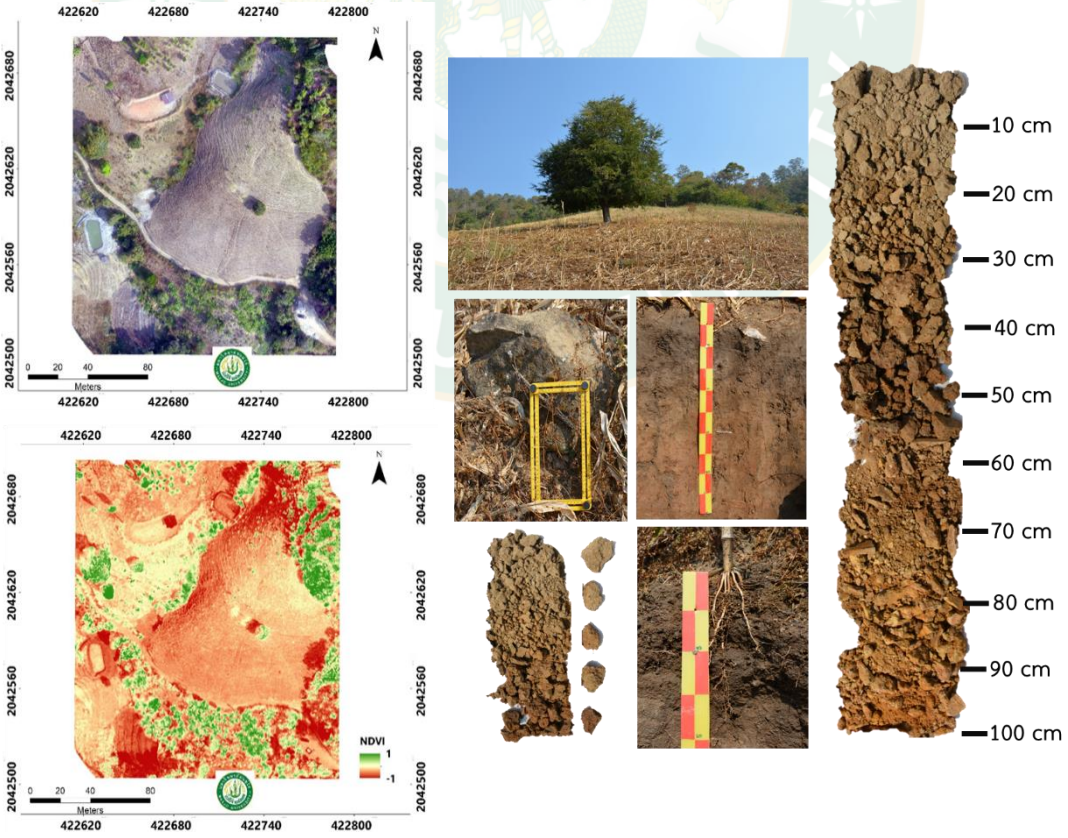
วิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS statistics 26 (Statistics Package for Social Sciences, USA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยการทดสอบสมมติฐานของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (t-test Independent) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิจารณ์

4.1 การประเมินคุณภาพดินภาคสนาม

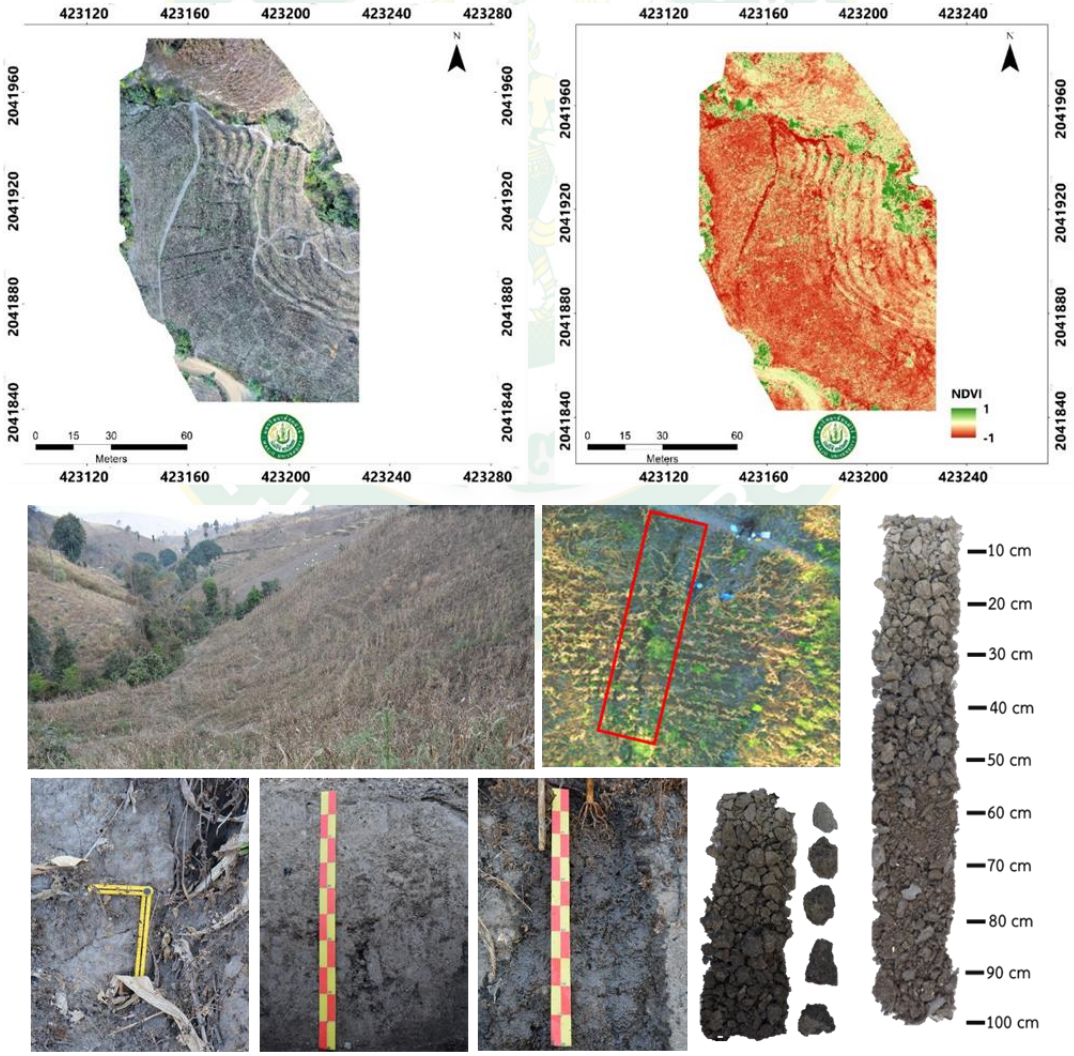
4.1.1 พื้นที่การทำเกษตรเชิงเดี่ยว (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์)

1) พื้นที่บ้านแม่ขี้มูกน้อยเกษตรเชิงเดี่ยวบริเวณที่ 1 (MON1) มีความลาดชัน 28% สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,034 เมตร ลักษณะของดินเป็นดินลึกเกิดจากการพัฒนาการตัวผุพังอยู่กับที่ของหินแกรนิต เนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียว โครงสร้างดินเป็นก้อนเหลี่ยมมุมคมทั้งดินบนและดินล่าง ดินจับตัวกันเป็นก้อนปานกลางมีช่องว่างขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ในดินน้อย ไม่พบจุดประสีและมีสีดินที่คล้ำต่ำกว่าสีดินที่กำหนดไว้ (Fence line) ไม่พบไส้เดือนดิน มีกลิ่นของดินที่สดชื่นเล็กน้อยและรากแพร่กระจายลงไปในแนวดิ่งได้อยู่ในช่วง 40-60 เซนติเมตร ไม่พบน้ำขังที่ผิวดิน พบรอยรอยแตกระแหงและเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จากภาพที่ 4 มีเปอร์เซ็นต์คลุมดิน 15.2% พบการกัดเซาะของน้ำและมีการกร่อนของดิน แบบเป็นริ้ว (Rill) และเป็นร่องขนาดใหญ่ (Gully) ซึ่งจากการประเมินคุณภาพดินในพื้นที่อยู่ในระดับปานกลาง แสดงในตารางที่ 5



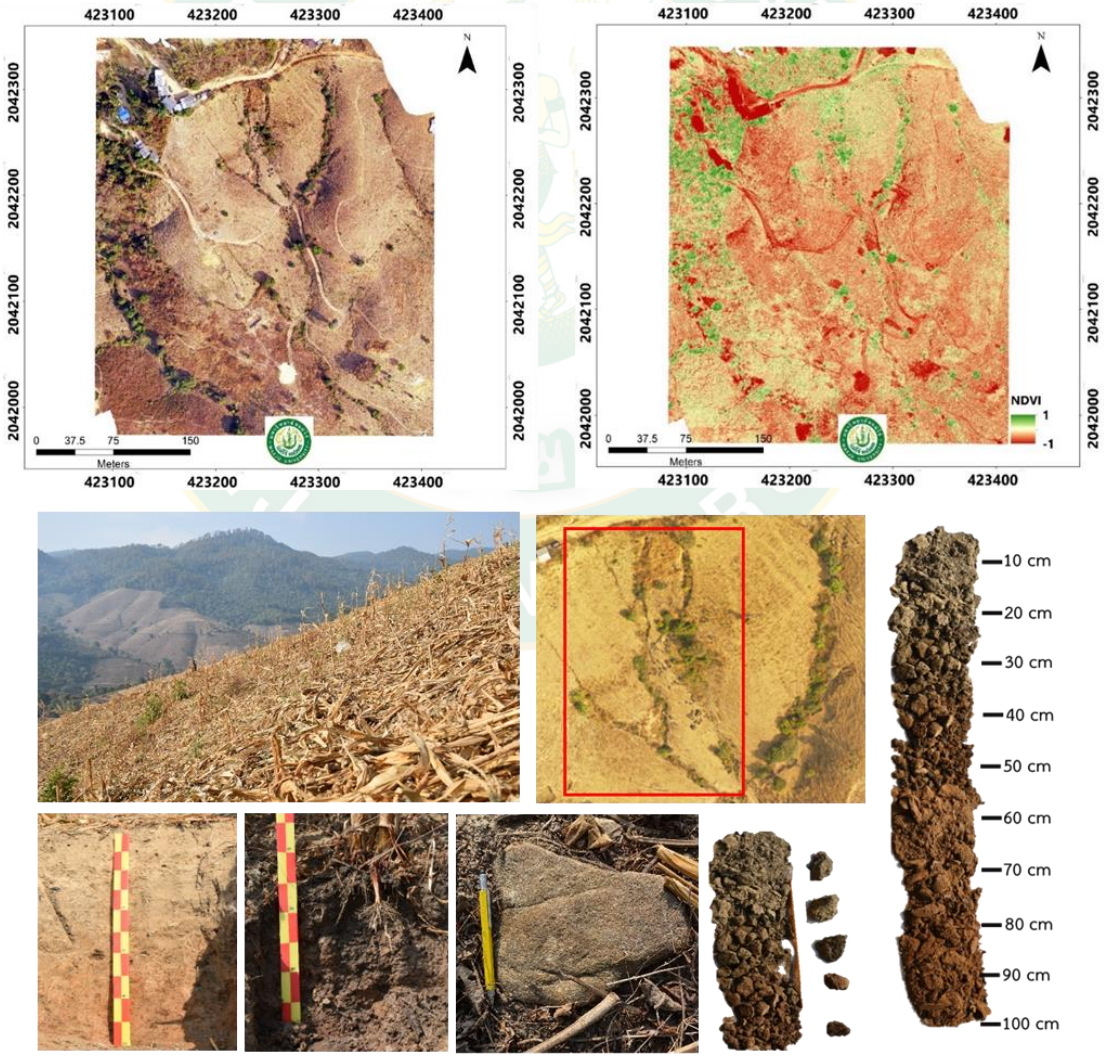
ภาพที่ 4 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ MON1

2) พื้นที่บ้านแม่ขี้มูกน้อยเกษตรเชิงเดี่ยวบริเวณที่ 2 (MON2) มีความลาดชัน 32% สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 896 เมตร ลักษณะของดินเป็นดินลึกเกิดจากการพัฒนาการตัวผุพังอยู่กับที่ของหินแกรนิต เนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวถึงดินร่วนเหนียวปนทราย ดินล่างเป็นดินเหนียวปนทรายถึงดินเหนียว โครงสร้างดินเป็นก้อนเหลี่ยมมุมคมทั้งดินบนและดินล่าง ดินจับตัวกันเป็นก้อนปานกลางมีช่องว่างขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในดินน้อย ไม่พบจุดประสีและมีสีดินที่คล้ำต่ำกว่าสีดินที่กำหนดไว้ (Fence line) ไม่พบไส้เดือนดิน มีกลิ่นของดินที่สดชื่นเล็กน้อยและรากพืชแพร่กระจายลงไปในแนวดิ่งได้ อยู่ในช่วง 40-60 เซนติเมตร ไม่พบน้ำขังที่ผิวดิน พบรอยรอยแตกระแหงและเมื่อพิจารณาจากค่า ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จากภาพที่ 5 มีเปอร์เซ็นต์ คลุมดิน 23.58% และพบการกัดเซาะของน้ำและมีการกร่อนของดินแบบเป็นริ้ว (Rill) และเป็นร่องขนาดใหญ่ (Gully) ซึ่งจากการประเมินคุณภาพดินในพื้นที่อยู่ในระดับปานกลาง แสดงในตารางที่ 5



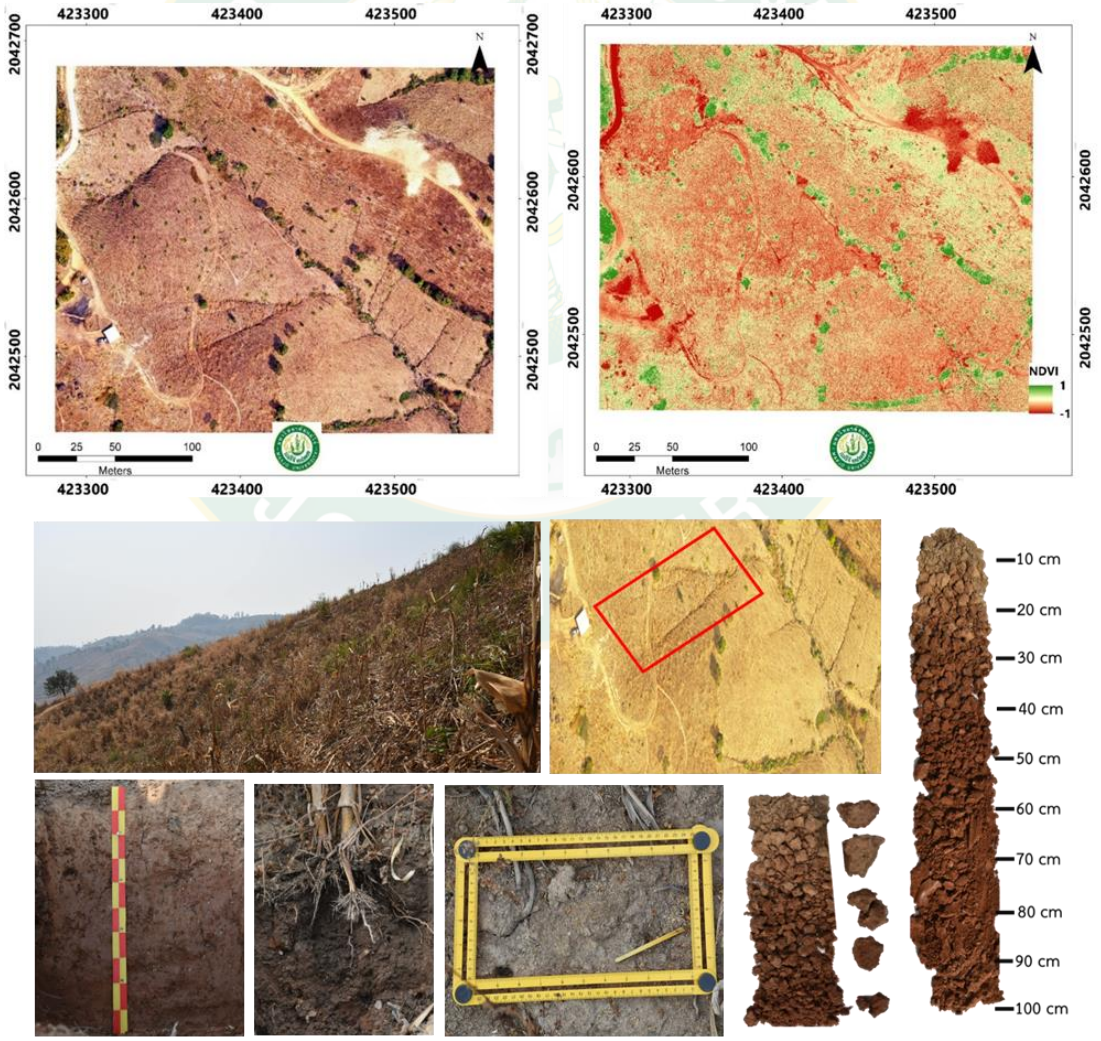
ภาพที่ 5 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ MON2

3) พื้นที่บ้านแม่ขี้มูกน้อยเกษตรเชิงเดี่ยวบริเวณที่ 3 (MON3) มีความลาดชัน 36% สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 987 เมตร ลักษณะของดินเป็นดินลึกเกิดจากการพัฒนาการตัวผุพังอยู่กับที่ของหินแกรนิต เนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียว โครงสร้างดินเป็นก้อนเหลี่ยมมุมคมทั้งดินบนและดินล่าง ดินจับตัวกันเป็นก้อนปานกลางมีช่องว่างขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ในดินน้อย ไม่พบจุดประสีและมีสีดินที่คล้ำต่ำกว่าสีดินที่กำหนดไว้ (Fence line) ไม่พบไส้เดือนดิน มีกลิ่นของดินที่สดชื่นเล็กน้อยและรากพืชแพร่กระจายลงไปในแนวดิ่งได้ อยู่ในช่วง 40-60 เซนติเมตร ไม่พบน้ำขังที่ผิวดิน พบรอยรอยแตกระแหงและเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จากภาพที่ 6 มีเปอร์เซ็นต์คลุมดิน 18.06% พบการกัดเซาะของน้ำและมีการกร่อนของดิน แบบเป็นริ้ว (Rill) และเป็นร่องขนาดใหญ่ (Gully) ซึ่งจากการประเมินคุณภาพดินในพื้นที่อยู่ในระดับปานกลาง แสดงในตารางที่ 5



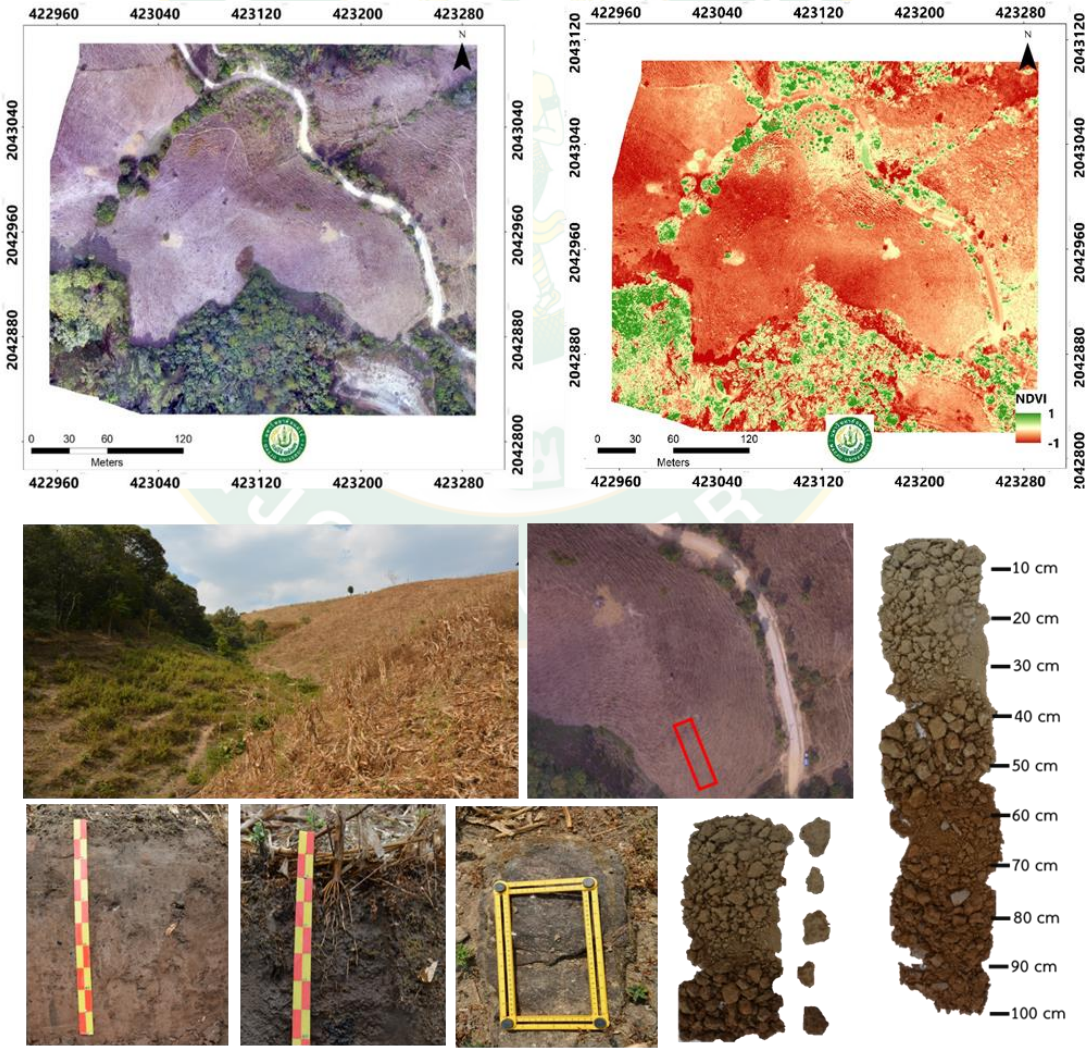
ภาพที่ 6 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ MON3

