



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

ปริญญา

ปฐพีวิทยา

สาขา

ปฐพีวิทยา

ภาควิชา

เรื่อง สถานภาพการเสื่อมโทรมของดินในพื้นที่ขุนวาง อำเภอแม่อวียง จังหวัดเชียงใหม่

Soil Degradation Status in Khun Wang Area, Mae Wang District, Chiang Mai Province

นามผู้วิจัย นายนครินทร์ สบประสงค์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ศาสตราจารย์เอิบ เทียวรัตน์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์อัญชลี สุทธิประการ, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิบูลย์ กังแฮ, วท.ม.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา ชีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

สถานภาพการเสื่อมโทรมของดินในพื้นที่ขุนวาง อำเภอแม่อำเภอสอง จังหวัดเชียงใหม่

Soil Degradation Status in Khun Wang Area, Mae Wang District, Chiang Mai Province

โดย

นายณครินทร์ สบประสงค์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความรู้แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา)

พ.ศ. 2552

นครินทร์ สบประสงค์ 2552: สถานภาพการเสื่อมโทรมของดินในพื้นที่ขุนวาง อำเภอแม่วง จังหวัด เชียงใหม่ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ปฐพีวิทยา) สาขา ปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ ปริญญาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, Ph.D. 174 หน้า

การศึกษาสถานภาพการเสื่อมโทรมของดินในพื้นที่ขุนวาง ในดินทั้งหมด 16 บริเวณ โดยใช้การ เปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพของดินเพื่อใช้ประเมินการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินที่อาจบ่งชี้ถึง การเสื่อมโทรมของดินอันเนื่องมาจากการเปลี่ยนพื้นที่ป่าธรรมชาติมาใช้ในการเกษตร การศึกษาในสนาม และ การเก็บตัวอย่างดินเพื่อการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการทั้งหมดดำเนินการตามวิธีมาตรฐาน

ผลการศึกษา พบว่า ดินที่ทำการศึกษาอยู่ใน 4 กลุ่มดินย่อย ได้แก่ Typic Palehumults, Typic Haplohumults, Rhodic Paleudults และ Typic Paleudults ดินส่วนใหญ่มีอนุภาคขนาดทรายเป็นอนุภาคเด่น และ พบชั้นดินล่างวิจิตรอาร์จิลิกในทุกดิน ดินเหนียวมีปริมาณเพิ่มขึ้นตามความลึก ยกเว้นในบางดินที่มีปริมาณ ของดินเหนียวลดลงในตอนล่างของหน้าตัดดิน ดินทั้งหมดมีความหนาแน่นรวมต่ำในชั้นดินบน และมีค่าเพิ่มขึ้น ในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 0.95 ถึง 1.78 เมกะกรัมต่อกิโลกรัม เช่นเดียวกับสภาพน้ำของดินขณะอิ่มตัว (0.02-100.4 เซนติเมตรต่อชั่วโมง) โดยดินในป่าธรรมชาติเฉลี่ยแล้วมีทั้งสองค่าต่ำกว่าเล็กน้อย เช่นเดียวกับค่าพีเอชที่ต่ำกว่าพื้นที่เกษตรกรรมเล็กน้อย ดินทั้งหมดมีปฏิกิริยาเป็นกรด (พีเอช 4.1-6.0) ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าสูงมากใน ดินบนของพื้นที่ป่าธรรมชาติ (42-69 กรัมต่อกิโลกรัม) ในพื้นที่ที่ใช้ทำการเกษตรส่วนใหญ่จะมีปริมาณ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมากในดินบน โดยพบอยู่ในพิสัย 49-643 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ขณะที่ป่าธรรมชาติ และแปลงนาจะมีธาตุนี้สะสมอยู่น้อยกว่ามากอย่างชัดเจน ปริมาณ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ส่วนใหญ่มีค่าสูง ถึงสูงมากในดินบน อัตราร้อยละความอิ่มตัวของทุกชั้นดิน ในทุกดินมีค่าน้อยกว่าร้อยละ 35

ผลการประเมินสถานภาพการเสื่อมโทรมของดินในพื้นที่ พบว่า ดินเกิดการเสื่อมโทรมทางกายภาพ เพียงเล็กน้อย โดยพบว่า ดินบนพื้นที่เกษตรบางบริเวณมีความหนาแน่นรวมในดินบนสูงกว่าดินในพื้นที่ป่า ธรรมชาติเล็กน้อยซึ่งเกิดจากกิจกรรมระหว่าง การปลูกพืชและการปรับพื้นที่ระหว่างการทำนันทนาการ และเกิดการ กร่อนดินเล็กน้อยที่มีผลทำให้หน้าดินในบางดินที่ใช้ปลูกพืชมีความหนาน้อยกว่าพื้นที่ป่าธรรมชาติข้างเคียง จาก การประเมินคุณสมบัติสมบูรณ์ของดิน พบว่า การทำการเกษตรรูปแบบต่าง ๆ ส่วนใหญ่ไม่ทำให้ดินเสื่อมโทรม ลง เนื่องจากมีการอนุรักษ์และจัดการดินที่เหมาะสม แต่พบปัญหาการเสื่อมโทรมในลักษณะการดักค้ำของปุ๋ย ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในพื้นที่เกษตรกรรมเนื่องจากการใส่ปุ๋ยทั้ง 2 นี้มากเกินไปเกินความต้องการของพืชซึ่งอาจ ก่อให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารต่าง ๆ ในดินได้ ส่วนการเสื่อมโทรมทางชีวภาพนั้น พบว่า มีพื้นที่ เกษตรกรรมเพียงบางบริเวณเท่านั้นที่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินบนต่ำกว่าพื้นที่ป่าธรรมชาติ อย่างไรก็ตาม ได้มี การปรับปรุงวิธีการประเมินการเสื่อมโทรมของดินเพื่อให้มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

Nakarin Sobpresonk 2009: Soil Degradation Status in Khun Wang Area, Mae Wang District, Chiang Mai Province. Master of Science (Soil Science), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Mr. Somchai Anusontpornperm, Ph.D. 174 pages.

A study on degradation status of soils in Khun Wang area, Chiang Mai province was conducted on 16 areas by comparing their physical chemical and biological properties. It was aimed at assessing the changes in soil properties which might indicate degradation due to the conversion from native forests into agricultural areas. Field investigation and soil sampling for laboratory analysis were all based on standard procedures.

Results revealed that soils chosen were in four subgroups, namely Typic Palehumults, Typic Haplohumults, Rhodic Paleudults and Typic Paleudults. Sand particle dominated in most soils with the presence of argillic horizon in all soils. Clay content tended to increase with depth except for some soils that the clay content decreased in the lower part of their profiles. All soils had low bulk density in the topsoil layer and this value increased in the subsoils with the range of 0.95 to 1.78 Mg kg⁻¹. The trend of saturated hydraulic conductivity within soil profiles was similar to that of bulk density where soils under native forest mainly having lower values of both properties in the topsoil than that in soils used for crop practices. Soil pH in native forest areas was slightly lower than in areas used for agricultural production. All soils were acidic with pH ranging from 4.1-6.0. Soil organic matter content was very high in forest areas (42-70 g kg⁻¹) and in most areas under crop practices. Amounts of available P were extremely high in the topsoils of agricultural areas (49-643 mg kg⁻¹) comparing to the fairly low in forest lands and in paddy rice fields. Potassium availability in surface layers of most soils was similarly high. Base saturation percentage of all layers in all soils was lower than 35.