4) พื้นที่บ้านแม่ขี้มูกน้อยเกษตรเชิงเดี่ยวบริเวณที่ 4 (MON4) มีความลาดชัน 30% สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,003 เมตร ลักษณะของดินเป็นดินลึกเกิดจากการพัฒนาการตัวผุพังอยู่กับที่ของหินแกรนิต เนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงเหนียว ดินล่างเป็นดินเหนียว โครงสร้างดินเป็นก้อนเหลี่ยมมุมคมทั้งดินบนและดินล่าง ดินจับตัวกันเป็นก้อนปานกลางมีช่องว่างขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในดินน้อย ไม่พบจุดประสีและมีสีดินที่คล้ำต่ำกว่าสีดินที่กำหนดไว้ (Fence line) ไม่พบไส้เดือนดิน มีกลิ่นของดินที่สดชื่นเล็กน้อยและรากพืชแพร่กระจายลงไปในแนวดิ่งได้ อยู่ในช่วง 40-60 เซนติเมตร ไม่พบน้ำขังที่ผิวดิน พบรอยรอยแตกระแหงและเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จากภาพที่ 7 มีเปอร์เซ็นต์คลุมดิน 25.17% พบการกัดเซาะของน้ำและมีการกร่อนของดินแบบเป็นริ้ว (Rill) และเป็นร่องขนาดใหญ่ (Gully) ซึ่งจากการประเมินคุณภาพดินในพื้นที่อยู่ในระดับปานกลาง แสดงในตารางที่ 5



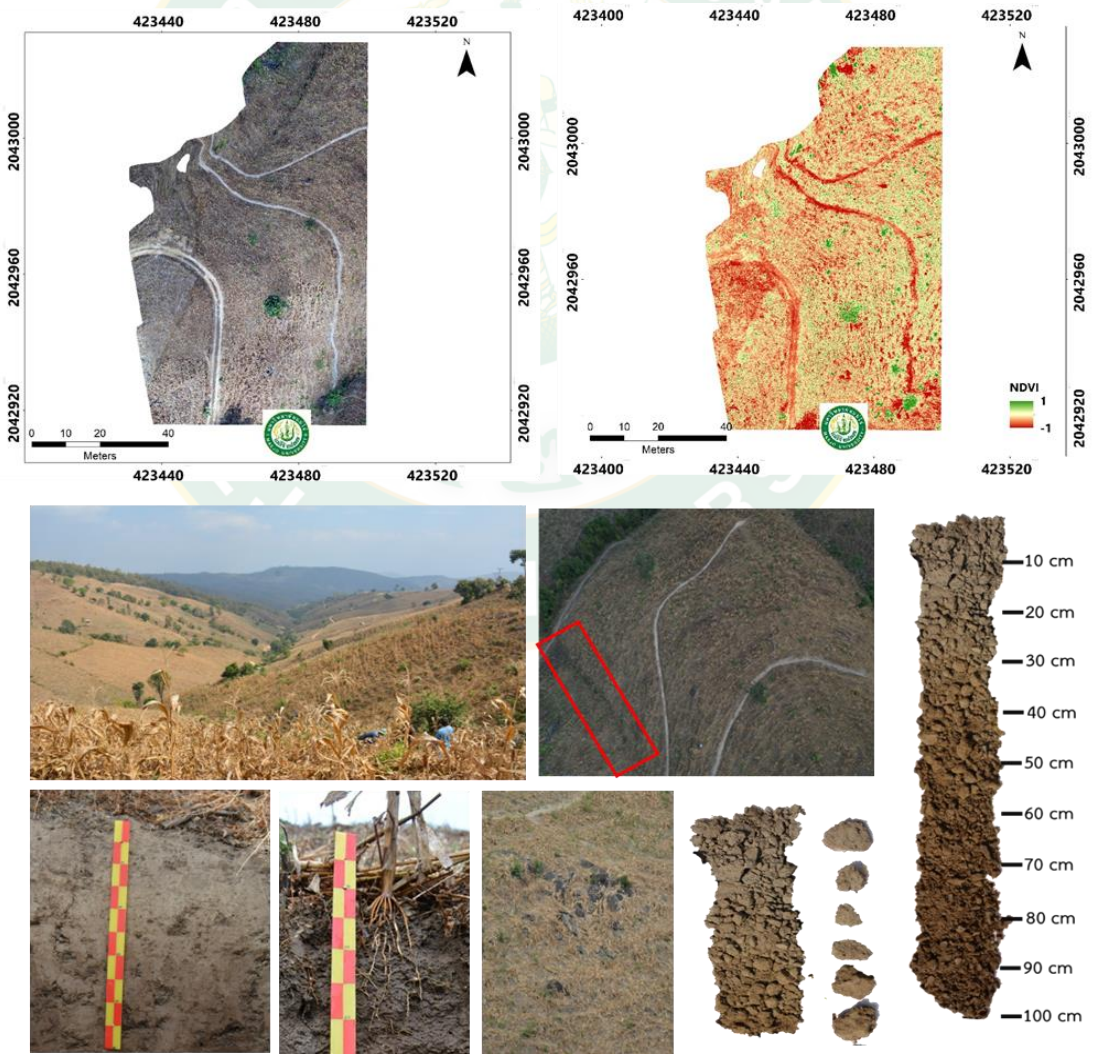
ภาพที่ 7 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ MON4

5) พื้นที่บ้านแม่ขี้มูกน้อยเกษตรเชิงเดี่ยวบริเวณที่ 5 (MON5) มีความลาดชัน 35% สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 1,026 เมตร ลักษณะของดินเป็นดินลึกเกิดจากการพัฒนาการตัวผุพังอยู่กับที่ของหินแกรนิต เนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย) ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวถึงดินเหนียว โครงสร้างดินเป็นก้อนเหลี่ยมมุมคมทั้งดินบนและดินล่าง ดินจับตัวกันเป็นก้อนปานกลางมีช่องว่างขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในดินน้อย ไม่พบจุดประสีและมีสีดินที่คล้ำต่ำกว่าสีดินที่กำหนดไว้ (Fence line) ไม่พบไส้เดือนดิน มีกลิ่นของดินที่สดชื่นเล็กน้อยและรากพืชแพร่กระจายลงไปในแนวดิ่งได้ อยู่ในช่วง 40-60 เซนติเมตร ไม่พบน้ำขังที่ผิวดิน พบรอยรอยแตกระแหงและเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จากภาพที่ 8 มีเปอร์เซ็นต์คลุมดิน 29.77% พบการกัดเซาะของน้ำและมีการกร่อนของดินแบบเป็นริ้ว (Rill) และเป็นร่องขนาดใหญ่ (Gully) ซึ่งจากการประเมินคุณภาพดินในพื้นที่อยู่ในระดับปานกลาง แสดงในตารางที่ 5



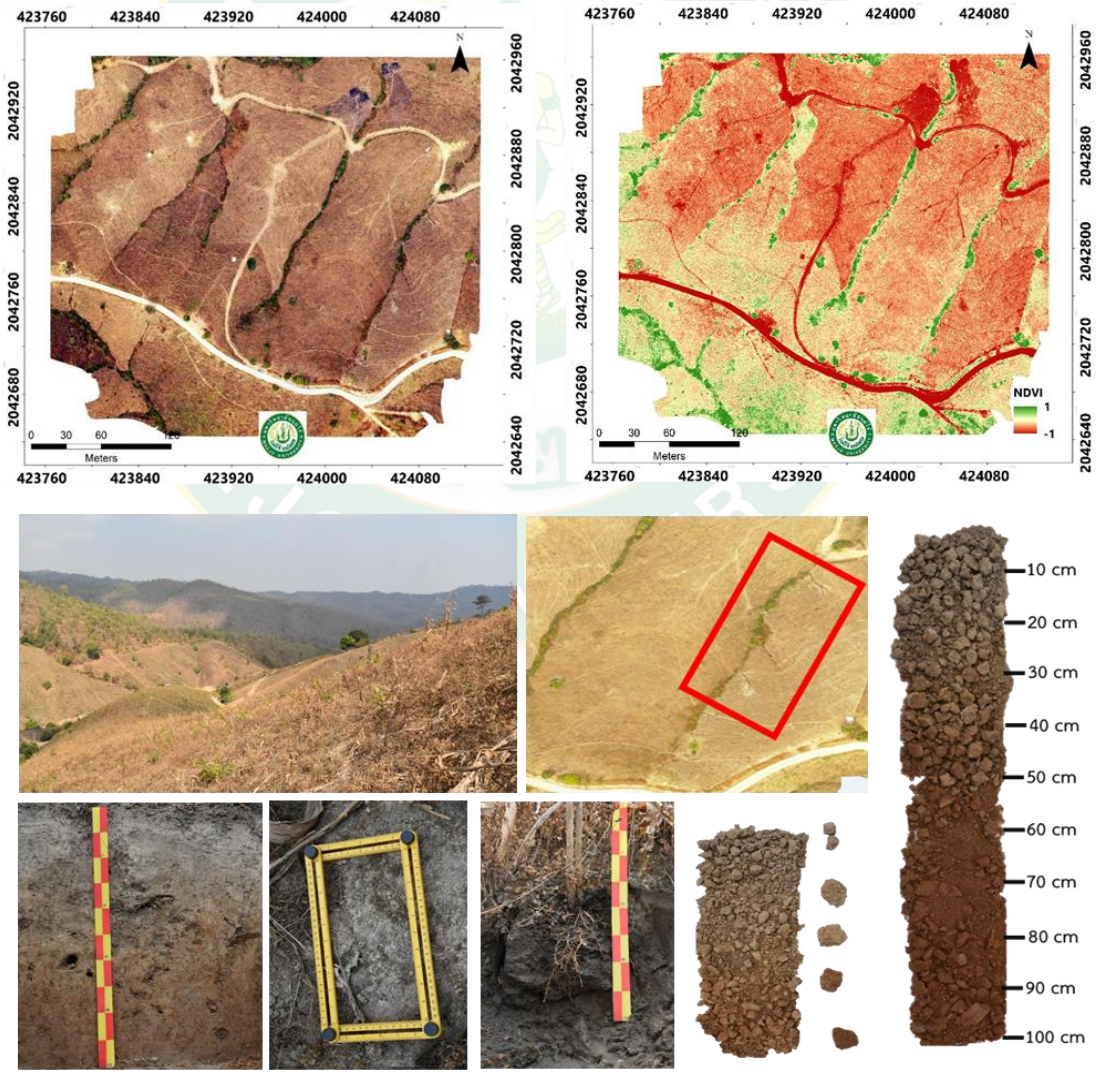
ภาพที่ 8 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ MON5

6) พื้นที่บ้านแม่ขี้มูกน้อยเกษตรเชิงเดี่ยวบริเวณที่ 6 (MON6) มีความลาดชัน 34% สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 963 เมตร ลักษณะของดินเป็นดินลึกเกิดจากการพัฒนาการตัวผุพังอยู่กับที่ของหินแกรนิต เนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียว โครงสร้างดินเป็นก้อนเหลี่ยมมุมคมทั้งดินบนและดินล่าง ดินจับตัวกันเป็นก้อนปานกลางมีช่องว่างขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในดินน้อย ไม่พบจุดประสีและมีสีดินที่คล้ำต่ำกว่าสีดินที่กำหนดไว้ (Fence line) ไม่พบไส้เดือนดิน มีกลิ่นของดินที่สดชื่นเล็กน้อยและรากพืชแพร่กระจายลงไปในแนวดิ่งได้ อยู่ในช่วง 40-60 เซนติเมตร ไม่พบน้ำขังที่ผิวดิน พบรอยรอยแตกระแหงและเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จากภาพที่ 9 มีเปอร์เซ็นต์คลุมดิน 8.35% พบการกัดเซาะของน้ำและมีการกร่อนของดินแบบเป็นริ้ว (Rill) และเป็นร่องขนาดใหญ่ (Gully) ซึ่งจากการประเมินคุณภาพดินในพื้นที่อยู่ในระดับปานกลาง แสดงในตารางที่ 5



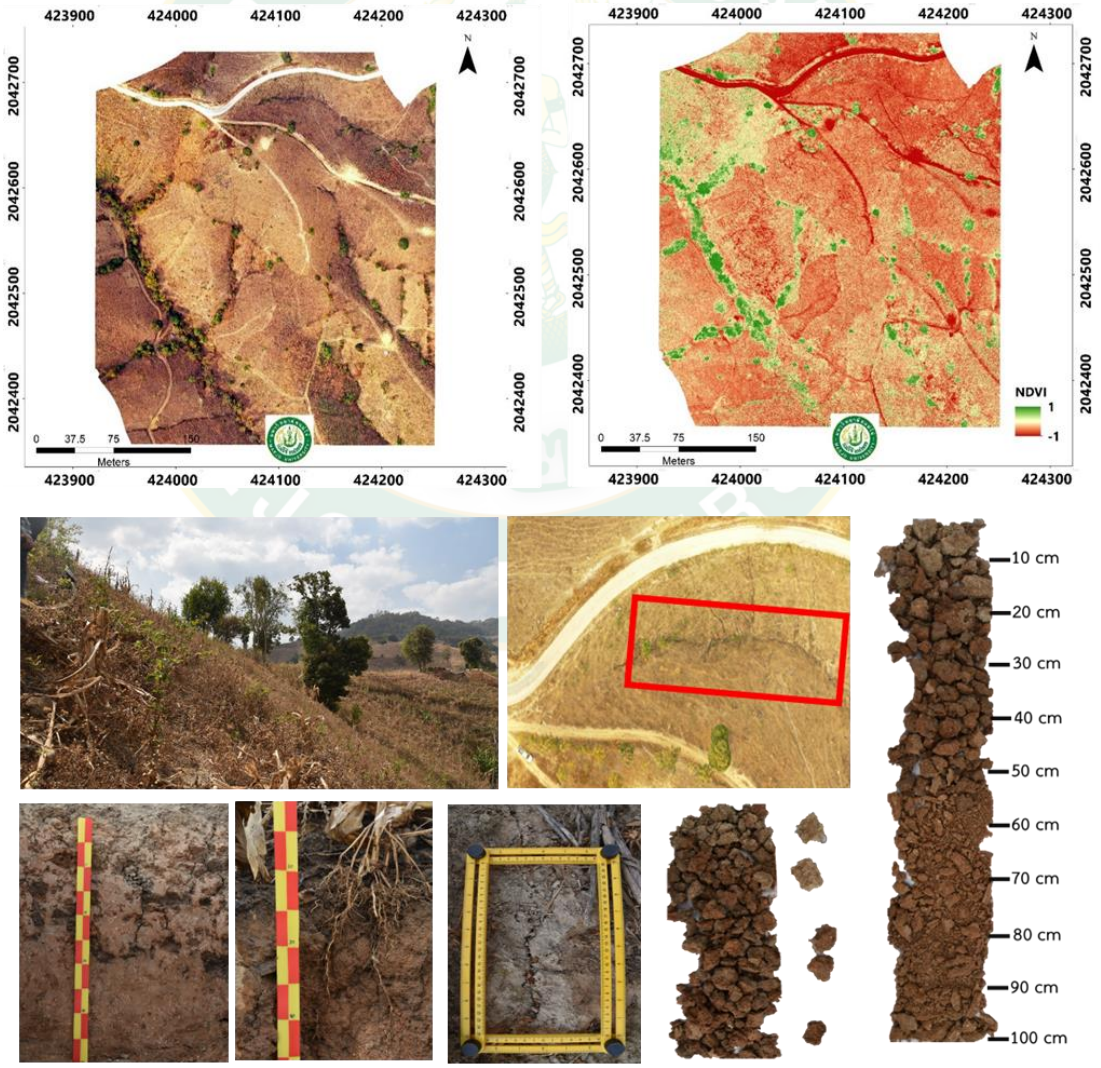
ภาพที่ 9 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ MON6

7) พื้นที่บ้านแม่ขี้มูกน้อยเกษตรเชิงเดี่ยวบริเวณที่ 7 (MON7) มีความลาดชัน 35% สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 915 เมตร ลักษณะของดินเป็นดินลึกเกิดจากการพัฒนาการตัวผุพังอยู่กับที่ของหินแกรนิต เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทราย ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียวปนทราย โครงสร้างดินเป็นก้อนเหลี่ยมมุมคมทั้งดินบนและดินล่าง ดินจับตัวกันเป็นก้อนปานกลางมีช่องว่างขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในดินน้อย ไม่พบจุดประสีและมีสีดินที่คล้ำต่ำกว่าสีดินที่กำหนดไว้ (Fence line) ไม่พบไส้เดือนดิน มีกลิ่นของดินที่สดชื่นเล็กน้อยและรากพืชแพร่กระจายลงไปในแนวดิ่งได้ อยู่ในช่วง 40-60 เซนติเมตร ไม่พบน้ำขังที่ผิวดิน พบรอยรอยแตกระแหงและเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จากภาพที่ 10 มีเปอร์เซ็นต์คลุมดิน 22.75% พบการกัดเซาะของน้ำและมีการกร่อนของดินแบบเป็นริ้ว (Rill) และเป็นร่องขนาดใหญ่ (Gully) ซึ่งจากการประเมินคุณภาพดินในพื้นที่อยู่ในระดับปานกลาง แสดงในตารางที่ 5



ภาพที่ 10 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ MON7

8) พื้นที่บ้านแม่ขี้มูกน้อยเกษตรเชิงเดี่ยวบริเวณที่ 8 (MON8) มีความลาดชัน 30% สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 913 เมตร ลักษณะของดินเป็นดินลึกเกิดจากการพัฒนาการตัวผุพังอยู่กับที่ของหินแกรนิต เนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียวปนทราย ดินล่างเป็นดินเหนียว โครงสร้างดินเป็นก้อนเหลี่ยมมุมคมทั้งดินบนและดินล่าง ดินจับตัวกันเป็นก้อนปานกลางมีช่องว่างขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในดินน้อย ไม่พบจุดประสีและมีสีดินที่คล้ำต่ำกว่าสีดินที่กำหนดไว้ (Fence line) ไม่พบไส้เดือนดิน มีกลิ่นของดินที่สดชื่นเล็กน้อยและรากพืชแพร่กระจายลงไปในแนวดิ่งได้ อยู่ในช่วง 40-60 เซนติเมตร ไม่พบน้ำขังที่ผิวดิน พบรอยรอยแตกระแหงและเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จาภาพที่ 11 มีเปอร์เซ็นต์คลุมดิน 19.74% พบการกัดเซาะของน้ำและมีการกร่อนของดิน แบบเป็นริ้ว (Rill) และเป็นร่องขนาดใหญ่ (Gully) ซึ่งจากการประเมินคุณภาพดินในพื้นที่อยู่ในระดับปานกลาง แสดงในตารางที่ 5



ภาพที่ 11 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ MON8

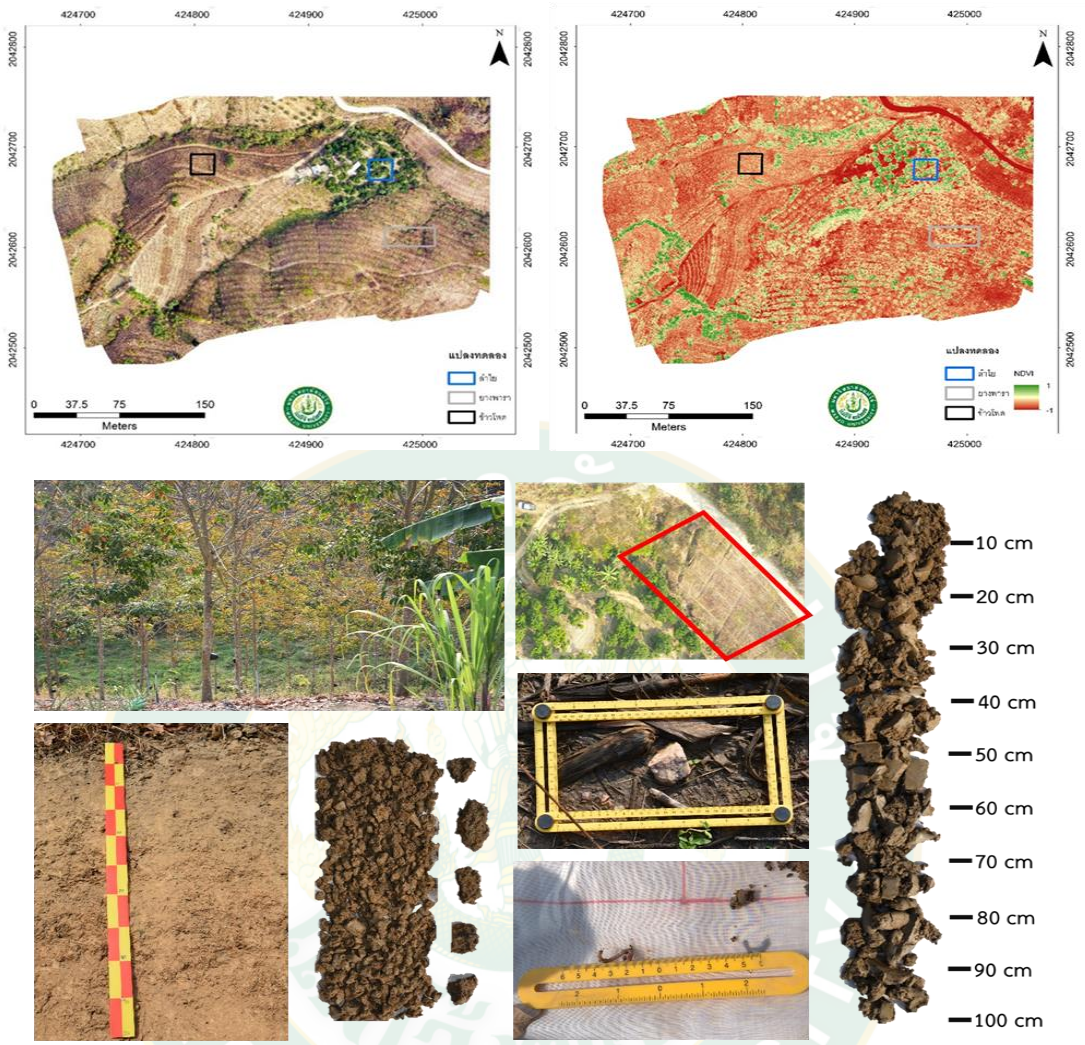
ตารางที่ 5 คะแนนการประเมินคุณภาพดินภาคสนามในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว

พารามิเตอร์	พื้นที่ศึกษา							
	MON1	MON2	MON3	MON4	MON5	MON6	MON7	MON8
เนื้อดิน (x3)	1	1	0.5	1.5	1	1.5	0	0.5
โครงสร้างดิน (x3)	0	1	1	1	1	1	1	1
ความพรุนของดิน (x3)	0	1	1	1	1	1	1	1
สีดิน (x2)	1	1	1	1	1	1	1	1
สีจุดประดิน (x3)	2	2	2	2	2	2	2	2
ไส้เดือนดิน (x3)	0	0	0	0	0	0	0	0
กลิ่นดิน (x2)	1	1	1	1	1	1	1	1
การหยั่งลึกของราก (x3)	1	1	1	1	1	1	1	1
การขังน้ำหน้าผิวดิน (x3)	2	2	2	2	2	2	2	2
สิ่งปกคลุมดินและรอยแตกหน้าผิวดิน (x2)	0	0	1	0	1	1	0	0
การกร่อนของดิน (x1)	0	0	0	0	0	0	0	0
Total score**	20	28	26.5	27.5	28	29.5	23	24.5

0 =แย่, 1 = ปานกลาง, 2 = ดี ** แย่ = <20, ปานกลาง = 20-37, ดี = >37

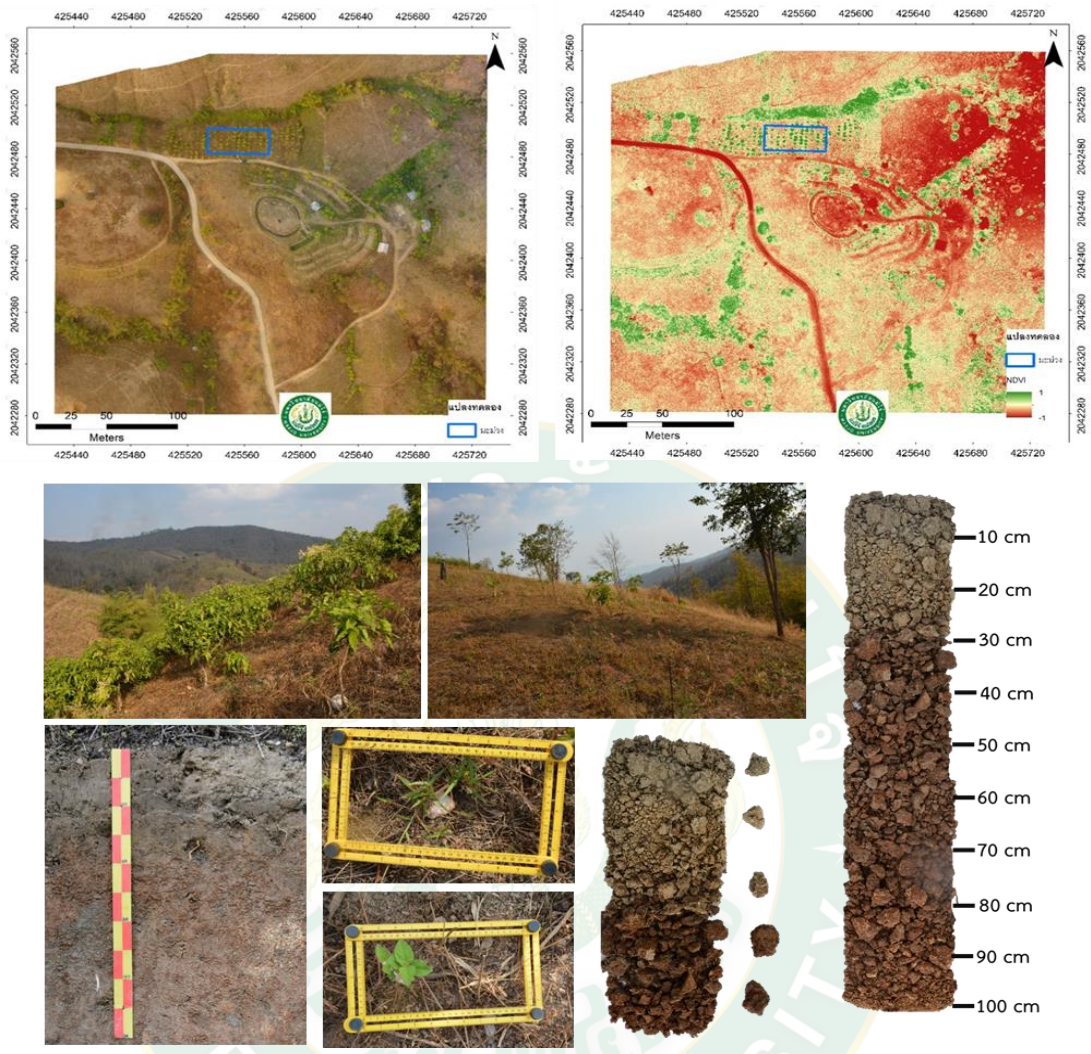
4.1.2 พื้นที่การทำเกษตรผสมผสาน

1) พื้นที่บ้านแม่ขี้มูกเกษตรผสมผสานบริเวณที่ 1 (INT1) มีความลาดชัน 30% สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 790 เมตร ลักษณะของดินเป็นดินลึกเกิดจากการพัฒนาการตัวผุพังอยู่กับที่ของหินแกรนิต เนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินล่างเป็นดินเหนียวปนทรายถึงดินเหนียว โครงสร้างดินเป็นก้อนเหลี่ยมมุมคมทั้งดินบนและดินล่าง ดินจับตัวกันเป็นก้อนปานกลางมีช่องว่างขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในดินน้อย ไม่พบจุดประสีและมีสีดินที่คล้ำสูงกว่าสีดินที่กำหนดไว้ (Fence line) ไม่พบไส้เดือนดิน มีกลิ่นของดินที่สดชื่นเล็กน้อยและรากพื้นแพร่กระจายลงไปในแนวดิ่งได้ อยู่ในช่วง 60-70 เซนติเมตร ไม่พบน้ำขังที่ผิวดิน พบรอยรอยแตกระแหงและเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จากภาพที่ 12 มีเปอร์เซ็นต์คลุมดิน 14.15% พบการกัดเซาะของน้ำและมีการกร่อนของดินแบบเป็นริ้ว (Rill) และเป็นร่องขนาดใหญ่ (Gully) ซึ่งจากการประเมินคุณภาพดินในพื้นที่อยู่ในระดับปานกลาง แสดงในตารางที่ 6



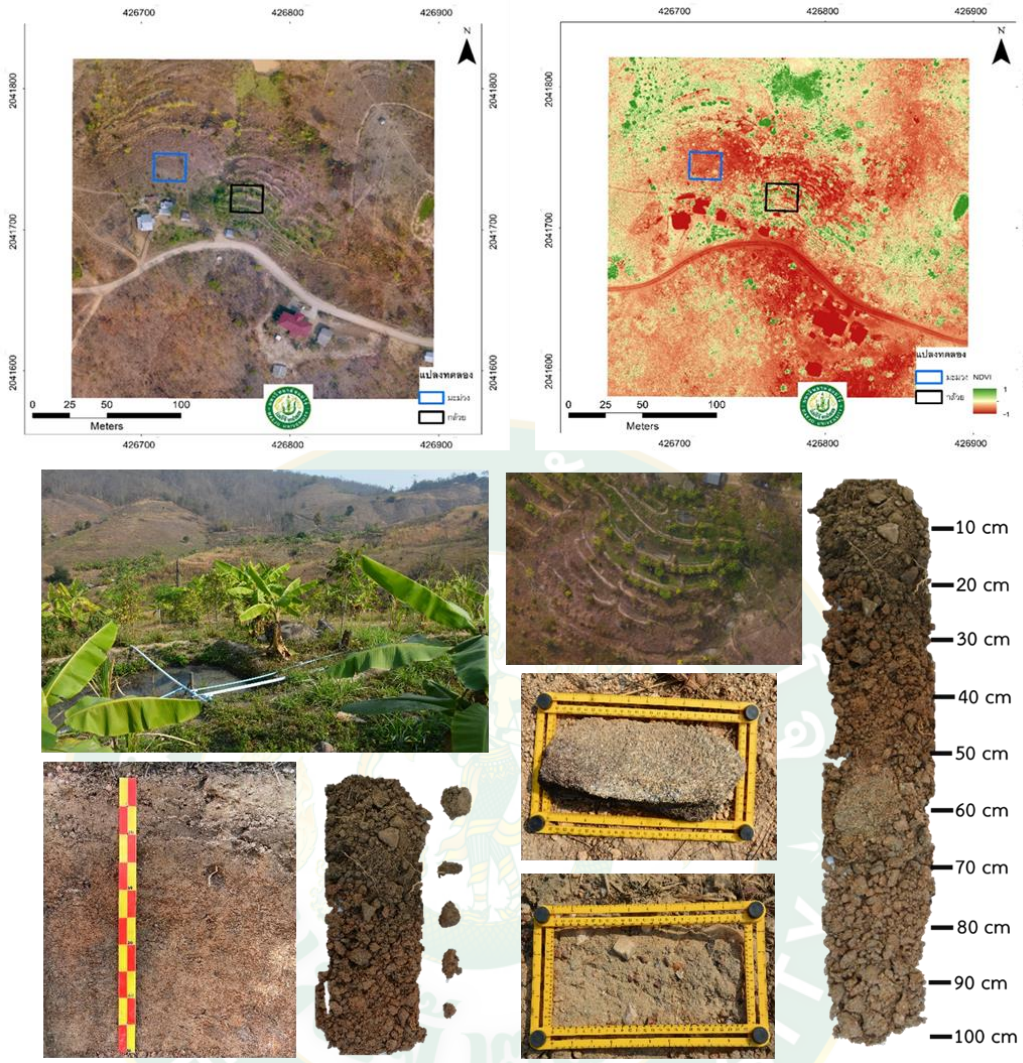
ภาพที่ 12 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ INT1

2) พื้นที่บ้านแม่ขี้มูกเกษตรผสมผสานบริเวณที่ 2 (INT2) มีความลาดชัน 35% สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 733 เมตร ลักษณะของดินเป็นดินลึกเกิดจากการพัฒนาการตัวผุพังอยู่กับที่ของหินแกรนิต เนื้อดินบนเป็นดินเหนียวปนทราย ดินล่างเป็นดินเหนียว โครงสร้างดินเป็นก้อนเหลี่ยมมุมคมทั้งดินบนและดินล่าง ดินจับตัวกันเป็นก้อนปานกลางมีช่องว่างขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในดินน้อย ไม่พบจุดประสีและมีสีดินที่คล้ำต่ำกว่าสีดินที่กำหนดไว้ (Fence line) ไม่พบไส้เดือนดิน มีกลิ่นของดินที่สดชื่นเล็กน้อยและรากพืนแพร่กระจายลงไปในแนวดิ่งได้ อยู่ในช่วง 50-60 เซนติเมตร ไม่พบน้ำขังที่ผิวดิน พบรอยรอยแตกระแหงและเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จากภาพที่ 13 มีเปอร์เซ็นต์คลุมดิน 23.93% พบการกัดเซาะของน้ำและมีการกร่อนของดินแบบเป็นริ้ว (Rill) และเป็นร่องขนาดใหญ่ (Gully) ซึ่งจากการประเมินคุณภาพดินในพื้นที่อยู่ในระดับปานกลาง แสดงในตารางที่ 6



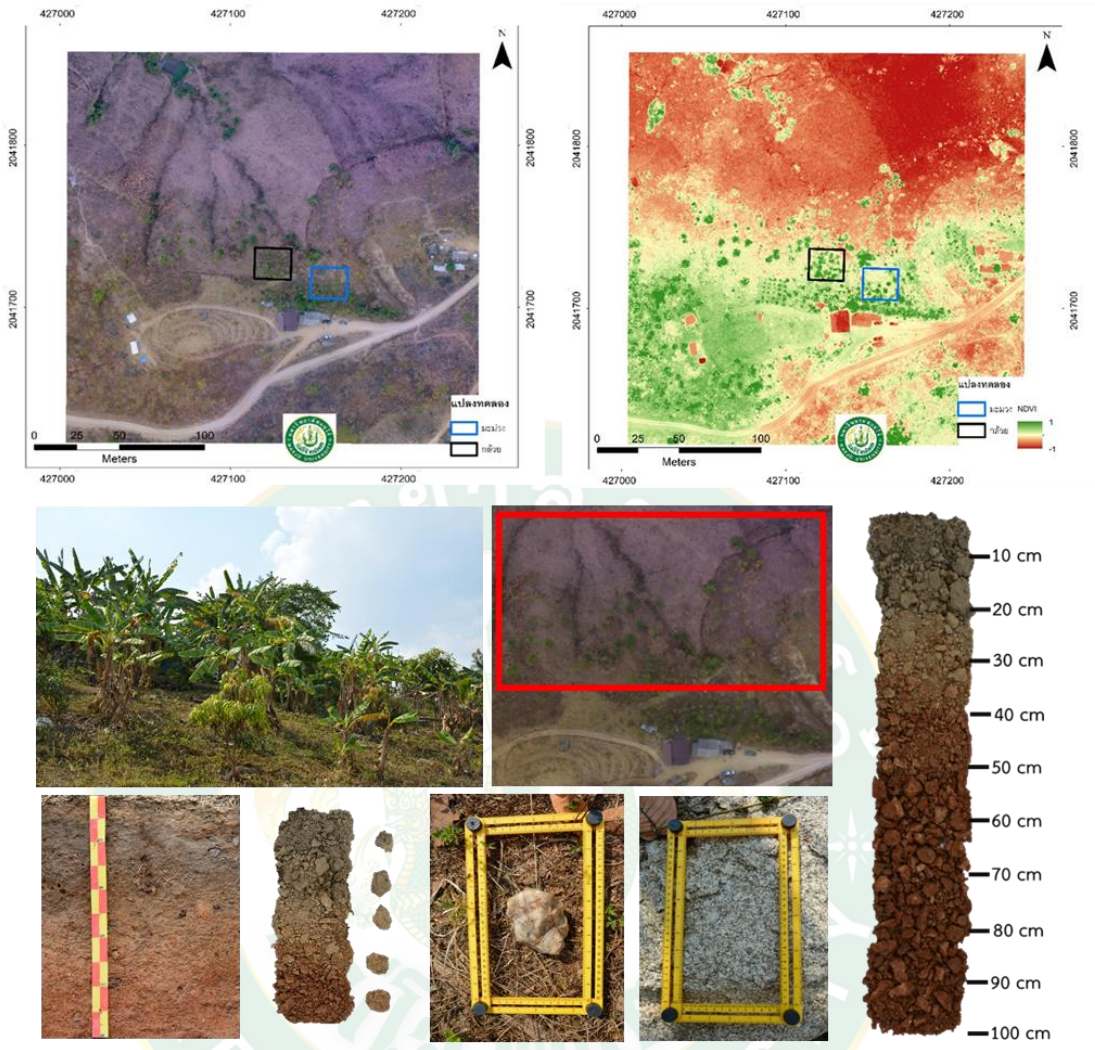
ภาพที่ 13 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ INT2

3) พื้นที่บ้านแม่ขี้มูกเกษตรผสมผสานบริเวณที่ 3 (INT3) มีความลาดชัน 38% สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 778 เมตร ลักษณะของดินเป็นดินลึกเกิดจากการพัฒนาการตัวผุพังอยู่กับที่ของหินแกรนิต เนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย โครงสร้างดินเป็นก้อนเหลี่ยมมุมคมทั้งดินบนและดินล่าง ดินจับตัวกันเป็นก้อนปานกลางมีช่องว่างขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในดินน้อย ไม่พบจุดประสีและมีสีดินที่คล้ำต่ำกว่าสีดินที่กำหนดไว้ (Fence line) ไม่พบไส้เดือนดิน มีกลิ่นของดินที่สดชื่นเล็กน้อยและรากพืนแพร่กระจายลงไปในแนวดิ่งได้ อยู่ในช่วง 60-70 เซนติเมตร ไม่พบน้ำขังที่ผิวดิน พบรอยรอยแตกระแหงและเมื่อพิจารณาจากค่า ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จากภาพที่ 14 มีเปอร์เซ็นต์คลุมดิน 26.90% พบการกัดเซาะของน้ำและมีการกร่อนของดินแบบเป็นริ้ว (Rill) และเป็นร่องขนาดใหญ่ (Gully) ซึ่งจากการประเมินคุณภาพดินในพื้นที่อยู่ในระดับปานกลาง แสดงในตารางที่ 6



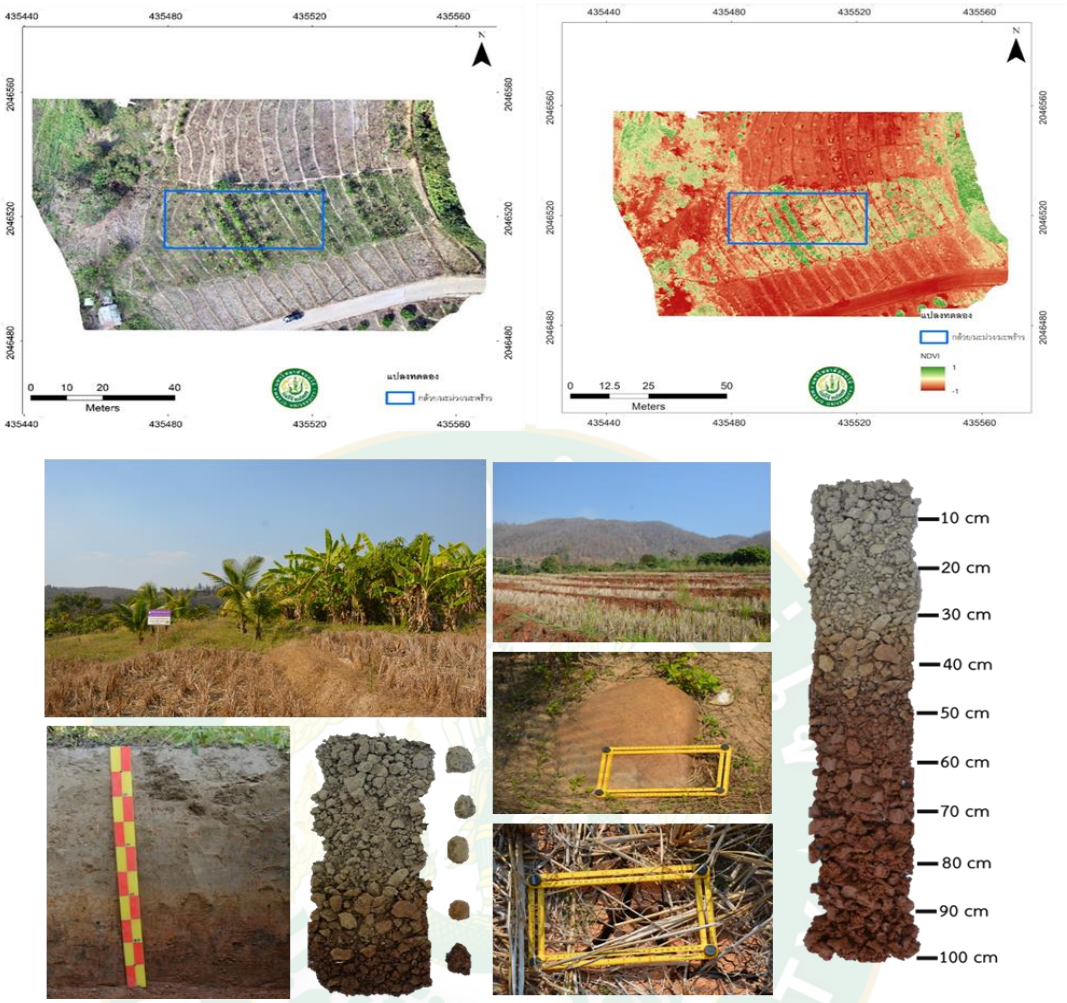
ภาพที่ 14 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ INT3

4) พื้นที่บ้านแม่ขี้มูกเกษตรผสมผสานบริเวณที่ 4 (INT4) มีความลาดชัน 29% สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 813 เมตร ลักษณะของดินเป็นดินลึกเกิดจากการพัฒนาการตัวผุพังอยู่กับที่ของหินแกรนิต เนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียวปนทราย ดินล่างเป็นดินเหนียว โครงสร้างดินเป็นก้อนเหลี่ยมมุมคมทั้งดินบนและดินล่าง ดินจับตัวกันเป็นก้อนปานกลางมีช่องว่างขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในดินน้อย ไม่พบจุดประสีและมีสีดินที่คล้ำต่ำกว่าสีดินที่กำหนดไว้ (Fence line) ไม่พบไส้เดือนดิน มีกลิ่นของดินที่สดชื่นเล็กน้อยและรากพืชแพร่กระจายลงไปในแนวดิ่งได้ อยู่ในช่วง 40-50 เซนติเมตร ไม่พบน้ำขังที่ผิวดิน พบรอยรอยแตกระแหงและเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จากภาพที่ 15 มีเปอร์เซ็นต์คลุมดิน 32.10% พบการกัดเซาะของน้ำและมีการกร่อนของดินแบบเป็นริ้ว (Rill) และเป็นร่องขนาดใหญ่ (Gully) ซึ่งจากการประเมินคุณภาพดินในพื้นที่อยู่ในระดับปานกลาง แสดงในตารางที่ 6



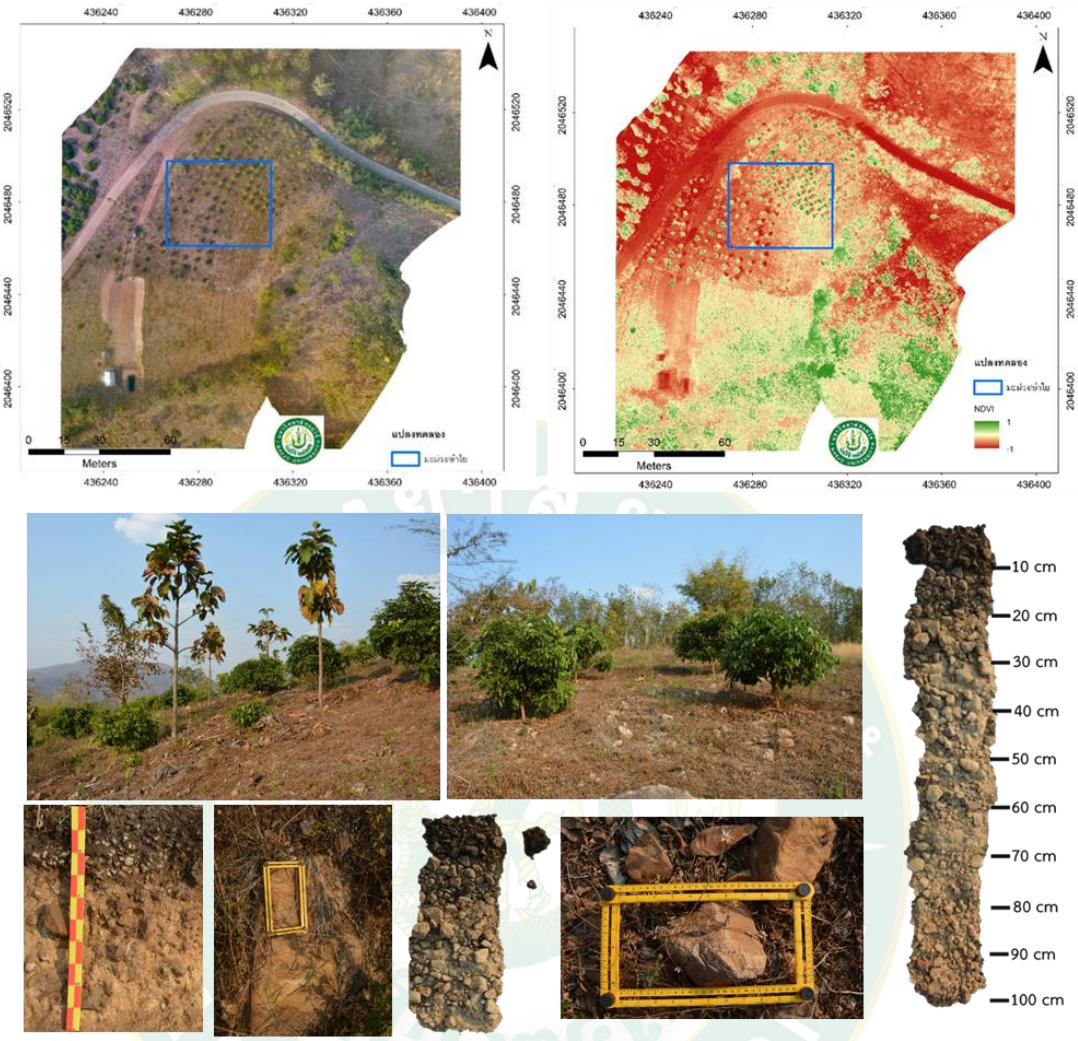
ภาพที่ 15 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ INT4

5) พื้นที่บ้านใหม่ปูเลยเกษตรผสมผสานบริเวณที่ 5 (INT5) มีความลาดชัน 30% สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 518 เมตร ลักษณะของดินเป็นดินลึกเกิดจากการพัฒนาการตัวผุพังและเคลื่อนย้ายมาทับถมของหินทราย เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทรายถึงร่วนเหนียวปนทราย ดินล่างเป็นดินเหนียวปนทรายถึงดินเหนียว โครงสร้างดินเป็นก้อนเหลี่ยมมุมคมทั้งดินบนและดินล่าง ดินจับตัวกันเป็นก้อนปานกลางมีช่องว่างขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในดินน้อย ไม่พบจุดประสีและมีสีดินที่คล้ำสูงกว่าสีดินที่กำหนดไว้ (Fence line) ไม่พบไส้เดือนดิน มีกลิ่นของดินที่สดชื่นเล็กน้อยและรากพืนแพร่กระจายลงไปในแนวดิ่งได้ อยู่ในช่วง 50-60 เซนติเมตร ไม่พบน้ำขังที่ผิวดิน พบรอยรอยแตกระแหงและเมื่อพิจารณาจากค่า ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จากภาพที่ 16 มีเปอร์เซ็นต์คลุมดิน 25.2% พบการกัดเซาะของน้ำและมีการกร่อนของดินแบบเป็นริ้ว (Rill) และเป็นร่องขนาดใหญ่ (Gully) ซึ่งจากการประเมินคุณภาพดินในพื้นที่อยู่ในระดับปานกลาง แสดงในตารางที่ 6



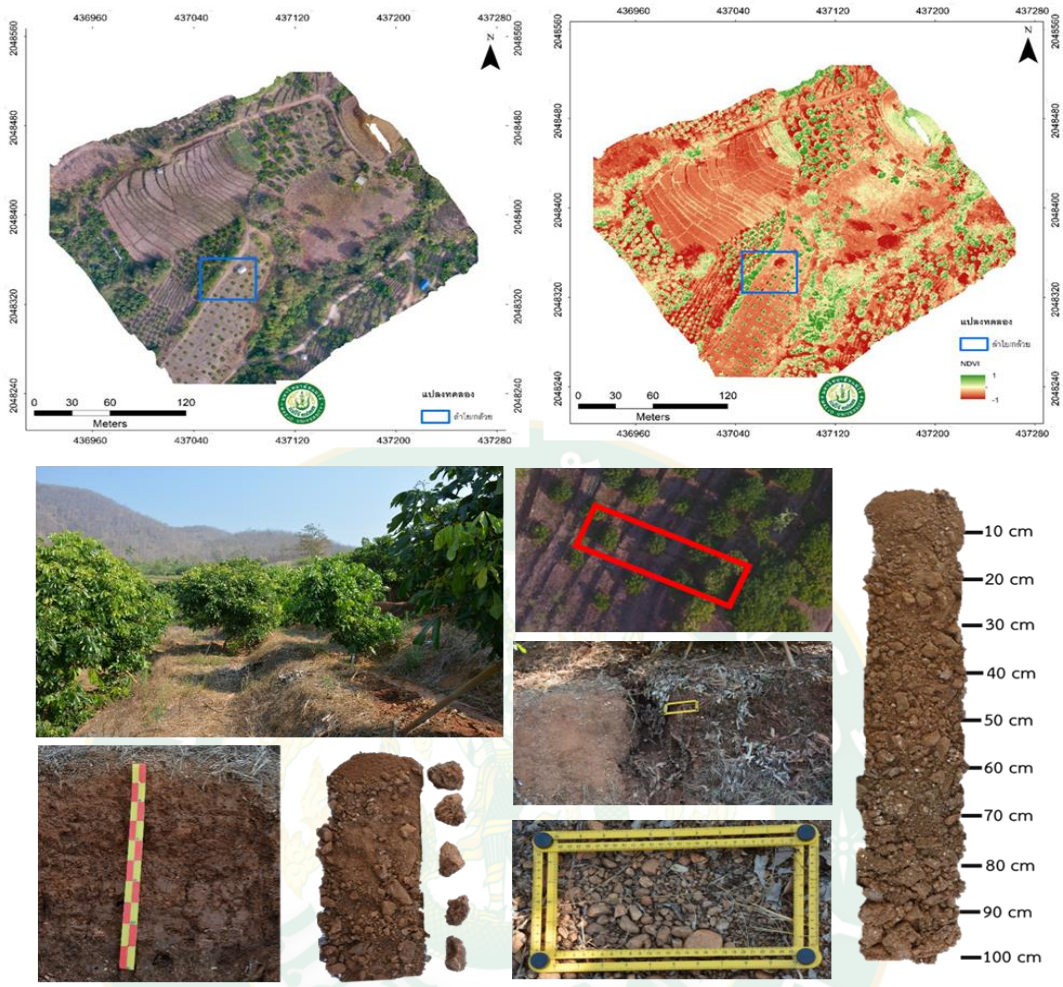
ภาพที่ 16 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ INT5

6) พื้นที่บ้านใหม่ปูเลยเกษตรผสมผสานบริเวณที่ 6 (INT6) มีความลาดชัน 35% สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 616 เมตร ลักษณะของดินเป็นดินตื้น เป็นดินที่เริ่มมีการพัฒนาการตัวเกิดจากการพัฒนาการตัวผุพังอยู่กับที่และเคลื่อนย้ายมาทับถมของหินทราย เนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทรายถึงร่วนเหนียวปนทราย ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีปริมาณกรวดปนมากกว่า ร้อยละ 35 โครงสร้างดินเป็นดินไม่มีโครงสร้าง ทั้งดินบนและดินล่าง ดินจับตัวกันเป็นก้อนปานกลางมีช่องว่างขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในดินน้อย ไม่พบจุดประสีและมีสีดินที่คล้ำสูงกว่าสีดินที่กำหนดไว้ (Fence line) ไม่พบไส้เดือนดิน มีกลิ่นของดินที่สดชื่นเล็กน้อยและรากพืชแพร่กระจายลงไปในแนวดิ่งได้ อยู่ในช่วง 60-70 เซนติเมตร ไม่พบน้ำขังที่ผิวดิน พบรอยรอยแตกระแหงและเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จากภาพที่ 17 มีเปอร์เซ็นต์คลุมดิน 35.7% พบการกัดเซาะของน้ำและมีการกร่อนของดินแบบเป็นริ้ว (Rill) และเป็นร่องขนาดใหญ่ (Gully) ซึ่งจากการประเมินคุณภาพดินในพื้นที่อยู่ในระดับปานกลาง แสดงในตารางที่ 6



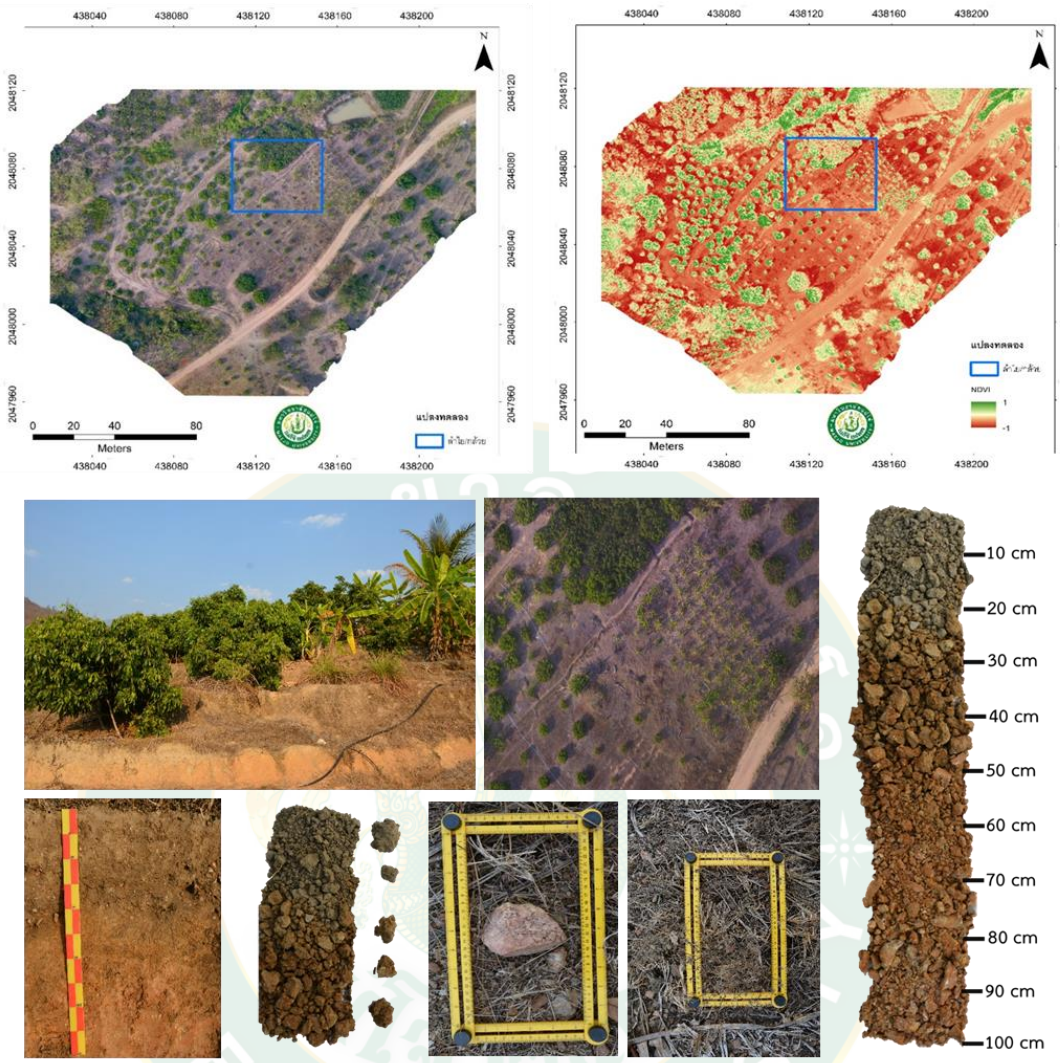
ภาพที่ 17 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ INT6

7) พื้นที่บ้านแม่ปานเกษตรผสมผสานบริเวณที่ 7 (INT7) มีความลาดชัน 36% สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 600 เมตร ลักษณะของดินเป็นดินลึกเกิดจากการพัฒนาการตัวผุพังอยู่กับที่ของหินทราย เนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายดินล่างเป็นดินเหนียว โครงสร้างดินเป็นก้อนเหลี่ยมมุมคมทั้งดินบนและดินล่าง ดินจับตัวกันเป็นก้อนปานกลางมีช่องว่างขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในดินน้อย ไม่พบจุดประสีและมีสีดินที่คล้ำต่ำกว่าสีดินที่กำหนดไว้ (Fence line) ไม่พบไส้เดือนดิน มีกลิ่นของดินที่สดชื่นเล็กน้อยและรากพื้นแพร่กระจายลงไปในแนวดิ่งได้ อยู่ในช่วง 50-60 เซนติเมตร ไม่พบน้ำขังที่ผิวดิน พบรอยรอยแตกระแหงและเมื่อพิจารณาจากค่า ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จาก ภาพที่ 18 มีเปอร์เซ็นต์คลุมดิน 40.5% พบการกัดเซาะของน้ำและมีการกร่อนของดินแบบเป็นริ้ว (Rill) และเป็นร่องขนาดใหญ่ (Gully) ซึ่งจากการประเมินคุณภาพดินในพื้นที่อยู่ในระดับปานกลาง แสดงในตารางที่ 6



ภาพที่ 18 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ INT7

8) พื้นที่บ้านแม่ปาน เกษตรผสมผสานบริเวณที่ 8 (INT8) มีความลาดชัน 27% สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 627 เมตร ลักษณะของดินเป็นดินลึกเกิดจากการพัฒนาการตัวผุพังอยู่กับที่ของหินทราย เนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียวปนทราย โครงสร้างดินเป็นก้อนเหลี่ยมมุมคมทั้งดินบนและดินล่าง ดินจับตัวกันเป็นก้อนปานกลางมีช่องว่างขนาดเล็กและขนาดใหญ่ในดินน้อย ไม่พบจุดประสีและมีสีดินที่คล้ำต่ำกว่าสีดินที่กำหนดไว้ (Fence line) ไม่พบไส้เดือนดิน มีกลิ่นของดินที่สดชื่นเล็กน้อยและรากพืนแพร่กระจายลงไปในแนวดิ่งได้ อยู่ในช่วง 40-60 เซนติเมตร ไม่พบน้ำขังที่ผิวดิน พบรอยรอยแตกระแหงและเมื่อพิจารณาจากค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จากภาพที่ 19 มีเปอร์เซ็นต์คลุมดิน 35.4% พบการกัดเซาะของน้ำและมีการกร่อนของดินแบบเป็นริ้ว (Rill) และเป็นร่องขนาดใหญ่ (Gully) ซึ่งจากการประเมินคุณภาพดินในพื้นที่อยู่ในระดับปานกลาง แสดงในตารางที่ 6



ภาพที่ 19 ลักษณะภูมิประเทศและลักษณะดินในพื้นที่ INT8

ตารางที่ 6 คะแนนการประเมินคุณภาพดินภาคสนามในพื้นที่เกษตรผสมผสาน

พารามิเตอร์	พื้นที่ศึกษา							
	INT1	INT2	INT3	INT4	INT5	INT6	INT7	INT8
เนื้อดิน (x3)	0.5	0.5	0.5	0	1	0	1	1
โครงสร้างดิน (x3)	1	1	1	1	1	2	1	1
ความพรุนของดิน (x3)	1	1	1	1	1	2	1	1
สีดิน (x2)	1	1	1	2	1	2	1	1
สีจุดประดิน (x3)	2	2	2	2	2	2	2	2
ไส้เดือนดิน (x3)	0	0	0	0	0	0	0	0
กลิ่นดิน (x2)	1	1	1	1	1	1	1	1
การหยั่งลึกของราก (x3)	1	1	1	1	1	1	1	1
การขังน้ำหน้าผิวดิน (x3)	2	2	2	2	2	2	2	2
สิ่งปกคลุมดินและรอยแตกหน้าผิวดิน (x2)	1	1	1	2	2	1	1	1
การกร่อนของดิน (x1)	0	0	2	0	2	2	0	2
Total score**	26.5	26.5	28.5	29	32	35	28	30

0 =แย่, 1 = ปานกลาง, 2 = ดี ** แย่ = <20, ปานกลาง = 20-37, ดี = >37

คุณภาพดินภาคสนามคะแนนการประเมินของเกษตรเชิงเดี่ยวและเกษตรผสมสานอยู่ในระดับปานกลางทุกพื้นที่ การให้คะแนนที่มีความแตกต่างที่เห็นได้ชัดเจน คือสิ่งปกคลุมผิวดิน (Surface cover) ในระบบเกษตรผสมผสานจะอยู่ในระดับคะแนนที่ดีกว่าเกษตรเชิงเดี่ยว และการกร่อนของดินซึ่งในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวพบการกร่อนของดินในทุกพื้นที่ แต่เกษตรผสมผสานยังพบการกร่อนของดินในบางพื้นที่ ในพื้นที่เกษตรทั้งสองพื้นที่มีการพัฒนาการตัวจากหินทรายและหินแกรนิตมีลักษณะเนื้อดินที่มีเนื้อหยาบถึงหยาบปานกลาง แต่ในพื้นที่เกษตรผสมผสานพบว่ามีลักษณะเนื้อดินที่ละเอียดกว่าพื้นที่เชิงเดี่ยว เนื่องจากอาจเกิดได้การกร่อนของดินหรือการพัฒนาการตัวของวัตถุต้นกำเนิดดิน (จีรณัทย์ และคณะ, 2554) ทำให้คะแนนการประเมินของเชิงเดี่ยวมีผลคะแนนที่ดีกว่า และลักษณะเนื้อดินละเอียดยังสอดคล้องกับการให้คะแนนโครงสร้างดินและความพรุน ในทุกพื้นที่มีโครงสร้างดินเป็นก้อนเหลี่ยมมุมคมและมีไม่มีช่องว่างในดินที่สามารถมองเห็นได้ ยกเว้นเกษตรผสมผสานพื้นที่ที่ INT6 ไม่มีโครงสร้างดิน และคะแนนสีดินมีความสัมพันธ์กับโครงสร้างดินและความพรุนของดิน สอดคล้องกับการศึกษาของ Moncada et al., (2014) ศึกษาการประเมินคุณภาพของดินภาคสนาม (VSA) โดยศึกษาโครงสร้างดิน (Soil Structural Quality: SSQ) ร่วมกับคุณสมบัติทางกายภาพของดินและทางชลศาสตร์ของดิน (อินทรีย์คาร์บอนในดิน เสถียรภาพเม็ดดิน ความหนาแน่นรวม, ความพรุน ความจุน้ำของพืช และสภาพการนำน้ำด้วยดินอิ่มตัวด้วยน้ำและไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ หา

ความสัมพันธ์ทางสถิติระหว่างกัน โดยการประเมินคุณภาพของดินภาคสนามจะสัมพันธ์กับคุณสมบัติต่างๆ มากที่สุด ได้แก่ อินทรีย์คาร์บอนในดิน เสถียรภาพเม็ดดิน ความหนาแน่นรวม ความพรุน ความจุน้ำของพืช ดังนั้นการประเมินคุณภาพของดินภาคสนามมีความน่าเชื่อถือได้จากการพิจารณาว่าเป็นตัวบ่งชี้คุณสมบัติทางกายภาพของดินที่มีแนวโน้ม ($0.33 < R^2 < 0.95$) และการให้คะแนนกลิ่นดิน สีจุดประ การหยั่งลึกของราก และปริมาณน้ำขังที่ผิวดินมีการให้แนนที่เท่ากัน เนื่องจากในพื้นที่เป็นพื้นที่สูงจึงไม่พบการขังน้ำของดินซึ่งมีความสัมพันธ์กับสีจุดประและกลิ่นของดิน เนื่องจากการขังน้ำของดินจะเกิดสภาวะขาดออกซิเจนทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ที่เกิดจากจีออสมิน (Geosmin) ที่ผลิตจากสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินและแบคทีเรีย (สุนีย์, 2563) และส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบออกไซด์ของเหล็กที่สะสมอยู่ในดินจะมีสีเทาเมื่ออยู่ในสภาวะที่มีน้ำแช่ขังและเปลี่ยนรูปเป็นสารที่ให้สีแดงเป็นจุดประสลับสีเทาซึ่งเป็นสีพื้นเมื่ออยู่ในสภาวะดินแห้งและความสามารถในการหยั่งลึกของรากลดลง (ศุภธิดา, 2560)

4.2 สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินบางประการ

4.2.1 สมบัติทางกายภาพของดิน

1) การกระจายขนาดอนุภาคและชั้นเนื้อดินหลัก

1.1) การแจกกระจายอนุภาคทราย

พื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว การแจกกระจายอนุภาคดินทราย พื้นที่ที่ 1 (MON1) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 53-57 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 30-49 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 2 (MON2) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 55-57 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 40-48 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 3 (MON3) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 59-63 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 39-48 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 4 (MON4) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 34-49 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 19-29 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 5 (MON5) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 51-55 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 37-48 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 6 (MON6) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 48-51 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 38-44 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 7 (MON7) ดินบนมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 62-65 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 46-60 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 8 (MON8) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 41-19 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 31–40 เปอร์เซนต์

พื้นที่การทำเกษตรผสมผสาน การแจกกระจายอนุภาคดินทราย พื้นที่ที่ 1 (INT1) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 48-51 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 38-45 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 2 (INT2) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 44-49 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 30-42 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 3 (INT3) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 53-54 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 54-55 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 4 (INT4) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 48-54 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง

25-37 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 5 (INT5) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 60-67 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 41-54 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 6 (INT6) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 64-67 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 50-60 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 7 (INT7) ดินบนมีอยู่ในช่วงระหว่าง 48-51 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 24-40 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 8 (INT8) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 54-57 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 40-50 เปอร์เซนต์

1.2) การแจกกระจายอนุภาคทรายแป้ง

พื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว การแจกกระจายอนุภาคดินทรายแป้ง พื้นที่ที่ 1 (MON1) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 16-17 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 20-24 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 2 (MON2) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 21-22 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 14-19 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 3 (MON3) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 12-13 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 12-16 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 4 (MON4) ดินบนมีค่า 19 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 13-17 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 5 (MON5) ดินบนมีค่า 19 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 13-17 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 6 (MON6) ดินบนมีค่า 24 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 18-23 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 7 (MON7) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 15-17 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 12-16 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 8 (MON8) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 16-20 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 15–18 เปอร์เซนต์