The result of soil degradation status assessment showed that bulk density and loss of top soil indicated by respective higher values and thinner layer of some soils used for growing crops compared to those under natural condition were indicative of soil physical degradation. Soil fertility assessment signified that agricultural use of soils rarely caused discernable soil degradation when compared to soils under native forests nearby. This could severally be attributed to farmers' suitable conservation and management practices in the areas. However, there was a slight concern over the over-use of P and K fertilizers that left high residual amounts of both plant nutrients, especially in soils under greenhouse. This may cause imbalance plant nutrient in the soils. Soil biological degradation was seldom found. There were just a very few areas in comparison to soils under native forest within the same area that seemed to have a decline in soil organic matter content. However, modification of the assessment was made to give more precise status of soil degradation.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก) ศาสตราจารย์ ดร. เอิบ เขียวรีนรมณ์ และ รองศาสตราจารย์ ดร. อัญชลี สุทธิประการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก) ที่กรุณาอบรมสั่งสอน ให้ความรู้ในการศึกษาเล่าเรียน ให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ ตลอดจนการตรวจวิทยานิพนธ์อย่างถี่ถ้วนตลอด

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ขงยุทธ โอสดสภา ผศ.อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และรศ.ดร.กมลุต สังขศิลา ที่ให้การศึกษาและวางรากฐานทางการวิจัยให้แก่ข้าพเจ้า และขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม อีกครั้งหนึ่ง ที่คอยช่วยเหลือข้าพเจ้าคนนี้แม้ตัวท่านเองจะเหนื่อยแค่ไหน

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการดีๆ พี่ชัยภัทร พี่เต๋ล พี่ตุ้ย พี่ตุ๋ พี่กานต์ และเพื่อนพี่น้องน้องพี่ ณ ภาควิชาปฐพีวิทยา ที่ให้ความช่วยเหลือและความอบอุ่นกับข้าพเจ้าอย่างดีมาโดยตลอด และขอบคุณ นางสาวพิชามณูช์ ประเสริฐทรัพย์ ที่คอยเติมกำลังใจให้อยู่เสมอ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณในความเมตตาและกรุณาของคุณพ่อสุขสวัสดิ์ และคุณครูวาสนา สบประสงค์ ที่ให้โอกาสทางการศึกษา สนับสนุนปัจจัยและให้ความรักความเป็นห่วงแก่ข้าพเจ้า ความสำเร็จในครั้งนี้เกิดขึ้นได้เพราะสิ่งดีๆ ที่ทุกคนมอบให้แก่ข้าพเจ้า ข้าพเจ้าขอขอบคุณจากใจจริง “ขอบคุณครับ”

นกรินทร์ สบประสงค์

เมษายน 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	25
ผลและวิจารณ์	30
สรุปและข้อเสนอแนะ	100
สรุป	100
ข้อเสนอแนะ	102
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	104
ภาคผนวก	116
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	174

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ระดับการเสื่อมโทรมจากการกร่อนโดยน้ำ	15
2	ระดับความเสื่อมโทรมจากการสะสมเกลือ	16
3	ระดับความเสื่อมโทรมจากการลดลงของธาตุอาหาร	16
4	การจำแนกดินตามระดับการเสื่อมโทรม	19
5	เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินสมบัติทางกายภาพ	20
6	สภาพโดยทั่วไปของบริเวณที่ทำการศึกษา	31
7	สถานีวิจัยสนามของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา	32
8	แสดงหน่วยจำแนกดินในระดับกลุ่มดินย่อยของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 16 บริเวณ	85
9	ผลการประเมินการเสื่อมโทรมทางกายภาพของดินภายใต้สภาพป่า	86
10	ผลการประเมินการเสื่อมโทรมทางกายภาพของดินภายใต้การทำการเกษตร	87
11	การประเมินชั้นการกร่อนดินที่มีตัวเร่ง	89
12	ผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน	91
13	ผลการประเมินการเสื่อมโทรมทางชีวภาพของดินภายใต้สภาพป่า	96
14	ผลการประเมินการเสื่อมโทรมทางชีวภาพของดินภายใต้การทำการเกษตร	96
15	เกณฑ์ประเมินความอุดมสมบูรณ์ในพืชล้มลุกถึงสูงมาก	97
16	ผลการประเมินความเสื่อมโทรมของดินที่ศึกษาทั้งหมด	98

ตารางผนวกที่

1	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินที่ทำการศึกษา	153
2	ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษา	159
3	การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน	167
4	ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน	168
5	เกณฑ์การแบ่งระดับปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้	171

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
6	เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดิน	171
7	ระดับชั้นของค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินอิ่มตัวด้วยน้ำ	172
8	วิธีคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการประเมินจากผลการวิเคราะห์ ดิน	172
9	เกณฑ์การประเมินการเสื่อมโทรมทางกายภาพของดิน	173
10	เกณฑ์การประเมินชั้นการกร่อนดิน (erosion class)	173
11	การจำแนกดินตามระดับการเสื่อมโทรมทางชีวภาพ	173

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แผนภูมิการแสดงชนิดและกระบวนการเสื่อมโทรม	6
2 แผนที่แสดงพื้นที่เสื่อมโทรมของที่ดินในประเทศไทย	7
3 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดของดินในบริเวณหน่วยย่อยขุนแมวก 1	44
4 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดของดินในบริเวณหน่วยย่อยขุนแมวก 2	45
5 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดของดินในบริเวณหน่วยย่อยโป่งลมแรง-ปากกล้วย	46
6 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดของดินในบริเวณพื้นที่หลักของศูนย์พัฒนา โครงการหลวงขุนาวาง	47
7 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดของดินในบริเวณหน่วยย่อยบ้านโป่งน้อย	48
8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวของดิน ภายใต้พื้นที่ป่าธรรมชาติ (ก), (ข) และ (ค) และพื้นที่เกษตรกรรม (ง) (จ) และ (ฉ) กับความลึก ของดินที่การศึกษา ตามลำดับ	59
9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นรวมของดินภายใต้พื้นที่ป่าธรรมชาติ (ก) และ พื้นที่เกษตรกรรม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	61
10 ค่าสภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวของดินในพื้นที่ป่าธรรมชาติกับความลึกของ ดินที่ทำการศึกษา	64
11 ค่าสภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวของดินที่ใช้ทำการเกษตรกับความลึกของดิน ที่ทำการศึกษา	64
12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชดินที่วัดในน้ำ และค่าพีเอชดินที่วัดในสารละลาย โพแทสเซียมคลอไรด์ 1 โมลาร์ ของดินในพื้นที่ป่าธรรมชาติ (ก) และ (ค) และดิน ในพื้นที่เกษตรกรรม (ข) และ (ง) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	66
13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินภายใต้สภาพป่า (ก) และพื้นที่ เกษตรกรรม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	68
14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนรวมในดินภายใต้สภาพป่า (ก) และพื้นที่ เกษตรกรรม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	70
15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินภายใต้สภาพป่า (ก) และ พื้นที่เกษตรกรรม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	71

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
16	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินภายใต้สภาพป่า (ก) และพื้นที่เกษตรกรรม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	73
17	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (ก) แมกนีเซียมที่สกัดได้ (ข) โซเดียมที่สกัดได้ และโพแทสเซียมที่สกัดได้ (ง) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษาภายใต้สภาพป่า	74
18	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (ก) แมกนีเซียมที่สกัดได้ (ข) โซเดียมที่สกัดได้ และโพแทสเซียมที่สกัดได้ (ง) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา ในพื้นที่เกษตรกรรม	75
19	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ในดินภายใต้สภาพป่า (ก) และพื้นที่เกษตรกรรม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	79
20	ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ในดินภายใต้สภาพป่า (ก) และพื้นที่เกษตรกรรม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	80
21	ความสัมพันธ์ระหว่างความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินภายใต้สภาพป่า (ก) และพื้นที่เกษตรกรรม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	81
22	ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความอิ่มตัวของดินภายใต้สภาพป่า (ก) และพื้นที่เกษตรกรรม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา	83

สถานภาพการเสื่อมโทรมของดินในพื้นที่ขุนวาง อำเภอแม่อาง จังหวัดเชียงใหม่

Soil Degradation Status in Khun Wang Area, Mae Wang District, Chiang Mai Province