พื้นที่เกษตรผสมผสาน การแจกกระจายอนุภาคดินทรายแป้ง พื้นที่ที่ 1 (INT1) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 12-19 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 8-11 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 2 (INT2) ดินบน มีค่า 11 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 9-11 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 3 (INT3) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 14-15 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 13-14 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 4 (INT4) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 10-11 เปอร์เซนต์ ดินล่างมีค่า 8 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 5 (INT5) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 20-21 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 16-19 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 6 (INT6) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 19-20 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 19-23 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 7 (INT7) ดินบน มีค่า 13 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 11-12 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 8 (INT8) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 13-14 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 13-16 เปอร์เซนต์

1.3) การแจกกระจายอนุภาคดินเหนียว

พื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว การแจกกระจายอนุภาคดินเหนียว พื้นที่ที่ 1 (MON1) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 25-30 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 30-49 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 2 (MON2) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 20-23 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 32-45 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 3 (MON3) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 23-28 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 39-44 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 4 (MON4) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 31-46 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง

53-67 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 5 (MON5) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 25-29 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 34-49 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 6 (MON6) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 24-27 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 32-43 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 7 (MON7) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 19-20 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 23-41 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 8 (MON8) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 34-38 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 44–50 เปอร์เซนต์

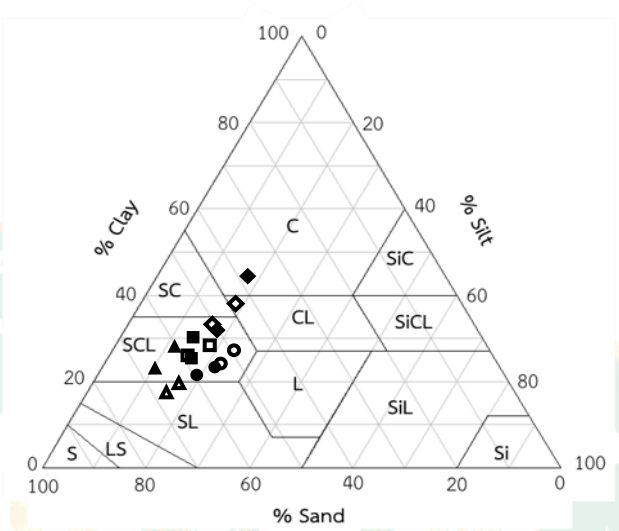
พื้นที่การทำเกษตรผสมผสาน การแจกกระจายอนุภาคดินเหนียว พื้นที่ที่ 1 (INT1) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 29-39 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 43-53 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 2 (INT2) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 39-43 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 46-60 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 3 (INT3) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 30-33 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 29-31 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 4 (INT4) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 34-41 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 54-66 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 5 (INT5) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 19-26 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 33-47 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 6 (INT6) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 27-31 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 25-33 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 7 (INT7) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 19-21 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 40-59 เปอร์เซนต์ พื้นที่ที่ 8 (INT8) ดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 23-25 เปอร์เซนต์ ดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 29-40 เปอร์เซนต์

1.4) การจำแนกชั้นเนื้อดินหลัก

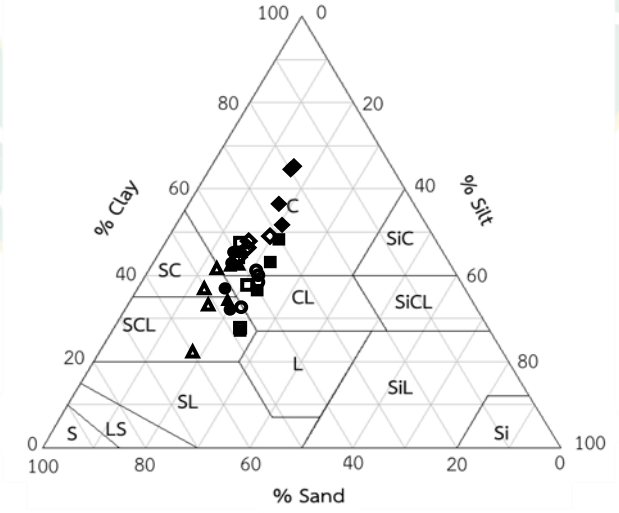
พื้นที่การทำเกษตรเชิงเดี่ยว (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) พบว่า พื้นที่ที่ 1 (MON1) มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายและเนื้อดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียว พื้นที่ที่ 2 (MON2) มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทรายและเนื้อดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงเหนียว พื้นที่ที่ 3 (MON3) มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายและเนื้อดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียว พื้นที่ที่ 4 (MON4) มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายและเนื้อดินล่างเป็นดินเหนียว พื้นที่ที่ 5 (MON5) มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายและเนื้อดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวถึงดินเหนียว พื้นที่ที่ 6 (MON6) มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายและเนื้อดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียว พื้นที่ที่ 7 (MON7) มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินร่วนเหนียวปนทรายและเนื้อดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียวปนทราย พื้นที่ที่ 8 (MON8) มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินร่วนปนเหนียวและเนื้อดินล่างเป็นดินเหนียว

พื้นที่การทำผสมผสาน พบว่า พื้นที่ที่ 1 (INT1) มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียวปนทรายและเนื้อดินล่างเป็นดินเหนียวปนทรายถึงดินเหนียวปนทรายถึงดินเหนียว พื้นที่ที่ 2 (INT2) มีเนื้อดินบนเป็นดินเหนียวปนทรายและเนื้อดินล่างเป็นดินเหนียว พื้นที่ที่ 3 (INT3) มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายและเนื้อดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียว พื้นที่ที่ 4 (INT4) มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียวปนทรายและเนื้อ

ดินล่างเป็นดินเหนียว พื้นที่ที่ 5 (INT5) มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทรายถึงร่วนเหนียวปนทรายและเนื้อดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียว พื้นที่ที่ 6 (INT6) มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายและเนื้อดินล่างเป็นดินเหนียว พื้นที่ที่ 7 (INT7) มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนปนทรายถึงร่วนเหนียวปนทรายและเนื้อดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย พื้นที่ที่ 8 (INT8) มีเนื้อดินบนและเนื้อดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย



ดินบน

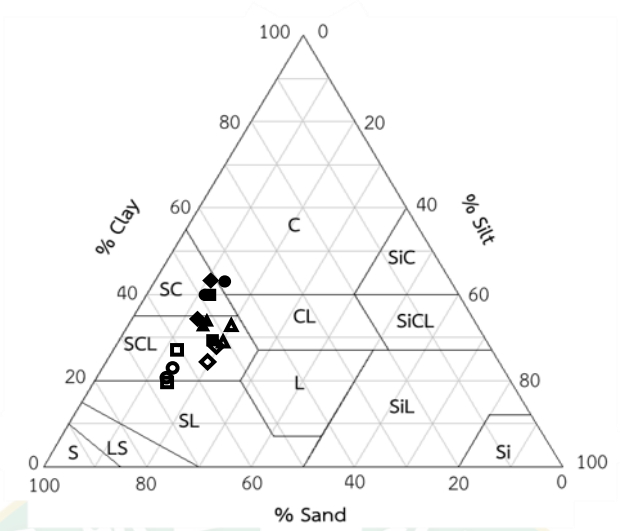


ดินล่าง

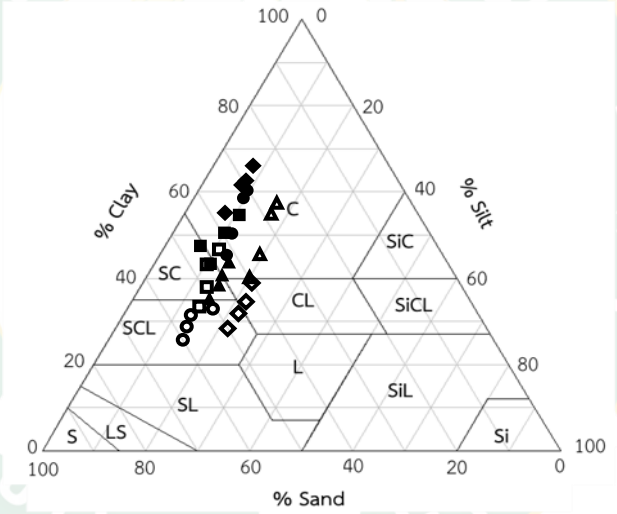
■ MON1 ● MON2 ▲ MON3 ◆ MON4 □ MON5 ○ MON6 △ MON7 ◇ MON8

S=ทราย LS=ทรายปนร่วย Si=ทรายแป้ง SiL=ร่วนปนทรายแป้ง L=ร่วน SiCL=ร่วนเหนียวปนทรายแป้ง SCL=ร่วนเหนียวปนทราย CL=ร่วนปนเหนียว SC=เหนียวปนทราย SiC=เหนียวปนทรายแป้ง และ C=เหนียว

ภาพที่ 20 การกระจายขนาดอนุภาคและชั้นเนื้อดินหลักในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว



ดินบน



ดินล่าง

■ INT1 ● INT2 ▲ INT3 ◆ INT4 □ INT5 ○ INT6 △ INT7 ◇ INT8

S=ทราย LS=ทรายปนร่วย Si=ทรายแป้ง SiL=ร่วนปนทรายแป้ง L=ร่วน SiCL=ร่วนเหนียวปนทรายแป้ง SCL=ร่วนเหนียวปนทราย CL=ร่วนปนเหนียว SC=เหนียวปนทราย SiC=เหนียวปนทรายแป้ง และ C=เหนียว

ภาพที่ 21 การกระจายขนาดอนุภาคและชั้นเนื้อดินหลักในพื้นที่เกษตรผสมผสาน

2) ความหนาแน่นรวมของดิน

ดินบนในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและระบบเกษตรผสมผสาน ความหนาแน่นรวมของดินค่อนข้างต่ำ มีค่า 1.36 ± 0.59 Mg/m^3 และ 1.32 ± 0.23 Mg/m^3 ตามลำดับ ดินล่างในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว และระบบเกษตรผสมผสานมีความหนาแน่นรวมของดินปานกลาง มีค่า 1.52 ± 0.07

Mg/m^3 และ 1.42 ± 0.29 Mg/m^3 ตามลำดับ ความหนาแน่นรวมของดินในดินบนและดินล่างไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05)

3) ความหนาแน่นอนุภาคของดิน

ดินบนในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว และระบบเกษตรผสมผสาน ความหนาแน่นอนุภาคของดิน มีค่า 2.37 ± 0.45 Mg/m^3 และ 2.36 ± 0.65 Mg/m^3 ตามลำดับ ดินล่างในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว และระบบเกษตรผสมผสานมีความหนาแน่นอนุภาคของดิน มีค่า 2.42 ± 0.04 Mg/m^3 และ 2.39 ± 0.04 Mg/m^3 ตามลำดับ ความหนาแน่นอนุภาคของดินในดินบนและดินล่างไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05)

4) ความพรุนรวมของดิน

ดินบนในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและระบบเกษตรผสมผสาน ความพรุนรวมของดินมีค่า 42.75 ± 3.08 % และ 44.35 ± 10.34 % ตามลำดับ ดินล่างในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว และระบบเกษตรผสมผสานความพรุนรวมของดิน มีค่า 37.12 ± 3.41 % และ 40.51 ± 12.51 % ตามลำดับ ความพรุนรวมของดินในดินบนและดินล่างไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05)

5) ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน

ดินบนในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและระบบเกษตรผสมผสาน ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน มีค่า 37.29 ± 1.66 % และ 42.28 ± 2.54 % ตามลำดับ ดินล่างในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวระบบเกษตรผสมผสานความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน มีค่า 33.73 ± 1.67 % และ 37.44 ± 2.14 % ตามลำดับ ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินในดินบนและดินล่างมีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 7 คุณสมบัติทางกายภาพของดินบางประการในดินบน (0-30 เซนติเมตร)

พารามิเตอร์	เกษตรเชิงเดี่ยว	เกษตรผสมผสาน	*p**
ความหนาแน่นรวมของดิน (Mg/m^3)	1.36 ± 0.59	1.32 ± 0.23	0.644
ความหนาแน่นอนุภาคของดิน (Mg/m^3)	2.37 ± 0.45	2.36 ± 0.65	0.665
ความพรุนของดิน (%)	42.75 ± 3.08	44.35 ± 10.34	0.681
ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (%)	37.29 ± 1.66	42.28 ± 2.54	0.001
n	8	8	8

Mean ± SD, * p-values ได้มาจากการทดสอบ T-test สำหรับความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างเกษตรชิงเดี่ยวและเกษตรผสมผสานตามความลึกของดิน

ตารางที่ 8 คุณสมบัติทางกายภาพของดินบางประการในดินล่าง (30-100 เซนติเมตร)

พารามิเตอร์	เกษตรเชิงเดี่ยว	เกษตรผสมผสาน	*p**
ความหนาแน่นรวมของดิน (Mg/m^3)	1.52 ± 0.07	1.42 ± 0.29	0.393
ความหนาแน่นอนุภาคของดิน (Mg/m^3)	2.42 ± 0.04	2.39 ± 0.04	0.327
ความพรุนของดิน (%)	37.12 ± 3.41	40.51 ± 12.51	0.472
ความสามารถในการอุ้มน้ำของดิน (%)	33.73 ± 1.67	37.44 ± 2.14	0.002
n	8	8	8

Mean ± SD, * p-values ได้มาจากการทดสอบ T-test สำหรับความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างเกษตรชิงเดี่ยวและเกษตรผสมผสานตามความลึกของดิน

ความแตกต่างของการกระจายขนาดอนุภาคและชั้นเนื้อดินหลัก เกิดจากอิทธิพลที่การกร่อนของดิน ทำให้อนุภาคขนาดเล็กถูกพัดพาไปจากผิวดิน ทำให้เหลืออนุภาคดินทรายในชั้นดินบนอยู่มาก แล้วลดลงตามความลึก (ยุพเยาว์, 2552) ซึ่งในพื้นที่เกษตรผสมผสานจะมีเนื้อดินไปทางละเอียดมากกว่าเกษตรเชิงเดี่ยวในดินบน ดังภาพที่ 20 และภาพที่ 21 และวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นอีกหนึ่งปัจจัยสำคัญ เนื่องจากในพื้นที่มีการพัฒนาการตัวจากหินทรายและหินแกรนิต มีแร่องค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ เฟลสปาร์ เป็นต้น คงทนต่อการผุพังสลายตัวทำให้เศษชิ้นส่วนที่เหลือที่มีขนาดใหญ่ เมื่อเกิดจากการสลายตัวผุพังอยู่กับที่จะให้ลักษณะเนื้อดินที่มีเนื้อหยาบถึงหยาบปานกลาง (จักรพงษ์ และคณะ, 2563) อนุภาคทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามระดับความลึกที่เนื่องจากอิทธิพลของการเคลื่อนย้ายเชิงกล (Lessivage) ของอนุภาคขนาดเล็กและกระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุจากชั้นดินบน (Eluviation) ไปสะสมในชั้นดินล่างและการเคลือบอยู่ในผิวช่องว่างในดินและผิวก้อนดิน ทำให้ดินชั้นบนมีอนุภาคขนาดใหญ่เหลืออยู่มาก ส่วนในดินล่างตอนล่างที่พบอนุภาคขนาดทรายที่มีปริมาณมากและมีนาดใหญ่ เนื่องจากการสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิด (กรกนก และคณะ, 2563) ความหนาแน่นรวมของดิน ความหนาแน่นอนุภาค ความพรุนของดิน และความสามารถในการอุ้มน้ำ ปัจจัยที่มีผลสำคัญ คือ เนื้อดิน เนื่องจากมีการเคลื่อนย้ายอนุภาคดินเหนียวลงไปสะสมในดินชั้นล่าง ทำให้อนุภาคขนาดเล็กของดินเหนียวไปแทรกตามช่องว่างของดินทำให้ดินแน่นทึบขึ้นและดินยังมีแนวโน้มที่จะมีการอัดตัวกันแน่นมากขึ้นตามความลึกของดินที่เพิ่มขึ้น และช่องว่างขนาดใหญ่มีปริมาณลดลงเนื่องจากการอัดตัวกันแน่นของดิน (วิทยา, 2551) และคุณสมบัติดินเหนียวทำให้ดินสามารถอุ้มน้ำได้มากขึ้น (ณัฐพล และคณะ, 2557) เนื่องจากอนุภาคดินเหนียวมีลักษณะเนื้อดินเป็นดินเนื้อละเอียด มีอนุภาคขนาดเล็ก ส่งผลทำให้ช่องว่างทั้งหมดเป็นช่องว่างขนาดเล็กที่อุ้มน้ำ หรือกักเก็บน้ำรวมถึงดูดซับน้ำบริเวณผิวของอนุภาคดินได้มาก (อรรจน์, 2549) โดยโมเลกุลของน้ำมีขั้วประจุ มีคุณสมบัติเป็นโพลาร์ ขั้วประจุของโมเลกุลของน้ำจะ

ถูกดึงดูดให้ติดกับอนุภาคดินเหนียวด้วยพันธะ Hydrogen bonding และจะใช้อะตอมไฮโดรเจนร่วมกับอะตอมออกซิเจนที่ผิวของดินเหนียวแรงจึงดูดระหว่างน้ำและดินเหนียว จะติดยึดกับอนุภาคของดินเหนียวค่อนข้างแน่น ซึ่งทำให้น้ำจะมีความหนืดและจะไม่ไหลอย่างอิสระแต่จะติดแน่นไปกับอนุภาคดินเหนียว (Braja, 1998) และอินทรียวัตถุในดิน เนื่องจากคุณสมบัติของอินทรียวัตถุในดินมีความหนาแน่นน้อยกว่าอนุภาคของดินและเป็นตัวเชื่อมให้เกิดเป็นเม็ดดิน (วรรณชัย, 2562) และส่งเสริมการเกิดโครงสร้างของดิน อินทรียวัตถุลักษณะช่องว่างสูงทำให้มีปริมาณช่องว่างในดินมากขึ้นตามไปด้วย (ภาคภูมิ, 2564) รวมถึงมีความสามารถในการดูดซับน้ำไว้ได้ ประมาณ 6-20 เท่า ของน้ำหนัก เนื่องจากมีลักษณะอนุภาคขนาดเล็ก และเป็นสารคอลลอยด์ ประกอบกับมีโครงสร้างลักษณะคล้ายฟองน้ำ มีช่องขนาดเล็กที่ดูดซับน้ำได้ดี จึงมีพื้นที่ผิวสูงช่วยในการดูดซับน้ำไว้ได้มากเป็นพิเศษ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2558) ดังตารางที่ 12 และ 13 จะพบว่าปริมานอินทรียวัตถุในดินในพื้นที่ผสมผสานจะมีค่าสูงกว่าเกษตรเชิงเดี่ยว ส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดิน ความหนาแน่นอนุภาค ความพรุนของดิน และความสามารถในการอุ้มน้ำ ในพื้นที่ผสมผสานจะมีค่าสูงกว่าเกษตรเชิงเดี่ยว

4.3.2 สมบัติทางเคมีของดิน

1) ความเป็นกรดด่างของดิน

ดินบนในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและระบบเกษตรผสมผสาน มีความเป็นกรดด่างของดินกรดจัดมาก มีค่า 4.82 ± 0.90 และ 5.25 ± 0.14 ตามลำดับ ดินล่างในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวที่ (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) และระบบเกษตรผสมผสานมีความเป็นกรดด่างของดิน กรดจัด มีค่า 5.06 ± 0.82 และ 5.39 ± 1.44 ตามลำดับ ความเป็นกรดด่างของดิน ในดินบนและดินล่างไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05)

2) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน

ดินบนในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและระบบเกษตรผสมผสาน มีปริมาณอินทรียวัตถุในดินค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง มีค่า 1.14 ± 0.39 เปอร์เซนต์ และ 1.80 ± 0.63 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ดินล่างในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและระบบเกษตรผสมผสานมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินต่ำมากถึงต่ำ มีค่า 0.36 ± 0.19 และ 0.64 ± 0.25 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ปริมาณอินทรียวัตถุ ในดินในดินบนและดินล่างไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05)

3) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ดินบนในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและระบบเกษตรผสมผสาน มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ มีค่า 3.84 ± 2.38 ppm และ 5.76 ± 4.12 ppm ตามลำดับ ดินล่างในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและระบบเกษตรผสมผสานมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก มีค่า 0.92 ± 0.83

ppm และ 1.07 ± 0.88 ppm ตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ในดินบนและดินล่างไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$)

4) ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ดินบนในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและระบบเกษตรผสมผสาน มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำถึงปานกลาง มีค่า 53.76 ± 5.72 ppm และ 71.49 ± 8.94 ppm ตามลำดับ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในดินบนไม่มีความแตกต่างทางสถิติและดินล่างในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและระบบเกษตรผสมผสานมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ มีค่า 36.74. ± 3.70 ppm และ 46.14 ± 7.85 ppm ตามลำดับ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในดินล่างมีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$)

5) ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ดินบนในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและระบบเกษตรผสมผสาน มีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลาง มีค่า 1,209.32 ± 36.50 ppm และ 1,834.40 ± 152.49 ppm ตามลำดับ ดินล่างในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและระบบเกษตรผสมผสานมีปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำถึงปานกลาง มีค่า 940.95 ± 9.82 ppm และ 1,129.91 ± 35.47 ppm ตามลำดับ ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในดินบนและดินล่างมีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$)

6) ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้

ดินบนในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและระบบเกษตรผสมผสาน มีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลาง มีค่า 128.91 ± 2.47 ppm และ 202.55 ± 15.67 ppm ตามลำดับ ดินล่างในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและระบบเกษตรผสมผสานมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำถึงปานกลาง มีค่า 102.58 ± 2.26 ppm และ 125.90 ± 7.74 ppm ตามลำดับ ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในดินบนและดินล่างมีความแตกต่างทางสถิติที่ ($P<0.05$)

7) ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้

ดินบนในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและระบบเกษตรผสมผสาน มีปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ มีค่า 68.82 ± 4.77 ppm และ 51.95 ± 7.01 ppm ตามลำดับ ดินล่างในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและระบบเกษตรผสมผสานมีปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ มีค่า 54.68 ± 3.78 ppm และ 33.79 ± 4.85 ppm ตามลำดับ ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยได้ ในดินบนและดินล่างไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$)

8) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก

ดินบนในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและระบบเกษตรผสมผสาน มีความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกค่อนข้างต่ำ มีค่า 6.93 ± 1.95 cmol/kg และ 8.49 ± 0.91 cmol/kg ตามลำดับ ดินล่างในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและระบบเกษตรผสมผสานมีความสามารถในการ