คำนำ

การเสื่อมโทรมของดินมีแนวโน้มว่าจะเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะประเทศที่อยู่ในเขตร้อนของโลก การใช้ที่ดินที่ไม่เหมาะสมตามศักยภาพ โดยเกษตรกร การตัดไม้ทำลายป่า การทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ เกิน สมรรถนะของดิน และการใช้ที่ดินที่ไม่มีการอนุรักษ์ซึ่งเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้ดินเสื่อมโทรม พื้นที่หรือดินเสื่อมโทรมเป็นสาเหตุทำให้เกิดความไม่ยั่งยืนในการใช้พื้นที่ ปัจจุบันโลกมีพื้นที่ที่เกิดการเสื่อมโทรมอยู่ถึง 2 พันล้านเฮกตาร์ (Brady and Weil, 2008) และสำหรับประเทศไทยมีพื้นที่เสื่อมโทรมทั้งหมดร้อยละ 52.7 ของพื้นที่ประเทศ โดยเป็นพื้นที่เสื่อมโทรมระดับรุนแรง 35 ล้านไร่ หรือร้อยละ 11.18 ของพื้นที่ประเทศ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550) สาเหตุหลักของการเสื่อมโทรมของที่ดิน มาจากการกร่อนดิน การปล่อยโล่งของพื้นที่ป่าหรือทุ่งหญ้าที่ทำการเกษตร การชะละลาย การเผาไหม้เศษเหลือของพืชทำให้อินทรีย์วัตถุในดินลดลง การสะสมเกลือที่ละลายได้ และผลจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การทำอุตสาหกรรม ทำเหมือง การนำธาตุอาหารออกไปจากดินอย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการเพิ่มเติมทำให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง การใช้พื้นที่เพื่อเป็นแหล่งทิ้งขยะ (Logan, 1990)

การใช้พื้นที่ภายในศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง อำเภอแม่อาง จังหวัดเชียงใหม่ แรกเริ่มพื้นที่ป่าได้ถูกทำลายไปเพื่อการทำไร่เลื่อนลอย การแผ้วถางป่าเพื่อปลูกฝิ่น ข้าวไร่ โดยทิ้งพื้นที่เก่าไว้หมุนเวียนในการทำไร่ เมื่อจำนวนประชากรที่เข้ามาอาศัยอยู่ในพื้นที่เพิ่มขึ้น จึงมีการทำลายป่าเพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง เริ่มต้นดำเนินงานในปี พ.ศ. 2528 การใช้พื้นที่ภายในขุนวางทั้งหมดเป็นการเปลี่ยนพื้นที่ป่าเพื่อนำมาใช้ทำการเกษตร ซึ่งป่าที่ถูกทำลายนี้คุณสมบัติทางด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินจะเปลี่ยนแปลงไปในทางเสื่อมลง อินทรีย์วัตถุที่สะสมอยู่มากมายภายใต้สภาพป่าธรรมชาติจะสูญเสียไปอย่างรวดเร็วในช่วงปีแรก ทำให้ดินเสื่อมโทรมลงและทำให้ผลผลิตพืชลดลง เนื่องจากทรัพยากรดิน น้ำ ป่าไม้ ถูกนำมาใช้อย่างไม่เหมาะสมและขาดการอนุรักษ์ ทำให้เกิดการเสื่อมโทรมจนเกิดปัญหามากมาย ในปัจจุบันพื้นที่นี้เป็นแหล่งผลิตพืชเกษตรเมืองหนาวแหล่งใหญ่ และมีการใช้พื้นที่อย่างเข้มข้น จึงทำให้ต้องมีการใช้ปุ๋ยเคมีในปริมาณที่สูงมาก การศึกษาครั้งนี้จึงน่าจะเป็นประโยชน์ สำหรับใช้เป็นแนวทาง

แก้ปัญหาการเสื่อมโทรมของดิน ในการฟื้นฟูความอุดมสมบูรณ์ของดิน วางแผนการใช้ที่ดินเชิงอนุรักษ์เพื่อการใช้ประโยชน์ที่ดินให้ถูกต้องตามสมรรถนะที่ดิน และเป็นข้อมูลดินพื้นฐานสำหรับศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนาวงเพื่อใช้ในการอื่นต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาสถานภาพการเสื่อมโทรมของดินจากการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ป่าธรรมชาติมาใช้ในการเกษตรรูปแบบต่าง ๆ
2. เพื่อศึกษาข้อจำกัดทางดินที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบระหว่างรูปแบบการใช้ที่ดินที่มีระบบอนุรักษ์กับเกษตรกรรมที่ไม่มีมาตรการอนุรักษ์ดิน
3. เพื่อประยุกต์ข้อมูลสำหรับเป็นแนวทางในการฟื้นฟูการเสื่อมโทรมของดิน และเพื่อการวางแผนการจัดการเพื่อการใช้ที่ดินเชิงอนุรักษ์ และการใช้ประโยชน์อื่น ๆ ตามความเหมาะสม

การตรวจเอกสาร

1. นิยามและความหมายของการเสื่อมโทรมของดิน (Soil degradation)

การเสื่อมโทรมของดิน หมายถึง การเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินและเป็นกระบวนการในทางที่เสื่อมลง อาจเกิดจากการรบกวนสมดุลของสภาพแวดล้อมของดินโดยธรรมชาติ หรือมนุษย์ เช่น การเปลี่ยนแปลงของพืชพรรณ การเกิดธารน้ำแข็ง การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ส่วนใหญ่จะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ บางกรณีก็เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วและรุนแรง เช่น การเคลื่อนไหวของเปลือกโลก (tectonic) และภูเขาไฟระเบิด เป็นต้น โดยทั่วไปกิจกรรมของมนุษย์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วขึ้น ซึ่งจะรบกวนสมดุลระหว่างดินและสิ่งแวดล้อม และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงกระบวนการและสมบัติของดินอย่างรุนแรง ซึ่งในที่สุดก็จะทำให้ดินเสื่อมโทรมลง (Ballayan, 2000)

Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD) (Van, 1995) ได้ให้ความหมายของกระบวนการเสื่อมโทรมของดินไว้ว่า เป็นกระบวนการที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ทำให้ความเหมาะสมของดินต่ำลงในสภาพปัจจุบัน และ/หรือในอนาคต มีผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์อย่างไรก็ตาม ความหมายของการเสื่อมโทรมของดินนั้นค่อนข้างกว้างและมีการจัดจำแนกที่แตกต่างกันออกไปมากมาย

การเสื่อมโทรมของดิน ยังอาจจะหมายถึง ศักยภาพของดิน หรือคุณสมบัติตามความเป็นจริงลดน้อยลง และลดความสามารถที่แสดงออกในกลไกระบบนิเวศ หรือ คุณภาพของดินเสื่อมลงจนทำให้ผลิตภาพในการผลิตมวลชีวภาพ (biomass productivity) ลดลงและก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม (Lal *et al.*, 2002)

การเสื่อมโทรมของดิน อาจหมายถึง กลไกอย่างหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งชนิดที่มีผลต่อศักยภาพของระบบนิเวศดินได้รับความเสียหาย กลไกนี้เกี่ยวข้องกับผลผลิตมวลชีวภาพ กลไกเหล่านี้ ได้แก่ ธาตุอาหาร แห้งน้ำ การสนับสนุนให้รากพืชเจริญเติบโตได้ การกรองของเสีย การกักเก็บหรือการเปลี่ยนรูปของธาตุอาหาร น้ำ สารที่ก่อมลพิษ กระบวนการทางชีวภาพ และพันธุกรรม (Van *et al.*, 2004)

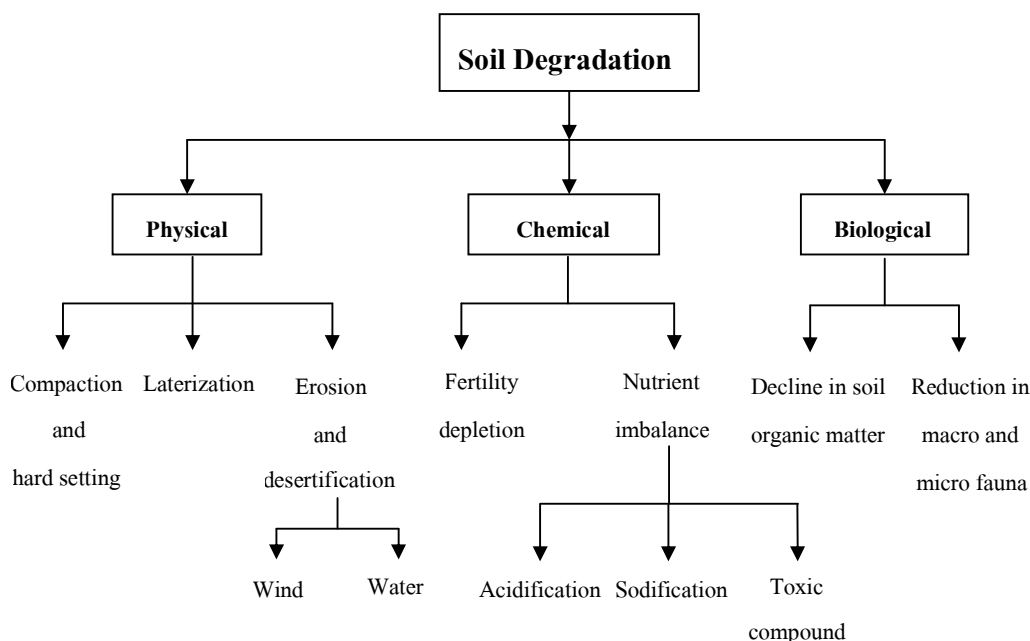
Barrow (1991) กล่าวว่า การเสื่อมโทรมของดินส่วนใหญ่จะหมายถึง การทำให้กลไกการผลิตทางการเกษตรของดินลดลง โดยทั่วไปแล้วเข้าใจว่าการเสื่อมโทรมของดินทำให้คุณภาพของดินเลวลง หรือไม่สมดุล หรือกลไกหน้าที่ในดินไม่ครบถ้วน สิ่งที่น่าสนใจแนวคิดนี้ก็คือ การเสื่อมโทรมของดินทำให้ผลิตภาพดิน (soil productivity) ลดลง เนื่องจากคุณภาพของดินเลวลง ซึ่งได้แก่ ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ความลึก โครงสร้างดิน การระบายและการกักเก็บน้ำ ความต้านทานการกร่อนดิน และความเป็นพิษจากธาตุบางตัวในดิน เป็นต้น

ดินเสื่อมโทรม (degraded soil) หมายถึง ดินที่ถูกใช้อย่างไม่ถูกต้องหรือไม่ตรงกับสมรรถนะที่ดิน (land capability) จนทำให้ดินนั้นเกิดการเสื่อมสภาพในลักษณะต่าง ๆ ภายในตัวดินเองอย่างรวดเร็ว และยังทำให้สภาพแวดล้อมในบริเวณนั้นเลวลง การแก้ไขให้คืนดีเหมือนเดิมทำได้ยากต้องเสียค่าใช้จ่ายและใช้เวลานานมาก รวมทั้งต้องใช้วิธีที่ยากซับซ้อน (สมเจตน์, 2522) หรือเป็นพื้นที่ที่เกิดการกร่อนดินอย่างรุนแรงจนไม่เหมาะสมที่จะใช้ทำการเกษตรอีกต่อไป โดยอาจเนื่องมาจากการใช้ที่ดินอย่างผิดวิธีจนเกิดการกร่อนดินอย่างรุนแรง ทำให้หน้าดินถูกพัดพาและหายไปจนเกือบหมดจนถึงชั้นลูกรัง (กรมพัฒนาที่ดิน, 2530) การเสื่อมโทรมของดินที่ใช้สำหรับการทำการเกษตรมักพบในพื้นที่ที่เป็นดินที่มีคุณภาพต่ำมาก ซึ่งดินเหล่านี้มักใช้ทำการเกษตรไม่ค่อยได้ผลแต่ถ้าได้ผลก็ได้ผลผลิตต่ำ โดยทั่วไปพื้นที่เหล่านี้มักมีปริมาณฝนที่ไม่แน่นอน ทำให้ได้ผลผลิตต่ำกว่าพื้นที่ที่มีปริมาณฝนหรือน้ำเพียงพอ (Pike, 1984)

ดินเสื่อมโทรม คือ ดินที่มีสภาพแปรเปลี่ยนไปจากเดิม และอยู่ในสภาพที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการผลิตทางการเกษตร เนื่องจากสมบัติต่าง ๆ ของดินไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชอีกต่อไป เช่น สมบัติทางด้านเคมีของดิน ดินมีสภาพเป็นกรดจัดหรือเค็มจัด ดินไม่มีแร่ธาตุอาหาร ปัญหาด้านกายภาพของดิน ได้แก่ ดินสูญเสีย โครงสร้างทำให้เกิดการอัดตัวแน่น และอยู่ในสภาวะไม่สมดุล กิจกรรมของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์เกิดลดลง ซึ่งปัญหาเหล่านี้ล้วนเป็นอุปสรรคและเป็นข้อจำกัดที่ส่งผลให้ผลิตภาพของดินเพื่อการเกษตรอยู่ในระดับต่ำ (สัมฤทธิ์, 2536)

Lal *et al.*, 1990 ได้กล่าวถึงชนิดและกระบวนการเสื่อมโทรมของดินไว้ดังแสดงไว้ในภาพที่ 1 ดังนั้น การเสื่อมโทรมทางกายภาพเกิดจากกระบวนการหลัก คือ การอัดตัวแน่นของดิน (compaction) และการทรุดตัวของดินเมื่ออยู่ในสภาพเปียกและกลายเป็นชั้นแน่นทึบ (hard setting) การเกิดชั้นสีลาแลง (laterization) ที่เป็นข้อจำกัดต่อการซึมน้ำหรือหยั่งรากของพืช การกร่อนดินและการเกิดทะเลทราย (erosion and desertification) การเสื่อมโทรมทางเคมี ประกอบด้วย การลดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (fertility depletion) และความไม่สมดุลของธาตุอาหาร (elemental

imbalance) ซึ่งก็คือ การเกิดสภาพกรดของดิน (acidification) การสะสมโซเดียมในดิน (sodification) และการสะสมมีธาตุที่เป็นพิษในดิน (toxic compound) เช่น อะลูมิเนียม เหล็ก หรือ โลหะหนัก การเสื่อมโทรมทางชีวภาพ มีกระบวนการหลัก คือ การลดลงของปริมาณอินทรีย์วัตถุ (decline in soil organic matter) และสิ่งมีชีวิตในดิน (reduction in macro and micro fauna)



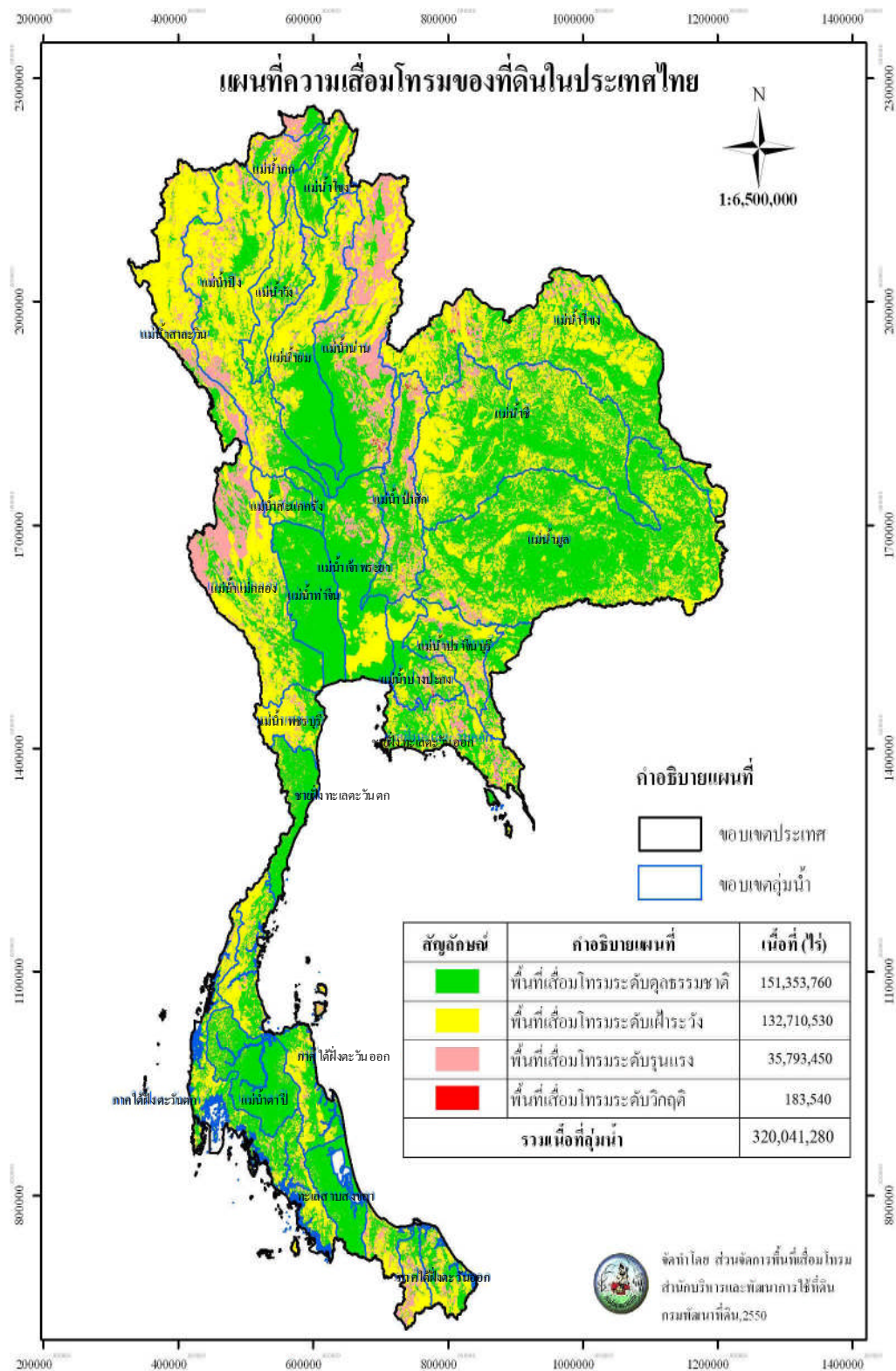
ภาพที่ 1 แผนภูมิการแสดงชนิดและกระบวนการเสื่อมโทรม