แลกเปลี่ยนประจุบวกค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง มีค่า 9.90 ± 1.35 cmol/kg และ 10.88 ± 1.01 cmol/kg ตามลำดับ ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ในดินบนและดินล่างไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05)

9) อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส

ดินบนในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและระบบเกษตรผสมผสาน มีอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสปานกลาง มีค่า 69.16 ± 7.08 % และ 72.34 ± 5.68 % ตามลำดับ ดินล่างในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและระบบเกษตรผสมผสานมีอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสต่ำถึงปานกลาง มีค่า 36.13 ± 3.80 % และ 34.72 ± 3.05 % ตามลำดับ อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส ในดินบนและดินล่างไม่มีความแตกต่างทางสถิติ (P<0.05)

ตารางที่ 9 คุณสมบัติทางเคมีของดินบางประการในดินบน (0-30 เซนติเมตร)

พารามิเตอร์	**เกษตรเชิงเดี่ยว**	**เกษตรผสมผสาน**	***p****
ค่าความเป็นกรดด่าง	4.82 ± 0.90	5.25 ± 0.14	0.220
อินทรียวัตถุ (%)	1.14 ± 0.39	1.80 ± 0.63	0.376
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ppm)	3.84 ± 2.38	5.76 ± 4.12	0.208
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	53.76 ± 5.72	71.49 ± 8.94	0.165
แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	1,209.32 ± 36.50	1,834.40 ± 152.49	0.039
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	128.91 ± 2.47	202.55 ± 15.67	0.01
โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	68.82 ± 4.77	51.95 ± 7.01	0.286
ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cmol/kg)	6.93 ± 1.95	8.49 ± 0.91	0.812
อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (%)	69.16 ± 7.08	72.34 ± 5.68	0.955
n	8	8	8

Mean ± SD, * p-values ได้มาจากการทดสอบ T-test สำหรับความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างเกษตรชิงเดี่ยวและเกษตรผสมผสานตามความลึกของดิน

ตารางที่ 10 คุณสมบัติทางเคมีของดินบางประการในดินล่าง (30-100 เซนติเมตร))

พารามิเตอร์	เกษตรเชิงเดี่ยว	เกษตรผสมผสาน	*p**
ค่าความเป็นกรด่าง	5.06 ± 0.82	*5.39 ± 1.44*	0.245
อินทรียวัตถุ (%)	0.36 ± 0.19	0.64 ± 0.25	0.328
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ppm)	0.92 ± 0.83	1.07 ± 0.88	0.672
โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	36.74. ± 3.70	46.14 ± 7.85	0.018
แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	940.95 ± 9.82	1,129.91 ± 35.47	0.009
แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	102.58 ± 2.26	125.90 ± 7.74	0.002
โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (ppm)	54.68 ± 3.78	33.79 ± 4.85	0.524
ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (cmol/kg)	9.90 ± 1.35	10.88 ± 1.01	0.894
อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (%)	36.13 ± 3.80	34.72 ± 3.05	0.622
n	8	8	8

Mean ± SD, * p-values ได้มาจากการทดสอบ T-test สำหรับความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างเกษตรชิงเดี่ยวและเกษตรผสมผสานตามความลึกของดิน

ค่าความเป็นกรด่างของดินในพื้นที่ทำการศึกษาทั้ง 2 พื้นที่ ดินบนและดินล่างเป็นดินกรดจัดมากถึงกรดจัด สาเหตุเกิดได้จากหลายปัจจัย เช่น การใช้ปุ๋ยเคมีที่มีไฮโดเจนไอออน (H^+) เป็นองค์ประกอบ ทำให้ดินมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้น (ปิยพร และคณะ, 2561) การปลูกพืชในการเกษตรพืชมีผลต่อการเกิดดินกรด โดยพืชจะเลือกดูดใช้ธาตุอาหารที่ไม่เป็นกรด ทำให้ในดินหลงเหลือธาตุอาหารที่ทำให้ดินเป็นกรด (ไพบูลย์, 2546) และผลจากการชะละลายไอออนบวกที่เป็นด่างออกไปจากหน้าตัดดิน ทำให้เกิดการสะสมไฮโดรเจนไอออนที่ผิวอนุภาคดินเหนียวในปริมาณมาก แต่อิทธิพลจากการชะละลายในหน้าตัดดินที่ไม่รุนแรงมากพอ ทำให้เกิดการเคลื่อนย้ายไอออนบวกที่เป็นด่างลงไปสะสมในชั้นดินล่าง ค่าพีเอชจึงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกของดิน ซึ่ง (ณัฐพล, 2553) ปริมาณอินทรียวัตถุในชั้นดินในพื้นที่ ดินบนมีค่าค่อนข้างต่ำถึงปานกลางและดินล่างมีค่าต่ำมากถึงต่ำ ความแตกต่างของปริมานอินทรียวัตถุในบริเวณที่ทำการเกษตรเป็นผลมาจาก การสะสมอินทรียวัตถุในชั้นดินบนเป็นผลมาจากมีเศษชิ้นส่วนของพืชที่สลายตัวหลงเหลือจากการทำการเกษตรและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก เนื่องจากสารอินทรีย์ต่างๆ จะลงไปสะสมอยู่มีน้อย ประกอบกับการที่ดินในเขตร้อนอัตราการสลายตัวของอินทรียวัตถุจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว การชะละลายลงไปสะสมในชั้นดินล่างเกิดขึ้นได้น้อย (นฤมล, 2551) และสภาพพื้นที่ศึกษามีความลาดชันสูง มีผลการกร่อนของดิน ทำให้สูญเสียผิวหน้าดินออกจากพื้นที่ และธาตุอาหารในดิน (ขรรค์ชัย, 2563) ทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในพื้นที่เกษตร

ผสมผสานมีมากกว่าเกษตรเชียงเดี่ยว ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ดินบนมีค่าต่ำและดินล่างมีค่าต่ำมาก ดินในพื้นที่ศึกษาดินเป็นกรด ธาตุอาหาร เช่น เหล็ก อลูมินัมออกไซด์ของเหล็ก และแมงกานีส ละลายออกมาได้ดี และจับตัวกับฟอสฟอรัสเกิดเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำยากของสารประกอบเหล็กฟอสเฟต ส่งผลให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินลดต่ำลง นอกจากนี้ปริมาณดินเหนียวเพิ่มขึ้นในชั้นดินล่างจะทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสลดลง เป็นเพราะปริมาณดินเหนียวเพิ่มขึ้นมีกลุ่มไฮดรอกซิล (Hydroxyl group) ที่สามารถแลกเปลี่ยนกับฟอสฟอรัสได้ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุในดินโดยอยู่ในรูปฟอสเฟตอินทรีย์ (บรรณพิชญ์, 2551) และการใส่ปุ๋ยที่มีฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบ จะมีการแพร่กระจายตามบริเวณผิวดิน (Surface soil) ซึ่งปุ๋ยฟอสฟอรัสจะไม่สามารถเคลื่อนที่ได้หรือเคลื่อนที่ในดินได้น้อยมาก (พันธ์ศักดิ์, 2550) การสูญเสียผิวหน้าดินไปกับการกร่อนของดิน มีผลทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในดินลดลง ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ดินบนมีค่าต่ำถึงปานกลาง ดินล่างมีค่าต่ำ ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลียนได้ ดินบนมีค่าปานกลาง ดินล่างมีค่าต่ำ และปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลียนได้ ดินบนมีค่าปานกลางและดินล่างมีค่าต่ำถึงปานกลาง ในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวมีการกร่อนของดินสูงทำให้ปริมาณโพแทสเซียม ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมมีปริมาณน้อยกว่าเกษตรผสมผสาน โดยธาตุอาหารถูกดูดซับอยู่กับอนุภาคดินและปริมานอินทรียวัตถุในดิน เนื่องจากอินทรียวัตถุมีความสามารถในการดูดซับธาตุไอออนบวกและการกร่อนของดินนำพาอนุภาคดินและอินทรียวัตถุพัดพาไปกับน้ำ (จีราภรณ์, 2563) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ อานุช และ สุธาสินี, (2554) ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมจะมีมากในพื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายน้อยและความลาดชัน ปริมาณโซเดียมที่ที่แลกเปลี่ยนได้ ดินบน และดินล่างมีค่าต่ำทั้งสองพื้นที่ เนื่องจากโซเดียมสามารถละลายและเคลื่อนที่ไปกับน้ำได้ง่าย (สิทธานต์, 2551) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก ดินบนมีค่าค่อนข้างต่ำและดินล่างมีค่าค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง ในพื้นที่เกษตรผสมผสานมีปริมานอนุภาคดินเหนียวและปริมาณอินทรียวัตถุในดินสูงกว่าเกษตรเชิงเดี่ยว ซึ่งมีความสัมพันธ์กัน เนื่องจากอนุภาคดินเหนียวเป็นอนินทรีย์วัตถุที่มีคุณสมบัติเป็นประจุลบ (วรางคณา, 2550) และปริมาณอินทรียวัตถุมีคุณสมบัติเป็นประจุลบเกิดจากการ Dissociation ของสารประกอบบางกลุ่มโดยเฉพาะพวก Carboxylic group และ Phenolic OH group (พจนีย์, 2544) และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสของดิน ดินบนและดินล่างมีค่าปานกลาง บริเวณที่มีค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสสูงกว่าร้อยละ 35 เนื่องจากการชะละลายยังไม่มากพอ ทำให้ธาตุที่เป็นด่างสะสมอยู่ในชั้นหน้าตัดดินและค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสที่คำนวณได้จะมีความสอดคล้องกับปริมาณเบสรวมและค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (พชร, 2561) ซึ่งในพื้นที่เกษตรผสมผสานมีปริมานสูงกว่าเกษตรเชิ่งเดียว

4.3 การประเมินการสูญเสียดินโดยสมการสูญเสียดินสากล

4.3.1 ฐานข้อมูลสำหรับการประเมินการสูญเสียของดิน

1) ข้อมูลการชะล้างพังทลายของฝน (R-factor) ข้อมูลได้จากการใช้ค่าคงที่ที่ได้จากการประมาณค่าน้ำฝนต่อเนื่องจากสถานีวัดน้ำฝนที่กระจายตัวในพื้นที่เป้าหมายแบบ Thin Plate spline ย้อนหลัง 30 ปี เนื่องจากพื้นที่ศึกษาไม่พบสถานีวัดปริมาณน้ำฝนใกล้เคียงในพื้นที่ และสะดวกในการประเมิน ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ พิณทิพย์, (2538) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยชะล้างพังทลายของฝน กับปริมาณน้ำฝน ดัชนีทั้งสามมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทราบถึงปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ศึกษา ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาเรื่องการขาดแคลนเครื่องวัดน้ำฝนอัตโนมัติและข้อมูลขาดช่วง แต่ควรมีการใช้ข้อมูลระยะมากกว่า 10 ปี ทั้งนี้เพราะธรรมชาติของฝนในแต่ละปีมีปริมาณต่างกัน ปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ 936.8 มิลลิเมตรต่อปี แสดงในภาพที่ 3 พบว่าค่าการชะล้างพังทลายของฝน (R-factor) ในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและพื้นที่เกษตรผสมผสาน มีค่า 467.98 ทุกพื้นที่ศึกษา แสดงในตารางที่ 7 และ ตารางที่ 8

2) ข้อมูลความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K-factor) มีการนำค่าที่ศึกษาได้มาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการถูกกัดเซาะของดินกับคุณสมบัติของดิน โดยการสร้างความสัมพันธ์นี้มีวิธีการในการสร้างอยู่ 2 วิธี ได้แก่ วิธี Nomograph และการใช้สมการความสัมพันธ์กับขนาดและสัดส่วนของอนุภาคซึ่งเป็นองค์ประกอบของดิน โดยวิธี Nomograph ใช้ได้ในดินประเทศสหรัฐอเมริกาเท่านั้น ในปี พ.ศ. 2543 กรมพัฒนาที่ดิน ได้ทำการศึกษาการประเมินความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทยจากแผนภาพ Nomograph โดยการเก็บตัวอย่างดินมาวิเคราะห์หาคุณสมบัติในห้องปฏิบัติการ ผลจากการศึกษาแนะนำการใช้ความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน โดยพิจารณาจากเนื้อดินบนสภาพพื้นที่ตามลักษณะการกำเนิดดิน (สุรัชต์, 2552) ในการศึกษาความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดินของผู้วิจัย ได้จากการหาการกระจายขนาดของอนุภาคดิน โดยวิธี Hydrometer ในห้องปฏิบัติการแล้วนำมาเทียบค่ากับค่าความคงทนของดิน ตามการศึกษาของกรมพัฒนาที่ดิน แสดงในตารางที่ 3 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563) พบว่าค่าความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K-factor) ในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว มีค่า 0.24 และ 0.29 แสดงในตารางที่ 7 พื้นที่เกษตรผสมผสาน มีค่า 0.13 0.24 และ 0.29 แสดงในตารางที่ 8

3) ข้อมูลความยาวของความลาดเท (L-factor) คำนวณทิศทางการไหลของน้ำ (flow direction) จากจุดเริ่มต้นของแปลงถึงท้ายแปลง วัดความยาวลาดเทโดยใช้เครื่องมือ Measure โดยโปรแกรม Arc GIS ver. 10.4.1 และนำเข้าสมการ โดยกำหนดใช้ค่า m สำหรับพื้นที่ลาดชัน 0-5 เปอร์เซ็นต์ โดยสมการของ (Wischmeier และSmith, 1978) พื้นที่ลาดชัน 5-21 เปอร์เซ็นต์ ใช้ค่าแนะนำสมการของ McCool et al. (1987) และพื้นที่ลาดชันมากกว่า 21 เปอร์เซ็นต์ ใช้ค่าแนะนำสมการของ (Toxopeus, 1997) ในสมการที่ 3.2 ค่าความความยาวของความลาดเท (L-

factor) ในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) มีค่า 1.46 1.94 1.97 2.06 2.46 3.03 3.49 และ 4.74 แสดงในตารางที่ 7 พื้นที่เกษตรผสมผสาน มีค่า 1.61 1.85 1.87 1.89 1.94 1.96 2.11 และ 2.25 แสดงในตารางที่ 8

4) ข้อมูลความความชันของความลาดเท (S-factor) หาได้จากความลาดชันของความลาดเทในพื้นที่ โดยนำการวิเคราะห์จากข้อมูลระดับสูงเชิงเลข (DEM) จากโดรนที่คำนวณจาก Point Cloud นำเข้าเครื่องมือ Slope spatial analyst โดยโปรแกรม Arc GIS ver. 10.8 และนำเข้าสมการของ Wischmeier (1978) สมการที่ 3.3 ค่าความชันของความลาดเท (S-factor) ในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว มีค่า 0.86 0.91 0.96 และ 0.97 แสดงในตารางที่ 7 และพื้นที่เกษตรผสมผสาน มีค่า 0.81 0.86 0.96 และ 1.01 แสดงในตารางที่ 8

5) ข้อมูลการจัดการพืช (C-factor) ข้อมูลการจัดการพืชได้จากการประเมินแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี 2563 เพื่อกำหนดค่าปัจจัยตามตารางค่า C ที่ประเมินตามชนิดพืชและการใช้ประโยชน์ที่ดินแสดงในตารางที่ 4 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563) ในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว มีค่า 0.502 ทุกพื้นที่ศึกษา และพื้นที่เกษตรผสมผสาน มีค่า 0.225 ทุกพื้นที่ศึกษา แสดงในตารางที่ 7 และ ตารางที่ 8

6) ข้อมูลการจัดการปฏิบัติการอนุรักษ์ดิน (P-factor) ระบบการอนุรักษ์แบบอื่นในประเทศไทยยังมีน้อยมากไม่สามารถแสดงได้ในแผนที่ระดับภาคและระดับประเทศได้ จึงถือว่าพื้นที่เหล่านั้นไม่มีระบบการอนุรักษ์ และกำหนดค่าตามกลุ่ม ประเภทการใช้ที่ดิน เพื่อกำหนดค่าปัจจัยตามตารางค่า P ตามกลุ่มประเภทการใช้ที่ดิน โดยกำหนดค่าตามผลการศึกษาของนักวิชาการต่างประเทศ แสดงในตารางที่ 4 (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563) ในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและพื้นที่เกษตรผสมผสาน มีค่า 1 ทุกพื้นที่ศึกษา แสดงในตารางที่ 7 และ ตารางที่ 8

4.3.2 การประเมินการชะล้างการพังทลายของดิน

การจัดลำดับความรุนแรงของการการชะล้างพังทลายของดินตามการประเมินโดยกรมพัฒนาที่ดิน (2563) พบว่าในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวที่ (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) มีการชะล้างพังทลายรุนแรง (15-20 ตัน/ไร่/ปี) จำนวน 5 พื้นที่ ได้แก่ MON1, MON7, MON3, MON4 และ MON2 มีค่าการกร่อนของดิน 15.29, 15.32, 17.89, 19.09 และ 19.29 ตามลำดับ และพื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายรุนแรงมาก (>20 ตัน/ไร่/ปี) ได้แก่ MON8, MON5 และ MON6 มีค่าการกร่อนของดิน 23.51, 30.31 และ 41.60 ตามลำดับ แสดงในตารางที่ 7 และพื้นที่เกษตรผสมผสานมีการชะล้างพังทลายปานกลางทุกพื้นที่ (5-15 ตัน/ไร่/ปี) จำนวน 8 พื้นที่ ได้แก่ INT2, INT8, INT4, INT5, INT3, INT1, INT6 และ INT7 มีค่าการกร่อนของดิน 4.13, 6.10, 6.75, 6.77, 7.73, 7.83, 8.21 และ 8.70 ตามลำดับ แสดงใน ตารางที่ 8 เมื่อนำข้อมูลปริมาณการสูญเสียดินที่ได้จากพื้นที่ทั้ง 2 พื้นที่ศึกษามา

วิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณดินที่สูญเสียในแต่ละพื้นที่ พบว่าพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวที่ (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) และพื้นที่เกษตรผสมผสาน มีการสูญเสียดินจากการกร่อนของดิน มีค่า 22.78 ± 3.20 ตัน/ไร่/ปี และ 7.19 ± 0.40 ตัน/ไร่/ปี ตามลำดับ แสดงใน Table 9 มีความแตกต่างทางสถิติ ($P<0.05$) จากการประเมินความแตกต่างของปัจจัยที่มีผลต่อการชะล้างพังทลายของดินโดยใช้สมการ USLE ในพื้นที่ศึกษา

การวิเคราะห์ค่าการชะล้างพังทลายของฝน (R-factor) ค่าการชะล้างพังทลายของฝนเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ ทำให้เกิดการกร่อนของดิน เนื่องจากปริมาณน้ำฝนตกมาก หรือขนาดของเม็ดฝนมีขนาดใหญ่ประกอบกับมีอัตราการหนักเบาของฝนที่ตกมากทำให้โอกาสที่จะเกิดการชะล้างพังทลายของดินย่อมมีสูงมากขึ้น (พีรวัฒน์ และคณะ, 2557)

การวิเคราะห์ค่าความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน (K-factor) จากการศึกษาพบว่า พื้นที่ศึกษาทั้ง 2 พื้นที่มีอนุภาคของดินทรายสูงในดินบน ซึ่งความคงทนต่อการกร่อนของดิน จะเพิ่มขึ้นตามขนาดของอนุภาคเหนียว แต่การเคลื่อนย้ายขึ้นอยู่กับชนิดของดิน เช่น ดินเหนียวจะมีความคงทนต่อการถูกกัดเซาะมากกว่าดินทราย แต่ดินเหนียวจะถูกพัดพาไปได้ง่ายกว่าดินทราย (บุญณรงค์, 2564) และจากการศึกษา (Cassol et al., 2018) ได้ศึกษาค่าความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดิน พบว่าการเกิดชะล้างพังทลายของดินเป็นระยะเวลานานๆ ส่งผลให้ค่าความคงทนต่อการถูกชะล้างพังทลายของดินสูงตาม

การวิเคราะห์ความยาวของความลาดเท (L-factor) และการวิเคราะห์ความชันของความลาดเท (S-factor) ลักษณะภูมิประเทศของแต่ละพื้นที่ ได้แก่ ความยาว ความลาดชัน และรูปร่างของความลาดชัน มีผลกระทบต่อการกร่อนของดิน โดยความยาวของความลาดเท (L-factor) จะแสดงให้เห็นถึงผลกระทบจากความยาวของความลาดชันที่มีผลต่อการกร่อนของดิน ความลาดชัน (S-factor) จะแสดงให้เห็นถึงผลกระทบจากความลาดชันที่มีผลต่อการกร่อนของดิน เมื่อความยาวของความลาดชันและความลาดชันเพิ่มขึ้น การสูญเสียดินก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (รพีพงศ์, 2557) สอดคล้องกับการศึกษาของ เสาวลักษณ์, (2559) ทำการประเมินค่าปัจจัยความยาวเทและความชันของพื้นที่ (LS-factor) ในพื้นที่ลุ่มน้ำแควน้อย จากการศึกษาพื้นที่ทางตอนเหนือและทางทิศตะวันออกของพื้นที่ลุ่มน้ำแควน้อย มีค่าปัจจัยความลาดชันค่อนข้างสูงมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสูงแบบลูกคลื่นลอนลาดสลับกับเนินเขา พบว่าเมื่อเปอร์เซ็นต์ความยาวเทและความชันของพื้นที่ (LS-factor) ที่สูงขึ้นของพื้นที่ส่งผลทำให้การกร่อนของดินก็จะเพิ่มขึ้น

การวิเคราะห์ค่าการจัดการพืช (C-factor) มีความสัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ที่ดิน เนื่องจากพืชพรรณที่ปกคลุมดินเป็นปัจจัยที่สำคัญในการลดการกัดเซาะชะล้างและการกร่อนของดิน อิทธิพลดังกล่าวจะแปรผันไปตาม ฤดูกาล ลักษณะทางกายภาพ สภาพภูมิประเทศ ความหนาแน่นของพืช ความรุนแรงของฝนที่ตกและวิธีการจัดการ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ รพีพงศ์, (2557)

ค่าการจัดการพืชมีอิทธิพลในการลดการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำแม่ปิงตอนบน การปรับเปลี่ยนการจัดการพืชโดยการปรับเปลี่ยนการทำการเกษตรเพื่อลดการสูญเสียดิน โดยการปลูกพืชผสมผสานที่มีไม้ยืนต้นที่มีระบบรากที่แข็งแรงสามารถยึดเกาะดิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริเวณที่มีความลาดชันมาก และบริเวณที่อนุภาคดินมีสมบัติที่ง่ายต่อการถูกกัดเซาะ ลดการชะล้างพังทลายของดินถึง 49.62 % เมื่อเทียบกับการสูญเสียดินจากการชะล้างพังทลายของดินเดิม