ที่มา: Lal *et al.* (1990)

2. พื้นที่เสื่อมโทรมในประเทศไทย

กรมพัฒนาที่ดิน (2550) ทำการประเมินพื้นที่เสื่อมโทรม (ภาพที่ 2) โดยใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ 3 กลุ่มปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดความเสี่ยงเสื่อมโทรม ซึ่งประกอบด้วย

1) ปัจจัยภายใน เป็นลักษณะและสมบัติของตัวดินเอง ได้แก่ พื้นที่ดินที่มีปัญหาทางการเกษตร พื้นที่ดินดาน และผลผลิตทางดินทางการเกษตร



ภาพที่ 2 แผนที่แสดงพื้นที่เสื่อมโทรมของที่ดินในประเทศไทย (กรมพัฒนาที่ดิน, 2550)

2) ปัจจัยสนับสนุน ได้แก่ การกร่อนดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน และความหนาแน่นของประชากร

3) ปัจจัยเฉพาะพื้นที่ ได้แก่ พื้นที่เสี่ยงภัยแล้งซ้ำซาก พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมซ้ำซาก และพื้นที่เสี่ยงภัยดินถล่ม

โดยจัดแบ่งสถานภาพชั้นความรุนแรงความเสี่ยงโทรมของที่ดิน ออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่

1) พื้นที่เสื่อมโทรมระดับคุณธรรมชาติ เป็นพื้นที่ที่มีศักยภาพ ในการ ทำการเกษตรและให้ ผลตอบแทนที่คุ้มกับต้นทุน ในสภาพพื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยกว่าร้อยละ 35 ควรใช้ที่ดินเพื่อการ ผลิตตามหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงจะทำให้เกิดความยั่งยืน ส่วนพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า ร้อยละ 35 หรือเป็นพื้นที่ป่า ควรรักษาไว้เป็นพื้นที่ต้นน้ำ

2) พื้นที่เสื่อมโทรมระดับเผ่าละวัง เป็นพื้นที่ที่สามารถพัฒนาการใช้ที่ดินรูปแบบต่าง ๆ ใน การผลิตเพื่อการแข่งขันซึ่งให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจคุ้มค่าต่อการลงทุนในสภาพพื้นที่ที่มีความ ลาดชันน้อยกว่าร้อยละ 35 แต่เมื่อใช้ไปเป็นระยะเวลานานโดยขาดการฟื้นฟูและปรับปรุงอาจทำให้ ระบบนิเวศถูกทำลาย สูญเสียความหลากหลายทางชีวภาพ และเกิดปัญหา สิ่งแวดล้อมในอนาคต แต่ สำหรับพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 35 หรือเป็นพื้นที่ป่าจะต้องมีมาตรการป้องกัน และ ฟื้นฟูให้กลับคืนสู่สภาพธรรมชาติโดยเร็ว

3) พื้นที่เสื่อมโทรมระดับรุนแรง จัดเป็นพื้นที่ที่สามารถใช้ประโยชน์ที่ดินได้เฉพาะอย่าง และต้องมีมาตรการควบคุมการใช้ที่ดินเป็นพิเศษ ซึ่งอาจจะให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ ไม่คุ้มค่า ต่อการลงทุน และส่งผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม จึงควร สงวนรักษาพื้นที่ไว้ในกิจกรรมเพื่อ การปลูกป่า

4) พื้นที่เสื่อมโทรมระดับวิกฤติ จัดเป็นพื้นที่ที่ไม่เหมาะสมต่อการนำมาใช้ประโยชน์ เพราะส่งผลกระทบที่รุนแรงทั้งด้านสภาพแวดล้อม ชีวิต และทรัพย์สินของประชาชนที่อาศัยอยู่ใน พื้นที่ดังกล่าว ควรปล่อยพื้นที่ทิ้งไว้เพื่อการฟื้นคืนสภาพตามธรรมชาติ

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเสื่อมโทรมของดิน

Cristiane *et al.* (2008) ได้ศึกษาคุณภาพของดินทางชีวภาพซึ่งสามารถใช้สำหรับประเมินพื้นที่เสื่อมโทรมได้ ในที่นี้ใช้ปริมาณสัตว์ในดิน (soils fauna) เป็นดัชนีชี้วัดโดยการ สกัดอนุภาคดิน เหนียวจากดินที่มีการปลูกป่าใหม่ ซึ่งได้แก่ *Acacia mangium* และ *Eucalyptus cmaldulensis* ทั้งที่ปลูกชนิดเดียว และปลูกผสมกัน ผลที่ได้จากการศึกษาชนิดของพืชพรรณที่ปกคลุมไม่เพียงแต่จะทำให้มีประชากรของจุลินทรีย์อยู่อย่างหนาแน่นแล้ว ยังช่วยเพิ่มความหลากหลายทางชีวภาพด้วย โดยตัวอย่างที่เก็บจากดินที่ปลูกอะคาเซียร่วมกับยูคาลิปตัส มีการกระจายและความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตดีที่สุดในที่ปลูกพืชชนิดเดียว และดีกว่าในพื้นที่เสื่อมโทรมที่ไม่มีการปลูกพืช

Theocharopoulos (2008) ศึกษาสถานะการเสื่อมโทรมของดินในกรีซซึ่งอยู่ในเขตเมดิเตอร์เรเนียนซึ่งบริเวณนี้พื้นที่มีลักษณะแห้งแล้งลักษณะคล้ายทะเลทรายที่ได้รับอิทธิพลจากการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศที่รุนแรง และจากการที่มนุษย์เร่งให้พื้นที่เสื่อมโทรมมากขึ้น การเสื่อมโทรมทางเคมี และชีวภาพที่เป็นกระบวนการเสื่อมโทรมของที่ดินในกรีซ คือ การกร่อนดินโดยลมและน้ำ อินทรีย์วัตถุในดินลดลง การเกิดการสะสมธาตุอัลคาไลน์ (alkalinization) การเกิดการสะสมเกลือ (salinization) ความอุดมสมบูรณ์ลดลง ดินอัดตัวแน่น การเกิดแผ่นแข็งที่ผิวดิน (crusting) การเกิดสภาพกรด (acidification) การชะละลาย มลพิษและการปนเปื้อนในดิน น้ำท่วม แผ่นดินเลื่อน การลดการซึมได้ที่ผิวดิน (sealing) การเสื่อมโทรมเหล่านี้เกิดจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน การเกิดไฟป่า ทำให้พื้นที่ที่เต็มไปด้วยหญ้า การปลูกพืชชนิดเดียวอย่างเข้มข้น ซึ่งทำให้ความหลากหลายทางชีวภาพลดลง และเร่งให้เกิดกระบวนการที่ทำให้ดินและน้ำเสื่อมโทรม