การวิเคราะห์การจัดการปฏิบัติการอนุรักษ์ดิน (P-factor) ระบบการอนุรักษ์แบบอื่นในประเทศไทยยังมีน้อยมาก จึงถือว่าพื้นที่เหล่านั้นไม่มีระบบการอนุรักษ์ และกำหนดค่าตามกลุ่มประเภทการใช้ที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2563) จากการศึกษาของ (วรากร, 2551) การประเมินค่าดัชนีของพืชคลุมดิน และค่าดัชนีของมาตรการควบคุมการชะล้างพังทลายของดินร่วมกับพืชปกคลุม ในสมการสูญเสียดินสากล พบว่า การจัดการปฏิบัติการอนุรักษ์ดินโดยมีการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นข้าวโพด ในระยะต้นอ่อนซึ่งเป็นช่วงที่มีการเตรียมดินเพื่อการเพาะปลูก เช่น การไถพรวน การขุดทำร่องและการจัดการวัชพืช ทำให้หน้าดินถูกรบกวนเป็นอย่างมาก ส่งผลให้มีการสูญเสียดินมากกว่าระยะอื่น และความสามารถในการปกคลุมดินของข้าวโพดยังมีน้อยมาก และการศึกษาของ (ศุกมิตร, 2539) ความสัมพันธ์ระหว่าง CP-factor ในสมการ USLE ที่ผันแปรไปกับอายุของสวนป่าที่ปลูกควบคู่กับพืชเกษตร พบว่า เมื่อพืชป่าไม้ที่ปลูกมีอายุมากขึ้น CP-factor มีแนวโน้มต่ำลง

ตารางที่ 11 การประเมินการสูญเสียดินโดยสมการ USLE ในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยว (ตัน/ไร่/ปี)

Code	R-factor	K-factor	L-factor	S-factor	C-factor	P-factor	A
MON1	467.98	0.24	1.97	0.86	0.502	1	15.29
MON2	467.98	0.29	1.94	0.91	0.502	1	19.29
MON3	467.98	0.24	2.06	0.96	0.502	1	17.89
MON4	467.98	0.24	2.46	0.86	0.502	1	19.09
MON5	467.98	0.24	3.49	0.96	0.502	1	30.31
MON6	467.98	0.24	4.74	0.97	0.502	1	41.60
MON7	467.98	0.29	1.46	0.96	0.502	1	15.32
MON8	467.98	0.24	3.03	0.86	0.502	1	23.51

ตารางที่ 12 การประเมินการสูญเสียดินโดยสมการ USLE ในพื้นที่เกษตรผสมผสาน (ตัน/ไร่/ปี)

Code	R-factor	K-factor	L-factor	S-factor	C-factor	P-factor	A
INT1	467.98	0.24	2.25	0.86	0.225	1	7.83
INT2	467.98	0.13	1.96	0.96	0.225	1	4.13
INT3	467.98	0.24	1.89	1.01	0.225	1	7.73
INT4	467.98	0.24	1.94	0.86	0.225	1	6.75
INT5	467.98	0.29	1.61	0.86	0.225	1	6.77
INT6	467.98	0.24	2.11	0.96	0.225	1	8.21
INT7	467.98	0.29	1.85	0.96	0.225	1	8.70
INT8	467.98	0.24	1.87	0.81	0.225	1	6.10

ตารางที่ 13 การประเมินการสูญเสียดินในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวและเกษตรผสมผสาน(ตัน/ไร่/ปี)

พารามิเตอร์	**เกษตรเชิงเดี่ยว**	**เกษตรผสมผสาน**	***p****
	(--------ตัน/ไร่/ปี---------)		
การสูญเสียดิน	22.78 ± 3.20	7.19 ± 0.40	0.09
n	8	8	8

Mean ± SD, * p-values ได้มาจากการทดสอบ T-test สำหรับความแตกต่างที่มีนัยสำคัญระหว่างเกษตรชิงเดี่ยวและเกษตรผสมผสานตามความลึกของดิน

บทที่ 5
สรุป

5.1 การประเมินคุณภาพดินภาคสนาม

พื้นที่การทำเกษตรเชิงเดี่ยว (MON1-MON8) มีผลประเมินที่ระดับปานกลาง (20-29.5 คะแนน) เนื้อดินในพื้นที่มีลักษณะ ร่วนเหนียวถึงทรายปนร่วน โครงสร้างดินมีการจับกันเป็นก้อนประมาณร้อยละ 50 มีรูปร่างเป็นก้อนเหลี่ยมมุมคมและมีช่องว่างในดินขนาดเล็ก ปานกลาง สีดินมีสีคล้ำใกล้เคียงค่ามาตรฐาน ไม่พบสีจุดประ และไส้เดือนดิน กลิ่นดินมีกลิ่นดินธรรมชาติ ความสามารถในการหยั่งลึกของรากพืชอยู่ระหว่าง 40-60 เซนติเมตร ดินในพื้นที่ไม่พบน้ำขังหน้าผิวดิน โดยดินอิ่มตัวด้วยน้ำอยู่แล้ว ดินมีรอยแตกขนาด 20-30 เซนติเมตร และมีพืชปกคลุมผิวดินร้อยละ 30-70 ใน 3 พื้นที่ และ ดินมีรอยแตกขนาดใหญ่กว่า 50 เซนติเมตร และมีพืชปกคลุมผิวดินไม่เกินร้อยละ 30 ใน 5 พื้นที่ พบการกัดเซาะของน้ำมีการกร่อนเป็น Rill และ Sheet เกิดขึ้น ความลึกของการกร่อนของดินพบมากกว่า 30 เซนติเมตร พบในทุกพื้นที่ พื้นที่การทำเกษตรผสมผสาน (INT1-INT8) มีผลประเมินที่ระดับปานกลางถึงดี (26.5-35 คะแนน) เนื้อดินในพื้นที่มีลักษณะ เหนียวปนทรายถึงทรายปนร่วน โครงสร้างดินมีการจับกันเป็นก้อน ประมาณร้อยละ 50 มีรูปร่างเป็นก้อนเหลี่ยมมุมคมและมีช่องว่างในดินขนาดเล็ก ปานกลาง สีดินมีสีคล้ำใกล้เคียงค่ามาตรฐาน ใน 8 พื้นที่ และ 2 พื้นที่พบสีดินมีสีคล้ำเท่ากับค่ามาตรฐาน ไม่พบสีจุดประ และไส้เดือนดิน กลิ่นดินมีลักษณะกลิ่นดินธรรมชาติ ความสามารถในการหยั่งลึกของรากพืชอยู่ระหว่าง 40-60 เซนติเมตร ดินในพื้นที่ไม่พบน้ำขังหน้าผิวดิน โดยดินอิ่มตัวด้วยน้ำ ดินมีรอยแตกขนาด 20-30 เซนติเมตร และมีพืชปกคลุมผิวดินร้อยละ 30 ถึง 70 พบใน 6 พื้นที่ และ 2 พื้นที่ไม่พบรอยแตกของดิน และมีพืชปกคลุมผิวดินไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 พบการกัดเซาะของน้ำมีการกร่อนเป็น Rill และ Sheet ความลึกของการกร่อนของดินพบมากกว่า 30 เซนติเมตร พบใน 4 พื้นที่ และ 6 พื้นที่ พบการเซาะของน้ำน้อยถึงไม่พบเลย ความลึกของการกร่อนของดินพบ ไม่เกิน 15 เซนติเมตร.

5.2 สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินบางประการ

5.2.1 สมบัติทางกายภาพของดิน

การแจกกระจายของขนาดอนุภาค และชั้นเนื้อดิน มีการแจกกระจายอนุภาคดินทรายในดินบนในช่วงระหว่าง 34-67 % ส่วนในดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 19-60 % กระจายอนุภาคดินทรายแป้งในดินบนในช่วงระหว่าง 10-22 % ส่วนในดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 8-24 %กระจายอนุภาคดินเหนียวในดินบนในช่วงระหว่าง 19-41 % ส่วนในดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 23-67 % ความหนาแน่นรวมของดินในดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 0.82-1.58 Mg/m^3 ส่วนในดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง

0.72-1.75Mg/m^3ความหนาแน่นอนุภาคของดิน ในดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 1.31-2.48 Mg/m^3 ส่วนในดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 2.31-2.51 Mg/m^3 ความพรุนรวมของดิน ในดินบนอยู่ในช่วงระหว่าง 34-66 % ส่วนในดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 27-70 % ความสามารถในการอุ้มน้ำของดินอยู่ในดินบนในช่วงระหว่าง 35-47 % ส่วนในดินล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 30- 42 %

5.2.2 สมบัติทางเคมีของดิน

ความเป็นกรดด่างของดินในดินบนเป็นดินกรดจัดมากถึงกรดจัด (4.82-5.25) ส่วนในดินล่างเป็นดินกรดจัดมากถึงกรดจัด (5.06-5.39) อินทรียวัตถุในดิน ในดินบนมีค่า ค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง (1.14-1.80%) ส่วนในดินล่างมีค่า ต่ำมากถึงต่ำ (0.36-0.64%) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ในดินบนมีค่า ต่ำ (3.84-5.76 ppm) ส่วนในดินล่างมีค่า ต่ำมาก (0.92-1.07 ppm) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินบนมีค่า ต่ำถึงปานกลาง (53.76-71.49 ppm) ส่วนในดินล่างมีค่า ต่ำ (36.74-46.14 ppm) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินบนมีค่า ปานกลาง (1,209.32 -1,834.40 ppm) ส่วนในดินล่างมีค่า ต่ำ (940.95-1129.91 ppm) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในดินบนมีค่า ปานกลาง (128.91-202.55 ppm) ส่วนในดินล่างมีค่า ต่ำถึงปานกลาง (102.58-125.90 ppm) โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ในดินบนมีค่า ต่ำ (51.95-68.82 ppm) ส่วนในดินล่างมีค่า ต่ำ (33.79-54.68 ppm) ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินบนมีค่า ค่อนข้างต่ำ (6.93-8.49 cmol/kg) ส่วนในดินล่างมีค่า ค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง (9.90-10.88 cmol/kg) และ อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส ในดินบนมีค่า ปานกลาง (69.16-72.34 %) ส่วนในดินล่างมีค่า ปานกลาง (34.72-36.13 %)

5.3 การประเมินการสูญเสียดินโดยสมการสูญเสียดินสากล

ความรุนแรงของการการกร่อนของดิน พบว่าในพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวที่ (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) มีการชะล้างพังทลายรุนแรง จำนวน 5 พื้นที่ ได้แก่ MON1 MON7 MON3 MON4 และ MON2 มีค่าการกร่อนของดิน 15.29 15.32 17.89 19.09 และ 19.29 ตามลำดับ และพื้นที่ที่มีการชะล้างพังทลายรุนแรงมาก ได้แก่ MON8 MON5 และ MON6 มีค่าการกร่อนของดิน 23.51 30.31 และ 41.60 ตามลำดับ และพื้นที่เกษตรผสมผสาน มีการชะล้างพังทลายปานกลางทุกพื้นที่ จำนวน 8 พื้นที่ ได้แก่ INT2 INT8 INT4 INT5 INT3 INT1 INT6 และ INT7 มีค่าการกร่อนของดิน 5.40 6.10 6.75 6.77 7.73 7.83 8.21 และ 8.70 ตามลำดับ เมื่อนำข้อมูลปริมาณการสูญเสียดินที่ได้จากพื้นที่ทั้ง 2 พื้นที่ศึกษา มาวิเคราะห์ความแปรปรวนเพื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณดินที่สูญเสียในแต่ละพื้นที่ พบว่าพื้นที่เกษตรเชิงเดี่ยวที่ (ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์) และพื้นที่เกษตรผสมผสาน มีการสูญเสียดินจากการกร่อนของดิน มีค่า 22.78 ± 3.20 ตัน/ไร่/ปี และ 7.19 ± 0.40 ตัน/ไร่/ปี ตามลำดับ มีความแตกต่างทางสถิติที่นัยสำคัญที่ 0.05

5.4 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาการประเมินคุณภาพดินภาคสนามได้ศึกษาในช่วงฤดูแล้ง ซึ่งมีข้อมีจำกัดในการทำแผนที่ดัชนีความต่างพืชพรรณ (NDVI) ที่ใช้ในการประเมินสิ่งปกคลุมผิวดินและการประเมินปริมาณไส้เดือนดิน ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาวเพื่อดูความแตกต่างของการประเมินคุณภาพดินภาคสนามและการประเมินการสูญเสียดินควรมีการใช้ข้อมูลการชะล้างพังทลายของฝน (R-factor) ในพื้นที่ศึกษาใกล้เคียง เพื่อทราบถึงปริมาณน้ำฝนเฉพาะจุดและข้อมูลการจัดการพืช (C-factor) และข้อมูลการจัดการปฏิบัติการอนุรักษ์ดินที่ได้ใช้จากค่าคงที่ของกรมพัฒนาที่ดิน ควรมีการศึกษาและใช้ข้อมูลจริงที่วัดได้จากพื้นที่ศึกษาเพื่อความแม่นยำของข้อมูล

จากการศึกษาพบว่าการประเมินคุณภาพดินภาคสนามและการสูญเสียดินในระบบเกษตรผสมผสานจะอยู่ในระดับที่ดีกว่าเกษตรเชิงเดี่ยว โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำการปลูกพืชผสมผสานร่วมกับการทำขั้นบันไดไม้ผลแบบระดับ (Orchard hillside terrace) สามารถการสูญเสียดินได้มากกว่า 58 % เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ที่ไม่มาตราการอนุรักษ์ดิน จะมีผลดีต่อการใช้ประโยชน์ที่ดิน และส่งผลเชิงบวกด้านคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของดินในระยะยาว ในพื้นที่การเกษตรเชิงเดียวควรมีการอนุรักษ์ดินในพื้นที่ เช่น การปลูกเป็นแถบขวางความลาดเทของพื้นที่หรือปลูกพืชคลุมดิน เพื่อลดความแรงของเม็ดฝน และชะลอความเร็วของน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals : SDGs) วัตถุประสงค์ที่ 15 คือ ปกป้อง ฟื้นฟู และสนับสนุนการใช้ระบบนิเวศบนบกอย่างยั่งยืน จัดการอย่างยั่งยืนเพื่อลดการเป็นสภาพทะเลทราย หยุดการเสื่อมโทรมของที่ดินและฟื้นสภาพดิน และการสูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ

บรรณานุกรม

กรกนก ดีพรมกุล นิวัติ อนงรักษ์ และสุนทร คำยอง. 2563. การจำแนกความเหมาะสมของดินอัลทิซอลส์และแอลฟิซอลส์ในสวนลองกอง อำเภอลับแล จังหวัดอุตรดิตถ์. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า**, 38(3), 315-324.

กรมทรัพยากรธรณี. 2556. **รายงานแผนที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับชุมชน ตำบลช่างเคิ่ง อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่.** กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี

---. 2558. **รายงานแผนที่เสี่ยงภัยดินถล่มระดับชุมชน ตำบลบ้านทับ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่.** กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี

กรมพัฒนาที่ดิน. 2553. **คู่มือปฏิบัติงานกระบวนวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมี (ปรับปรุงครั้งที่ 1).** กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.

---. 2561. **แผนบริหารจัดการทรัพยากรดินปัญหาของประเทศไทย ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2561-2580): กรมพัฒนาที่ดิน**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.

---. 2562. **คู่มือการวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อการประเมินความอุดมสมบรูณ์ของดิน. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาที่ดิน.** กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.

---. 2563. **สถานภาพการชะล้างพังทลายของดินในประเทศไทย Status of Soil Erosion in Thailand.** กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.

---. 2564ก. **โครการอนุรักษ์ดินและน้ำ: บริบทแห่งการพัฒนาพื้นที่สูงที่ยั่งยืน.** กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.

---. 2564ข. **การประเมินคุณภาพดินและข้อจำกัดเชิงพื้นที่เพื่อจัดการทางการเกษตรในพื้นที่แอ่งสกลนคร ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.

---. 2565. **คู่มือปฏิบัติงานกระบวนวิเคราะห์ดินทางกายภาพ.** กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2558. **เอกสารวิชาการดินและปุ๋ย.** กรุงเทพฯ: กรมส่งเสริมการเกษตร.

กิติศักดิ์ ทองมีทิพย์. 2564. **พัฒนาการเกษตรกรรมของประเทศไทย: ในมิติด้านการพัฒนาชุมชนและคุณภาพชีวิต.** เชียงใหม่: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ขรรค์ชัย ประสานัย. 2563. ผลของการทำไม้ออกโดยวิธีเลือกตัดต่อการชะล้างพังทลายของดินใน

พื้นที่สวนป่า จังหวัดแพร่. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**, 9(2), 298-308.

จักรพงษ์ ไชยวงศ์. 2549. **การประมาณการไหลบ่าของน้ำและการสูญเสียดินในพื้นที่เกษตรที่สูงของจังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

จักรพงษ์ ไชย์วงศ์ สุนทร คำยอง นิวัติ อนงค์รักษ์ ประสิทธิ์ วังภคพัฒนวงศ์ และสุภาพ ปารมี. 2563. ลักษณะของดินและการสะสมคาร์บอนในดินที่เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินต่างกันภายใต้ระบบนิเวศป่าเบญจพรรณ ณ ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม**, 5(1), 41-51.

จำรูญ ศรีชัยชนะ. 2546. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาตร์ในการประเมินการกร่อนดิน พื้นที่ลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่. **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ**, 6(2), 20-29.

จีรณัทย์ หงษ์จาตุรันต์ ศุภิฌา ธนะจิตต์ สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม และอัญชลี สุทธิประการ. 2554. ศักยภาพของดินทางการเกษตรบนลำดับภูมิประเทศที่เกิดมาจากหินทราย. **แก่นเกษตร**, 39(1), 321-332.

จีราภรณ์ อินทสาร. 2560. **ความอุดมสมบรูณ์ของดินขั้นสูง Advance Soil Fertility**. เชียงใหม่: คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

---. 2563. **ความอุดมสมบรูณ์ของดิน Soil Fertility**. พิมพ์ครั้งที่ 2 เชียงใหม่: ดีไซน์ปริ้น มีเดีย.

ชรัญญา สุวรรณเสรีรักษ์ และเก็จวลี ศรีจันทร์. 2563. รูปแบบการจัดการห่วงโซ่อุปทานและรูปแบบการตลาด พืชผักปลอดภัยที่เหมาะสำหรับเกษตรกร อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่. **วารสารวิชาการวิทยาลัยบริหารศาสตร์**, 4(1), 84-98.

ณัฐพล จิตมาตย์ อัญชลี สุทธิประการ เอิบ เขียวรื่นรมณ์ และรฐนนท์ เจริญชาศรี. 2557. **ศักยผลิตภาพเปรียบเทียบของดินเวอร์ทิซอลส์ที่ลุ่มและที่ดอนในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์.

ณัฐพล ศรีอำไพ. 2553. **ระดับอลูมิเนียมและสมบัติดินที่สูงในพื้นที่ขุนวางและอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์.

นพพล อรุณรัตน์ และนาฏสุดา ภูมิจำนงค์. 2562. การเปรียบเทียบต้นทุนและผลตอบแทนของการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์และการปลูกพืชที่หลากหลาย บริเวณลุ่มมน้ำแม่แจ่ม

จังหวัดเชียงใหม่. **วารสารเกษตร**, 35(1), 169-181.

นฤมล หวะสุวรรณ. 2551. **อิทธิพลของการใช้ที่ดินต่อคุณสมบัติในพื้นที่อ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นาฏสุดา ภูมิจำนงค์. 2561. **การประมาณการผลกระทบจากความแปรปรวนของสภาพภูมิอากาศต่อการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์/ข้าวโพดเมล็ดพันธุ์และเกษตรผสมผสาน กรณีศึกษาลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่.** กรุงเทพฯ: คณะสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

นิติพัฒน์ นวมนะโม. 2556. **การชะล้างพังทลายของดินบนเขาคอหงส์ และมูลค่าการสูญเสียทางเศรษฐศาสตร์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์. 2551. **ลักษณะและสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินที่สูงในบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญณรงค์ อาศัยไร่. 2564. **การศึกษาสถียรภาพของลาดเขาและการสูญเสียหน้าดินของเนินเขาบริเวณประตู 1 มทส: เน้นการจัดการโครงสร้างขั้นพื้นฐานอย่างยั่งยืน.** นครราชสีมา: สาขาวิชาเทคโนโลยีธรณี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ปัทมา เผื่อแผ่ สมนิมิตร พุกงาม และวีนัส ต่วนเครือ. 2564. ผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินต่อการชะล้างพังทลายของดิน บริเวณลุ่มน้ำสาขายมตอนบน. **วารสารวนศาสตร์ไทย**, 40(1), 77-94.

ปิยพร ศรีสม จินดา ศิริตา ปิยดา ยศสุนทร วลีพรรณ รกิติกุล และสุภาวดี แก้วพามา. 2561. การประเมินคุณภาพดินเพื่อใช้ในทางเกษตรในพื้นที่หมู่บ้านนางแลในตำบลนางแล อำเภอเมือง จังหวัดเชียงราย. **วารสารการวิจัยการสะลองคำ**, 11(3), 62-68.

พจนีย์ มอญเจริญ. 2544. **การใช้ข้อมูลผลการวิเคราะห์ดินเพื่อการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย.** กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.

พชร อริยะสกุล. 2561. **การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการสำรวจทรัพยากรดินในพื้นที่สูงบริเวณลุ่มน้ำสาขาน้ำต้า (ลุ่มน้ำยม)**. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน

พันธ์ศักดิ์ ธาดา. 2550. **ผลของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและรูปแบบการใช้ที่ดินและรูปแบบการใช้ที่ดินต่อคุณภาพดินกรณีศึกษา: หมู่บ้านละเบ้ายา ตำบลสะเนียน อำเภอเมือง**

จังหวัดน่าน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

พิณทิพย์ ธิติโรจนะวัฒน์. 2538. **การศึกษาเปรียบเทียบค่าปัจจัยชะล้างพังทลายของฝนที่เหมาะสมในสมการการสูญเสียดินสากล.** กรุงเทพฯ: กรมป่าไม้.