Abdelhakim and Tahar (2008) พบว่า การลดลงของคาร์บอนอินทรีย์ในดิน จากกระบวนการต่าง ๆ เป็นสาเหตุให้ความเสถียรของเม็ดดินลดลง และส่งเสริมให้เกิดการกร่อนดินได้ง่ายขึ้น และทำการทดลองในประเทศตูนิเซีย โดยการเขตรกรรมที่มีใส่อินทรีย์วัตถุเพื่อให้เกิดกระบวนการปลดปล่อยธาตุอาหาร (mineralization) และปรับปรุงให้ดินเนื้อทรายเกิดการจับตัวกัน มีพื้นที่ศึกษาทั้งหมด 7 บริเวณ ที่มีชั้นดินแตกต่างกันคือ A หรือ Ap ในบริเวณตอนกลางและตอนบนของตูนิเซีย ทำการวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุดังนี้เพื่อดังนี้ อินทรีย์คาร์บอนทั้งหมด (TOC) ขนาดของอินทรีย์คาร์บอน (COP) การสกัดโพลีแซคคาไรด์ด้วยน้ำร้อน (HWEP) และสารฮิวมิก (HC) ผลจากการศึกษาคือ ดินที่ทำการเกษตรมีคาร์บอนอินทรีย์ในดิน (SOC) และสัดส่วน (COP และ HWEP) HC น้อย ซึ่งตัวอย่างทั้งหมดมีค่าความเสถียรของดินเมื่อแห้ง (MWD_D) อยู่ในพิสัย

$2.71 < MWD_b < 4.19$ มิลลิเมตรดินที่ทำการเกษตรส่วนใหญ่มีค่า $MWD_b < 1$ มิลลิเมตร ความสัมพันธ์ของอินทรีย์คาร์บอนกับความเสถียรของเม็ดดินเมื่อแห้งไม่แตกต่างกันทางสถิติ ผลการศึกษาดินทั้งหมด พบว่า เม็ดดินมีความเสถียรเมื่อแห้งและด้านทานต่อการกร่อนดิน โดยลม แต่ความเสถียรของเม็ดดินเมื่อเปียกต่อการกร่อนดิน โดยน้ำส่วนใหญ่มีผลมาจากคุณภาพและปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน และการเพิ่มคาร์บอนอินทรีย์ในดินช่วยลดการกร่อนดินโดยน้ำได้แต่ไม่ช่วยลดการกร่อนดินโดยลม

Syed (2008) กล่าวว่าพื้นที่เสื่อมโทรมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของการเกษตรและผลผลิตทางการเกษตรทำให้เกิดความไม่ยั่งยืนในการใช้พื้นที่ของหลาย ๆ ประเทศโดยเฉพาะประเทศที่กำลังพัฒนา ในประเทศบังกลาเทศซึ่งมีความหนาแน่นประชากรสูง (800 คน/ตร.กม.) ทำให้พื้นที่ทำกินไม่พอต่อการครอบครองจึงต้องมีการทำการเกษตรอย่างเข้มข้นเพื่อเพิ่มการผลิตภาคเกษตรกรรม ทำให้การกร่อนดินในพื้นที่เกษตรกรรมของประเทศเกิดมากถึงร้อยละ 25 โดยเฉพาะพื้นที่บริเวณภูเขาที่ใช้ทำการเกษตร และการเสื่อมโทรมจากดินเค็ม การเกิดมลพิษในดิน ชั้นดานแผ่นดินเลื่อน การเกิดสภาพกรด ซึ่งส่วนใหญ่เป็นดินกรดกำมะถัน (acid sulphate soils) ความอุดมสมบูรณ์และปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลง ส่วนใหญ่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำกว่า 17 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งทำให้ผลผลิตทางการเกษตรลดลง (Ali, 1997) คาร์บอนอินทรีย์ และไนโตรเจนทั้งหมดก็ลดลงจากการใช้พื้นที่อย่างเข้มข้น

Gerold (2008) ทำการศึกษาในประเทศอินโดนีเซียเรื่องการเปลี่ยนพื้นที่ป่าธรรมชาติมาใช้ทำการเกษตรที่มีการปลูกพืชตามฤดู ปลูกโกโก้ในป่าธรรมชาติและป่าทุติยภูมิเป็นเวลา 15-20 ปี ในพื้นที่สูงกว่าระดับทะเลปานกลาง 900 เมตร พบว่า น้ำไหลจากป่าลงสู่แม่น้ำเร็วขึ้นร้อยละ 60 ทำให้พื้นที่ลุ่มตอนล่างเสี่ยงต่อการเกิดอุทกภัย พื้นที่ที่มีการตัดไม้แล้วเผาเพื่อปลูกข้าวโพด ต้องได้รับการอนุรักษ์มากกว่าร้อยละ 80 สภาพหน้าดินอึดตัวระหว่างดินสภาพป่ากับเกษตรกรรมแบบเข้มข้นและไม่เข้มข้นที่ปลูกพืชตามฤดู คือ ข้าวโพด ถั่วลิสง และโกโก้ 15 ปี มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยดินภายใต้การทำการเกษตรอย่างเข้มข้นน้ำจะไหลบ่าไปตามหน้าดินมากกว่าซึมลงตามแนวตั้ง การตัดไม้แล้วเผาจะสูญเสียธาตุอาหารในดินเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับป่าธรรมชาติ และการตัดไม้แล้วเผาเพื่อปลูกข้าวโพด ทำให้เกิดการกร่อนดินเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับป่าธรรมชาติ

Iraj (2008) กล่าวว่า ในประเทศอิหร่านกระบวนการเสื่อมโทรมของดินที่เกิดจากมนุษย์ มีผลกระทบอย่างมากต่อทรัพยากรธรรมชาติ โดยเฉพาะการตัดไม้ทำลายป่า การเกษตรกรรมอย่างเข้มข้น การใช้พื้นที่เพื่อปลูกหญ้าจนเกินสมรรถนะที่ดิน ทำให้ผลิตภาพของดินลดลง

Ahmady (2008) ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของดินป่าที่มีการใช้ที่ดินในภาคเหนือของประเทศอิหร่าน ซึ่งดินที่ทำการศึกษามีความสูงคือ 500, 500-1,000 และมากกว่า 1,000 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง ตัวอย่างที่ทำการศึกษาทั้งหมดนี้อยู่ปลายความลาดชัน (skirt slope) และมีหินที่เป็นวัตถุต้นกำเนิดเดียวกัน เก็บดินแต่ละละบริเวณตามชั้นความสูงจำนวน 6 จุด โดย 3 จุดเก็บในบริเวณป่าธรรมชาติ และอีก 3 จุดที่เหลือเก็บจากพื้นที่ป่าธรรมชาติที่ถูกการรบกวนโดยการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงของเนื้อดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และค่าพีเอชดิน เมื่อนำพื้นที่ป่ามาใช้ในการเกษตร ดินที่มีปฏิกิริยาเป็นกรดจะเปลี่ยนเป็นด่างมากขึ้น เนื้อดินจะเปลี่ยนจากดินร่วน (loam) และดินร่วนเหนียว (clay loam) เป็นดินเหนียว (clay) ร้อยละของอินทรีย์วัตถุจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับในป่าธรรมชาติ

Topark-ngarm *et al.* (2008) พบว่า สมบัติของดินที่ได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่ที่มีความลาดชันร้อยละ 3.5-4.0 (upper slope, US), 3.0-3.5 (mid slope, MS) และ 2.5-3.0 (lower slope, LS) ที่ใช้ปลูกอ้อย และพืชต่างชนิดกันเป็นเวลา 4 ปี ผลการศึกษา ไม่พบความแตกต่างกันของสมบัติต่าง ๆ ในแต่ละระดับความลาดชัน มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ในโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนเพิ่มขึ้น และความหนาแน่นรวมของดินค่อนข้างลดลง แต่ค่าสภาพน้ำของดินขณะอิ่มตัวเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในพื้นที่ตอนบน และตอนกลางของความลาดชันที่มีการปลูกพืช

Ozdemir *et al.* (2008) ทำการศึกษาโดยใช้เศษอินทรีย์วัตถุที่เป็นของแข็งอื่น ๆ เช่น bio-solid และเศษอินทรีย์วัตถุจากชา เพื่อลดการกร่อนดินและพบว่า bio-solid จะช่วยลดการกร่อนดินได้ดีกว่าอินทรีย์วัตถุจากชา