พีรวัฒน์ ปลาเงิน สานิตย์ดา เตียวต๋อย และสมพินิจ เหมือนทอง. 2557. **การประเมินผลกระทบและการปรับตัวของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและภูมิอากาศต่อการชะล้างพังทลายของดินในลุ่มน้ำยมตอนบน.** กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว).

ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา. 2546. **เคมีดิน (Soil chemistry).** เชียงใหม่: ห้างหุ้นส่วนจำกัดเชียงใหม่พิมพ์สวย.

ภาคภูมิ วงศ์แสนไชย. 2564. **ลักษณะของดินและศักยภาพการสะสมคาร์บอนในดินป่าดิบแล้งบริเวณมอสิงโต อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

มัตติกา พนมธรนิจกุล. 2549. **การจัดการดินและน้ำเพื่อระบบการเกษตรที่ยั่งยืน.** พิมพ์ครั้งที่ 2. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2557. **คุณภาพดินเพื่อการเกษตร.** กรุงเทพฯ: สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย.

ยุพเยาว์ หัสจรรย์. 2552. **ความชื้นและลักษณะการดูดยึดน้ำภายใต้การใช้ที่ดินที่แตกต่างกันบนพื้นที่สูง กรณีศึกษาที่ ศูนย์พัฒนาโครวการหลวงห้วยลึก อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์.

รพีพงศ์ เลิศวัฒนารักษ์. 2557. **การประเมินปริมาณการสูญเสียดินในลุ่มน้ำปิงตอนบน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์.

วรรณชัย วรรณสิงห์. 2562. **การสะสมซากพืชและปริมาณคาร์บอนอินทรียในดินในป่าชุมชนจังหวัดมหาสารคาม.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

วรากร สุจริต. 2551. **การประเมินค่าดีชนีของพืชปกคลุมดินและค่าดัชนีของมาตรฐานการควบคุมการชะล้างพังทลายของดินร่วมกับพืชปกคลุม ในสมการสูญเสียดินสากล โดยเครื่องกำเนิดฝน ในพื้นที่ลุ่มน้ำแม่ถาง จังหวัดแพร่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์.

วรางคณา รักทองสุข. 2550. **ความสัมพันธ์เชิงปริมาณระหว่างคาร์บอนอินทรีย์ สัดส่วนดินเหนียว**

ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก และจุลธาตอาหารของดินสวนผลไม้ในจังหวัดนครปฐม สมุทรสาคร และสมุทรสงคราม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วิทยา จินดาหลวง. 2551. **การวิเคราะห์ปัจจัยทางดินที่มีผลต่อการปลูกพืชในพื้นที่อินทนนท์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์.

วุฒิพงษ์ นาชัยเวียง. 2556. **การฟื้นสภาพความอุดมสมบูรณ์ของดินในระบบไร่หมุนเวียนบนที่สูง จังหวัดแม่ฮ่องสอน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ศุกมิตร จารุธัญลักษณ์. 2539. **การสูญเสียดินและน้ำจากแปลงปลูกพืชระบบวนเกษตร บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำภูเพียง อำเภอภูเวียง จังหวัดขอนแก่น.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย.

ศุภธิดา อ่ำทอง. 2560. **ดินปลูกข้าวและการจัดการ.** เชียงใหม่: คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรเพชรบุรี. 2565. **เกษตรผสมผสานและทฤษฎีใหม่.** [ระบบออนไลน์].

สมเกียรติ ชัยพิบูลย์ และนารินจง วงศ์อุต. 2562. ผลกระทบของโครงการธรรมชาติปลอดภัยต่อเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม ตำบลช่างเคิ่ง อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่. **วารสารราชภัฏเพชรบูรณ์สาร**, 21(1), 18-23.

สมควร คล้องช้าง. 2551. **การจัดการดินและการใช้ปุ๋ยกับพืชไร่เศรษฐกิจ.** กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร.

สิทธานต์ ชมภูแก้ว. 2551. **ศักยภาพของดินที่ใช้ปลูกลำไยในภาคเหนือของประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์.

สุนีย์ จิตมโนวรรณ์. 2563. **ผลของระดับคาร์บอนต่อไนโตรเจน (C:N) ต่อกลิ่นโคลนของปลานิลในบ่อไบโอฟลอค.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สุรัชต์ ธวัชโยธิน. 2552. **การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจำแนกความรุนแรงของการชะล้างพังทลายของดินในพื้นที่ลุ่มน้ำลำพระเพลิง 1 อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาตร์.

เสาวลักษณ์ สระทองเทียน. 2559. **การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และสมการการสูญเสียดินสากลเพื่อประเมินการชะล้างพังทลายของดิน บริเวณลุ่มน้ำแควน้อย จังหวัด**

พิษณุโลก. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยนเรศวร.

อรรจน์ ประภัสสร. 2549. **ความอุดมสมบรูณ์ของดินภายใต้การใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรที่หลากหลาย กรณีศึกษา ลุ่มน้ำขุนสมุน อำเภอเมือง จังหวัดน่าน.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

อานุช คีรีรัฐนิคม และสุธาสินี โพธิสุนทร. 2554. การสูญเสียดินและธาตุอาหารจากการพังทลายของดินในพื้นที่ปลูกยางพารา อำเภอตะโหมด จังหวัดพัทลุง. **วารสารการจัดการป่าไม้,** 5(10), 33-42.

อุดร ปิโย. 2562. **แผนพัฒนาท้องถิ่น (พ.ศ. 2561-2565) ขององค์การบริหารส่วนตำบลช่างเคิ่ง.** กรุงเทพฯ: กรมทรัพยากรธรณี

อุทิศ เตจ๊ะใจ. 2557. **แนวทางการวางระบบการพัฒนาที่ดินบนพื้นที่สูงเพื่อการเกษตรอย่าง ยั่งยืนในเขตภาคเหนือของประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน.

เอิบ เขียวรื่นรมย์. 2548. **การสำรวจดิน.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โอฬาร อ่องพะ และวัชรพล พุทธรักษา. 2563. แม่แจ่มโมเดล: ปฏิบัติการและการเคลื่อนไหวช่วงชิงพื้นที่ทางความคิด. **วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร,** 16(1), 21-46.

Belayneh, M.Y.T. and Tsegaye D. 2019. Effects of soil and water conservation practices on soil physicochemical properties in Gumara watershed, Upper Blue Nile Basin, Ethiopia. **Ecological Processes**, 10(1), 1-14.

Braja, M.D. 1998. **Advanced Soil Mechanics**. Published No.2. United Kingdom: Taylor & Francis.

Cassol, E. A., Silva, T.S., Luiz, F., Eltz, F. and Levien, R. 2018. Soil Erodibility under Natural Rainfall Conditions as the K Factor of the Universal Soil Loss Equation and Application of the Nomograph for a Subtropical Ultisol. **Brazilian Society of Soil Science**, 47(1), 1-11.

FAO. 2020. **Soil testing methods manual**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Huang, B., Yuan, Z., Zheng M., Liao Y., Nguyen K.L., Nguyen T.H., Sombatpanit S. and Li

D. 2020. Soil and Water Conservation Techniques in Tropical and Subtropical Asia: A Review. **Multidisciplinary Digital Publishing Institute**, 14(1), 1-19.

Ling, LI., Gao-bao, H., Ren-zhi, Z., Bellotti, B., Li, G. and Chan, K.Y. 2011. Benefits of Conservation Agriculture on Soil and Water Conservation and Its Progress in China. **Agricultural Sciences in China**, 10(6), 850-859.

Marques, M.J., Bienes, R., Jiménez, R. and Rodríguez, R.P. 2007. Effect of vegetal cover on runoff and soil erosion under light intensity events. Rainfall simulation over USLE plots. **Science of the Total Environment**, 378(1), 161–165.

Moncada, M.P., Penning, L.H., Timm, L.C., Gabriels, D. and Cornelis, W.M. 2014. Visual examinations and soil physical and hydraulic properties for assessing soil structural quality of soils with contrasting textures and land uses. **Soil & Tillage Research**, 140(1), 20-28.

Moraes, J.F., Donzeli, P.L. and Lombardi Neto, F. 2000. Land planning for sustainable development in watersheds using geographical information system. **International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing**, 23(7), 895-900.

Shepherd, T.G. 2000. **Visual Soil Assessment. Volume 1. Fieldguide for cropping and pastoral grazing on flat to rolling country**. Palmerston North: Landcare Research

Soto, R.L., Vente, J.D. and Padilla, M.C. 2021. Learning from farmers' experiences with participatory monitoring and evaluation of regenerative agriculture based on visual soil assessment. **Rural Studies**, 88(1), 192-204.

Toxopeus, A.G. 1997. **ILWIS 2.1 for Windows the Integrated Land and Water Information System**. Enschede: ITC The Netherlands.

Wischmeier, W.H. and Smith, D.D. 1978. **Predicting rainfall erosion losses-a guide to conservation planning. USDA Agric.** U.S. Department of Agriculture: Agriculture Handbook No. 537.

มหาวิทยาลัยแม่โจ้
MAEJO UNIVERSITY

ภาคผนวก

ข้อจำกัดต่างๆ ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพของดินโดยใช้วิธีการประเมินคุณภาพของดินตาม คู่มือขององค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ Food and Agriculture Organization of the United Nations (2020)

ตารางภาคผนวกที่ 1 เกณฑ์การให้คะแนนโครสร้างของดิน

เกณฑ์ (คะแนน)	เนื้อดิน
ดี (2)	ร่วนปนทรายแป้ง (Silt loam)
ค่อนข้างดี (1.5)	เหนียวปนร่วน (Clay loam)
ปานกลาง (1)	ทรายแป้งปนเหนียว (Loamy Silt) ร่วนปนทราย (Sandy Loam)
ค่อนข้างแย่ (0.5)	เหนียวปนทรายแป้ง (Silty Clay) เหนียว (Clay)
แย่ (0)	ทรายปนร่วน (Loamy Sandy) ทราย (Sand)

ตารางภาคผนวกที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนนโครสร้างของดิน

ภาพตัวอย่าง	เกณฑ์ (คะแนน)	คำอธิบาย
	ดี (2)	ดินมีความเปราะบางและแตกละเอียด ไม่จับกันเป็นก้อน และพบช่องว่างในปริมาณมาก
	ปานกลาง (1)	ดินมีความเปราะบางและแตกละเอียด มีการจับกันเป็นก้อน ประมาณร้อยละ 50 มีรูปร่างเป็นก้อนเหลี่ยมมุมมน หรือก้อนเหลี่ยมมุมคม
	แย่ (0)	พบดินเป็นก้อนใหญ่ มีดินส่วนที่ละเอียดเพียงเล็กน้อย และไม่พบช่องว่างหรือพบเพียงเล็กน้อย

ตารางภาคผนวกที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนช่องว่างในดิน

ภาพตัวอย่าง	เกณฑ์ (คะแนน)	คำอธิบาย
	ดี (2)	ดินมีช่องว่างจำนวนมาก และมีโครงสร้างของดินดี
	ปานกลาง (1)	ดินมีช่องว่าง แต่จะสังเกตได้ในระยะใกล้
	แย่ (0)	ดินแทบจะไม่มีช่องว่างที่สามารถมองเห็นได้ ดินอัดแน่น มีโครงสร้างเพียงเล็กน้อย พบรอยแตก และมีรูปร่างคม

ตารางภาคผนวกที่ 4 เกณฑ์การให้คะแนนสีดิน

ภาพตัวอย่าง	เกณฑ์ (คะแนน)	คำอธิบาย
	ดี (2)	ดินมีสีเข้มกว่า under the fence line
	ปานกลาง (1)	สีดินซีดกว่า under the fence line แต่ไม่มากนัก
	แย่ (0)	สีดินซีดกว่า under the fence line อย่างเห็นได้ชัด

ตารางภาคผนวกที่ 5 เกณฑ์การให้คะแนนจุดประ

ภาพตัวอย่าง	เกณฑ์ (คะแนน)	คำอธิบาย
	ดี (2)	ดินไม่มีจุดประ
	ปานกลาง (1)	ดินมีจุดประขนาดละเอียดและปานกลางร้อยละ 10-25
	แย่ (0)	ดินมีจุดประขนาดปานกลางและหยาบมากกว่าร้อยละ 50

ตารางภาคผนวกที่ 6 เกณฑ์การให้คะแนน ไส้เดือนดิน

เกณฑ์ (คะแนน)	คำอธิบาย
ดี (2)	มีไส้เดือนมากกว่า 30 ตัว และต้องมีมากกว่า 3 สายพันธุ์ ในก้อนดินขนาด 200 มิลลิเมตร
ปานกลาง (1)	มีไส้เดือน 15-30 ตัว และต้องมีมากกว่า 2 สายพันธุ์ ในก้อนดินขนาด 200 มิลลิเมตร
แย่ (0)	มีไส้เดือนน้อยกว่า 15 ตัว ภายใน 1 สายพันธุ์ ในก้อนดินขนาด 200 มิลลิเมตร

ตารางภาคผนวกที่ 7 เกณฑ์การให้คะแนนกลิ่นของดิน

เกณฑ์ (คะแนน)	คำอธิบาย
ดี (2)	ดินมีกลิ่นที่ชัดเจนของกลิ่นหอมและสดชื่น
ปานกลาง (1)	ดินมีกลิ่นหอม และสดชื่น เล็กน้อย
แย่ (0)	ดินมีกลิ่นเหม็นเปรี้ยว กลิ่นเคมี หรือกลิ่นไม่พึงประสงค์

ตารางภาคผนวกที่ 8 เกณฑ์การให้คะแนนศักยภาพของรากพืช

เกณฑ์ (คะแนน)	คำอธิบาย (ข้าวโพด)
ดี (2)	รากสามารถลงไปในดินเกินกว่า 800 มิลลิเมตร
ค่อนข้างดี (1.5)	รากสามารถลงไปในดิน 600-800 มิลลิเมตร
ปานกลาง (1)	รากสามารถลงไปในดิน 400-600 มิลลิเมตร
ค่อนข้างแย่ (0.5)	รากสามารถลงไปในดิน 200-400 มิลลิเมตร
แย่ (0)	รากสามารถลงไปในดินน้อยกว่า 200 มิลลิเมตร

ตารางภาคผนวกที่ 9 การพัฒนาของรากพืช (ข้าวโพด)

ภาพตัวอย่าง	เกณฑ์ (คะแนน)	คำอธิบาย
	ดี (2)	รากกว้าง 205 มิลลิเมตรและยาว 200-250 มิลลิเมตร
	ปานกลาง (1)	รากกว้าง 150 มิลลิเมตรและยาว 150-180 มิลลิเมตร
	แย่ (0)	รากถูกหยุดการเจริญเติบโต ทำให้มีขนาดเล็ก

ตารางภาคผนวกที่ 10 เกณฑ์การให้คะแนนน้ำขังผิวดิน

ภาพตัวอย่าง	เกณฑ์ (คะแนน)	คำอธิบาย
	ดี (2)	ดินไม่มีน้ำขัง หลังจากฝนตกหนัก 1 วัน โดยดินอิ่มตัวด้วยน้ำอยู่แล้ว
	ปานกลาง (1)	ดินมีน้ำขังเล็กน้อย หลังจากฝนตกหนัก 2-4 วัน โดยดินอิ่มตัวด้วยน้ำอยู่แล้ว
	แย่ (0)	ดินมีน้ำขัง หลังจากฝนตกหนักมากกว่า 5 วัน โดยดินอิ่มตัวด้วยน้ำอยู่แล้ว

ตารางภาคผนวกที่ 11 เกณฑ์การให้คะแนนรอยแตกของดินและสิ่งปกคลุม

ภาพตัวอย่าง	เกณฑ์ (คะแนน)	คำอธิบาย
	ดี (2)	ดินไม่มีรอยแตก และมีพืชคลุมดินไม่น้อยกว่าร้อยละ 70
	ปานกลาง (1)	ดินมีรอยแตกขนาด 2-3 มิลลิเมตร และมีพืชคลุมดินร้อยละ 30-70
	แย่ (0)	ดินมีรอยแตกขนาดใหญ่กว่า 5 มิลลิเมตร และมีพืชคลุมดินไม่เกินร้อยละ 30

ตารางภาคผนวกที่ 12 เกณฑ์การให้คะแนนการกร่อนของดิน

ภาพตัวอย่าง	เกณฑ์ (คะแนน)	คำอธิบาย
	ดี (2)	มีน้ำเซาะน้อยถึงไม่มีเลย ความลึกของดินบนที่ตีนเขาลึกน้อยกว่ายอดเขาไม่เกิน 150 มิลลิเมตร การกัดเซาะของลมมีเพียงฝุ่นละอองขนาดเล็กเท่านั้นที่ถูกเคลื่อนย้ายได้หลังจากใช้เครื่องเพาะปลูกในวันที่ลมแรง และดินที่ถูกลมพัดส่วนใหญ่ยังอยู่ภายในพื้นที่
	ปานกลาง (1)	การกัดเซาะของน้ำมีสัญญาณบ่งชี้การกร่อน แต่ยังไม่เป็น Rill หรือ Sheet ความลึกของดินบนที่ตีนเขาลึกเมื่อเทียบกับยอดเขาอยู่ที่ 150-300 มิลลิเมตร การกัดเซาะของลมเป็นเรื่องที่น่ากังวล มีฝุ่นละอองสามารถออกจากพื้นที่ในวันที่มีลมแรง
	แย่ (0)	การกัดเซาะของน้ำมีการกร่อนเป็น Rill หรือ Sheet เกิดขึ้น ความลึกของดินบนที่ตีนเขาลึกเมื่อเทียบกับยอดเขามากกว่า 300 มิลลิเมตร การกัดเซาะของลมในวันที่มีลมปกติ ดินสามารถออกจากพื้นที่

ตารางผนวกที่ 13 ระดับการชะล้างพังทลาย

ระดับ	ระดับการชะล้างพังทลาย	อัตราการชะล้างพังทลาย	
		ตัน/ไร่/ปี	ตัน/เฮกแตร์/ปี
1	น้อยมาก (Very Slight)	0.00-2.00	0.00-12.5
2	น้อย (Slight)	2.01-5.00	12.50- 31.25
3	ปานกลาง (Moderate)	5.01-15.00	31.25-93.75
4	รุนแรง (Severe)	15.01-20.00	93.75-125
5	รุนแรงมาก (Very Severe)	> 20.01	> 125

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน, 2563

ตารางผนวกที่ 14 ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density)

ระดับ (Rating)	พิสัย (%)
ต่ำมาก (Very low)	< 1.0
ต่ำ (Low)	1.0-1.2
ค่อนข้างต่ำ (Moderately low)	1.2-1.4
ปานกลาง (Moderate)	1.4-1.6
ค่อนข้างสูง (Moderate high)	1.6-1.8
สูง (High)	1.8-2.0
สูงมาก (Very high)	> 2.0

ที่มา: Modified Kanchanaprasert, 1986

ข้อจำกัดต่างๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี (Soil Survey Division Staff, 2017)

ตารางผนวกที่ 15 ปฏิกิริยาของดิน (Soil reaction), pH (ดิน:น้ำ = 1:1)

ระดับ (Rating)	พิสัย
เป็นกรดรุนแรงมากที่สุด (Ultra acid)	< 3.5
เป็นกรดรุนแรงมาก (Extremely acid)	3.4-4.5
เป็นกรดจัดมาก (Very strongly acid)	4.5-5.0
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)	> 90

ตารางผนวกที่ 16 อินทรียวัตถุ (Organic Matter) (% Organic carbon x 1.724)

ระดับ (Rating)	พิสัย (%)
ต่ำมาก (Very low)	< 0.5
ต่ำ (Low)	0.5-1.0
ค่อนข้างต่ำ (Moderately low)	1.0-1.5
ปานกลาง (Moderate)	1.5-2.5
ค่อนข้างสูง (Moderate high)	2.5-3.5
สูง (High)	3.5-4.5
สูงมาก (Very high)	> 4.5

ตารางผนวกที่ 17 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) (Bary II)

ระดับ (Rating)	พิสัย (ppm)
ต่ำมาก (Very low)	< 3
ต่ำ (Low)	3-6
ค่อนข้างต่ำ (Moderately low)	6-10
ปานกลาง (Moderate)	10-15
ค่อนข้างสูง (Moderate high)	15-25
สูง (High)	25-45
สูงมาก (Very high)	> 45

ตารางผนวกที่ 18 ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K) (NH_4OAc)

ระดับ (Rating)	พิสัย (ppm)
ต่ำมาก (Very low)	< 30
ต่ำ (Low)	30-60
ปานกลาง (Moderate)	60-90
สูง (High)	90-120
สูงมาก (Very high)	> 120

ตารางผนวกที่ 19 ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Ca) (NH_4OAc)

ระดับ (Rating)	พิสัย (ppm)
ต่ำมาก (Very low)	< 400
ต่ำ (Low)	400-1,000
ปานกลาง (Moderate)	1,000-2,000
สูง (High)	2,000-4,000
สูงมาก (Very high)	> 4,000

ตารางผนวกที่ 20 ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Mg) (NH_4OAc)

ระดับ (Rating)	พิสัย (ppm)
ต่ำมาก (Very low)	< 36.45
ต่ำ (Low)	36.45-121.5
ปานกลาง (Moderate)	121.5-364.5
สูง (High)	364.5-972
สูงมาก (Very high)	> 972

ตารางผนวกที่ 21 ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Na) (NH_4OAc)

ระดับ (Rating)	พิสัย (ppm)
ต่ำมาก (Very low)	< 23
ต่ำ (Low)	23-69
ปานกลาง (Moderate)	69-161
สูง (High)	161-460
สูงมาก (Very high)	> 460

ตารางผนวกที่ 22 ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation Exchangeable Capacity) (NH_4OAc)

ระดับ (Rating)	พิสัย (cmol/kg)
ต่ำมาก (Very low)	< 3
ต่ำ (Low)	3-5
ค่อนข้างต่ำ (Moderately low)	5-10
ปานกลาง (Moderate)	10-15
ค่อนข้างสูง (Moderate high)	15-20
สูง (High)	20-30
สูงมาก (Very high)	> 30

ตารางผนวกที่ 23 อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (Base saturation)

ระดับ (Rating)	พิสัย (%)
ต่ำมาก (Very low)	-
ต่ำ (Low)	35
ค่อนข้างต่ำ (Moderately low)	-
ปานกลาง (Moderate)	35-75
ค่อนข้างสูง (Moderate high)	-
สูง (High)	> 75
สูงมาก (Very high)	-

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นาย ปฐมพงศ์ โหมเพ็ง

เกิดเมื่อ 04 ธันวาคม 2540

ประวัติการศึกษา พ.ศ. 2564 ปริญญาตรีวิทยาศาตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่