4. ผลของอินทรีย์วัตถุภายใต้พื้นที่ป่าต่อการเสื่อมโทรมของดิน

การศึกษากการเปลี่ยนแปลงของดินภายใต้สภาพป่าเบญจพรรณภายหลังจากการที่มีการตัดไม้แล้วปล่อยพื้นที่ให้รกร้างโดยไม่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินมาเป็นระยะเวลากว่า 10 ปี ในบริเวณลุ่มน้ำลั่นถิ่น อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี พบว่า ดินไม่เกิดการเสื่อมโทรมลงแต่อย่างใด ซึ่งสังเกตได้จาก

การที่ดินมีหน้าดินลึก และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสะสมอยู่ในระดับที่สูงมาก ส่วนใหญ่สูงกว่า 30 กรัมต่อกิโลกรัม และมีการแจกกระจายลงไปในระดับลึก (Anusontpornperm and Kheoruenromne, 1996; Anusontpornperm *et al.*, 2004)

Brady and Weil (2008) กล่าวว่า การเผาซากอินทรีย์ในดินที่อุดม ภูมิสูงมาก (มากกว่า 125 องศาเซลเซียส) จะทำให้เกิดแก๊ส และสารประกอบไฮโดรคาร์บอนเคลื่อนที่ลงสู่ดิน และไปสู่ส่วนที่เป็นของแข็งบนผิวหน้าของดินที่เย็นกว่า และไปอยู่รอบ ๆ ช่องว่าง เป็นสาเหตุทำให้ดินลดการซึมซับน้ำ โดยเฉพาะในดินทราย หรือในสภาพพื้นที่ที่มีความลาดชัน อาจทำให้เกิดโคลนถล่มได้ ซึ่งพบเมื่อดินชั้นบนอิ่มตัวด้วยน้ำขณะที่มีฝนตก แต่ในการเผาดิน นอกจากจะทำให้เมล็ดพันธุ์ไม่งอกแล้วยังทำให้วัชพืชไม่ขึ้นอีกด้วย

ในพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้ใหม่ใหม่ทำให้มีการลดลงของสภาพกรดที่แลกเปลี่ยนได้ทั้งหมด (total exchangeable acidity) ร้อยละ 85 ปริมาณอินทรีย์วัตถุร้อยละ 86 ปริมาณไนโตรเจนรวมร้อยละ 75 ปริมาณแอมโมเนียม (NH_4^+) ร้อยละ 44 ปริมาณไนไตรต์ (NO_2^-) ร้อยละ 42 ปริมาณฟอสเฟตรวม (total phosphate) ร้อยละ 66 และธาตุที่แลกเปลี่ยนได้ เช่น โซเดียมลดลงร้อยละ 42 แคลเซียมร้อยละ 83 แมกนีเซียมร้อยละ 41 แมงกานีสร้อยละ 14 เหล็กร้อยละ 12 และสังกะสีร้อยละ 4 ส่วนในพื้นที่ที่ถูกไฟไหม้เป็นเวลานานแล้วปรากฏว่าอินทรีย์วัตถุของดินที่ระดับความลึก 0–5 เซนติเมตร มีปริมาณลดลงร้อยละ 14 และดินที่ระดับความลึก 5–10 เซนติเมตรลดลงร้อยละ 17 และยังทำให้ปริมาณไนโตรเจนรวมของดินลดลงอีกด้วย เนื่องจากอินทรีย์วัตถุของดินลดลง และไนโตรเจนจะสูญเสียจากกระบวนการระเหิด (volatilization) ไปสู่บรรยากาศในระหว่างที่เกิดไฟไหม้ (Raison *et al.*, 1985a, 1990; Binkley *et al.*, 1992; อ้างโดย Marafa and Chau 1999) ส่วนปริมาณแอมโมเนียมและไนเตรดจะเพิ่มขึ้นในพื้นที่ที่ไม่ถูกไฟไหม้เป็นเวลานานแล้ว เพราะดินมีการสะสมอินทรีย์วัตถุซึ่งถูกเปลี่ยนเป็นแอมโมเนียมและไนเตรดได้ และปริมาณฟอสฟอรัสรวมมีปริมาณมาก โดยที่ในดินที่เป็นกรด ฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปสารประกอบเชิงซ้อนของอะลูมิเนียม เหล็ก และแมงกานีส (Tan, 1993; อ้างโดย Marafa and Chau, 1999)

Luizao *et al.* (1999) พบว่า พืชที่งอกขึ้นหลังจากมีการแผ้วถางและเผาป่าแล้ว ในระยะเวลา 5 ปี ค่ามวลชีวภาพยังคงมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ภายหลังจากนั้นค่านี้จะลดลง กระบวนการปลดปล่อยธาตุอาหาร (mineralization) เกิดในอัตราที่ต่ำ ค่าไนโตรเจนจะเริ่มลดลงและสังเกตได้ชัดเจนในปีที่ 8 ดังนั้นระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการทำพืชรู้นใหม่จึงไม่เกิน 5 ปี ซึ่งจะเห็นว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจนในดินมีความสัมพันธ์กับอินทรีย์วัตถุในดินด้วยเพราะอินทรีย์วัตถุ

ในดินเป็นแหล่งให้ธาตุไนโตรเจนทั้งหมดในดิน (Leslie, 2002; Piatek and Allen, 1999; Nathan, 1995; ประพิศ และคณะ, 2529)

Arocena and Lousier (2000) ศึกษาถึงผลของการเคลื่อนย้ายเศษซากพืชต่อแคตไอออนในสารละลายดิน พบว่า อะลูมิเนียม แคลเซียม แมกนีเซียม และ โพแทสเซียม ไอออนในสารละลายดินมีค่าสูงที่สุดในด้านการทดลองที่มีเศษซากพืชปกคลุมในสภาพป่า และพบว่าดิน ไม่มีการอัดตัวแน่น (compaction) และยังพบว่า การนำเศษซากพืชออกจากพื้นที่ป่าทำให้ดินมีการสะสมของแคตไอออนลดลง

Wu *et al.* (1998) กล่าวว่า การใช้ที่ดินเพื่อทำการเกษตรที่มีการใส่สารอินทรีย์กลับคืนอย่างต่อเนื่องและมีการรบกวนดินน้อย ช่วยเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้แก่ดินได้ เช่น ระบบท่งหญ้า และการปลูกพืชไร่สลับท่งหญ้าซึ่งจะช่วยทำให้มีการสะสมอินทรีย์วัตถุสูงกว่าการปลูกพืชไร่อย่างต่อเนื่อง และจากการศึกษาของ สุวลักษณ์ (2537) ซึ่งพบว่า ภายหลังจากการปลูกท่งหญ้ามาเป็นระยะเวลาหนึ่งดินจะมีระดับความอุดมสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับดินที่ใช้ปลูกพืชไร่อย่างต่อเนื่อง คือ ดินที่ปลูกหญ้ามีอินทรีย์วัตถุมากกว่าดินปลูกพืชไร่ และอินทรีย์วัตถุในดินปลูกหญ้าจะเพิ่มมากยิ่งขึ้นเมื่อมีการปลูกถั่วผสมหญ้า

สมญา และคณะ (2547) พบว่า ดินในพื้นที่ป่าไม้ดั้งเดิม และดินจากการใช้พื้นที่ป่าเพื่อทำนา ปลูกอ้อย และปลูกมันสำปะหลัง มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงระดับอินทรีย์วัตถุในดินที่เป็นองค์รวม คือคาร์บอนอินทรีย์และไนโตรเจนทั้งหมด อินทรีย์วัตถุส่วนต่าง ๆ (มวลชีวภาพจุลินทรีย์และกรดฮิวมิก) และเศษซากอินทรีย์ โดยป่าไม้มีปริมาณมากที่สุด รองลงมาได้แก่ นาและอ้อย ส่วนมันสำปะหลังมีปริมาณต่ำที่สุด

สมญา (2545) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงส่วนต่าง ๆ ของอินทรีย์วัตถุในดินที่มีการใช้ที่ดินต่างกันซึ่งเป็นดินทราย พบบนพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่า การใช้ที่ดินและการจัดการดินมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์วัตถุในดิน โดยดินป่าไม้มีค่าคาร์บอนอินทรีย์ 5.5 กรัมต่อกิโลกรัม มวลชีวภาพจุลินทรีย์คาร์บอน 116.14 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมากกว่าดินในพื้นที่เกษตรกรรม

องอาจ (2534) กล่าวว่า การสูญเสียอินทรีย์วัตถุในดินไร่เป็นไปอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะในเขตร้อนชื้น ทำให้ดินเสื่อมโทรมและผลผลิตของพืชลดลง ดังนั้นการสูญเสียอินทรีย์วัตถุไปจากดิน

ย่อมส่งผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินเปลี่ยนไปด้วย ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อระดับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินได้แก่ ปัจจัยด้านพืชพรรณ ภูมิอากาศ สมบัติของดิน เป็นต้น นอกจากนี้อัตราการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุก็มีผลต่อการเพิ่มธาตุอาหารพืชให้กับดินอีกด้วย

5. ลักษณะของดินในพื้นที่ป่าดิบเขา

ประทุม (2516) พบว่า การแผ้วถางทำลายป่าไม้ มีผลทำให้ดินเสื่อมคุณสมบัติทางกายภาพมากกว่าทางเคมี กล่าวคือ ความหยาบและความละเอียดของดินเดิมซึ่งเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีแนวโน้มที่จะเสื่อมลงโดยดินมีเนื้อหยาบมากขึ้น จนเปลี่ยนเป็นดินร่วนปนทราย ปริมาณกรดทั้งหมดในชั้นหน้าตัดของดินเพิ่มขึ้น ค่าความหนาแน่นรวม และค่าความหนาแน่นของส่วนที่เป็นของแข็งสูงขึ้น เนื่องจากการเกิดความแน่นทึบของดิน การที่เมล็ดดินถูกทำลาย และการกระทำร่วมกันของกระบวนการกร่อนดินและการชะละลาย ทางด้านเคมีการแผ้วถางป่าทำให้ค่าพีเอชของดินมีแนวโน้มสูงขึ้นในปีแรก และค่อย ๆ ลดลงจนถึงปีที่ 7 ค่าพีเอชจะสูงขึ้นเท่าระดับเดิม และกลับลดลงอีกเมื่อทิ้งไว้หลาย ๆ ปี และค่าพีเอชของดินในระยะหลังจะมีค่าสูงกว่าในป่าดิบเขา ส่วนปริมาณธาตุฟอสฟอรัส และธาตุโพแทสเซียมมีแนวโน้มที่จะเป็นประโยชน์ได้มากขึ้น โดยเฉพาะธาตุโพแทสเซียมแสดงผลของความแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด

วีระศักดิ์ (2524) พบว่า การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่ามาเป็นพื้นที่เกษตร ปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลงในทุกชั้นดิน ความหนาแน่นของดินเพิ่มขึ้นจากเดิม แต่ลักษณะของเนื้อดินไม่เปลี่ยนแปลง ปริมาณช่องว่างในดินทั้งหมดลดลง และป่าซึ่งผ่านการทำไร่เลื่อนลอยมาแล้ว โครงสร้างของดินจะเปลี่ยนไป ความสามารถในการเก็บน้ำและระบายน้ำลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในดินชั้นบน

วีระศักดิ์ และคณะ (2526) และ Chankao *et al.* (1974) พบว่า เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพป่าดิบเขาเป็นไร่เลื่อนลอย มีผลทำให้ปริมาณช่องว่างทั้งหมดในดินลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่องว่างขนาดใหญ่เปลี่ยนเป็นช่องว่างขนาดเล็กกว่า โดยเห็นได้อย่างชัดเจนในดินชั้นบน ซึ่งมีปริมาณช่องว่างขนาดใหญ่มากกว่าดินชั้นล่าง

พรเทพ (2541) ได้ทำการศึกษาลักษณะของดินที่สูงบริเวณลุ่มน้ำแม่แดง จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 1,000-1,600 เมตร ภายใต้นสภาพป่าดิบเขาและป่าสน พบว่าดินเกิดจากวัสดุตกค้างของหินแกรนิต เป็นดินลึกลับปานกลางถึงลึกมาก มีการพัฒนาการสูง เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทรายถึงดินร่วน คุณสมบัติทางกายภาพของดินค่อนข้างดี แต่ความอุดม

สมบูรณ์ของดินค่อนข้างต่ำ แร่ดินเหนียวที่พบมากเป็นแร่เคโอลิไนต์ เป็นดินจัดอยู่ในกลุ่มดิน Hapludults ซึ่งตรงกันกับข้อมูลจากการศึกษาของ กองวางแผนการใช้ที่ดินและกองสำรวจดิน (2537) ในพื้นที่สูงของจังหวัดเชียงใหม่ พบว่ากลุ่มดินที่พบมาก ได้แก่ Hapludults, Kandudults, Paleudalfs และ Paleudult ที่เกิดจากวัสดุตกค้างและตะกอนคาคเซิงเขาของหินแกรนิต หินทราย หินดินดาน และหินปูน (นิวัติ, 2546)

วีระศักดิ์ (2526) พบว่า ผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลของดินป่าดิบเขาที่มีปริมาณช่องว่างทั้งหมดในแต่ละความหนาของชั้นดิน (A , B_1 , B_2 และ B_3) ประมาณร้อยละ 0.64, 0.59, 0.54 และ 0.49 ของปริมาตรดินตามลำดับ เมื่อการทำไร่เลื่อนลอยมีผลทำให้ช่องว่างลดลงเหลือร้อยละ 0.57, 0.54, 0.49 และ 0.44 ตามลำดับ และการทำไร่เลื่อนลอยทำให้ความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มขึ้น

จรุง (2510) ศึกษาถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ 3 ลักษณะ คือ พื้นที่ไร่ร้าง พื้นที่ไร่ปัจจุบัน และพื้นที่ป่าธรรมชาติซึ่งเป็นป่าดิบเขา โดยเลือกพื้นที่ที่มีความลาดชันใกล้เคียงกัน มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางใกล้เคียงกัน พบว่า ปริมาณอินทรีย์วัตถุ และไนโตรเจนในป่าธรรมชาติมีมากที่สุด การไถพรวนทำให้แคลเซียมและฟอสฟอรัสจากใต้ดินขึ้นมาอยู่ที่ผิวดินมากขึ้น ปริมาณของแคลเซียมที่มีมากในดินมีแนวโน้มทำให้ความเป็นกรดของดินน้อยลง

6. เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินการเสื่อมโทรมของดิน

ซึ่งใช้การประเมินจากระดับความเสื่อมโทรมของดินที่เกิดจากการกร่อนดินโดยน้ำ (ตารางที่ 1) การสะสมเกลือ (ตารางที่ 2) และการลดลงของธาตุอาหารพืช (ตารางที่ 3) ตามเกณฑ์ของ Oldeman (1988) ดังนี้

ตารางที่ 1 ระดับการเสื่อมโทรมจากการกร่อนโดยน้ำ

ระดับ	ลักษณะการเสื่อมโทรม
Slight	- ภายในชั้นความลึกของดิน (รากพืชลึกมากกว่า 50 ซม.): ดินชั้นบนถูกเคลื่อนย้ายไปบางส่วน หรือมีร่องตื้น (shallow rills) ยาว 20-50 เมตรหรือทั้งสองกรณี - ในดินตื้น (รากพืชลึกน้อยกว่า 50 ซม.): มีร่องตื้นยาวไม่เกิน 50 เมตร - ในพื้นที่มีทุ่งหญ้า (pastoral country) มีไม้ยืนต้นหรือพืชพรรณที่มาแต่เดิม หรือพืชพรรณที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่มากกว่าร้อยละ 70

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ระดับ	ลักษณะการเสื่อมโทรม
Moderate	- ภายในชั้น ความลึกของดิน: ดินชั้นบน ทั้งหมดถูกเคลื่อนย้ายไป หรือมีร่องดินยาวน้อยกว่า 20 เมตรหรือมีร่องลึกปานกลาง (gullies) ยาว 20-50 เมตร หรือทั้งสองกรณี - ในดินชั้น: ดินชั้นบนถูกเคลื่อนย้ายไปบางส่วน หรือมีร่องดินยาว 20 50 เมตรหรือทั้งสองกรณี - ในพื้นที่มีทุ่งหญ้าไม่มีชั้นดินหรือพืชพรรณที่มาแต่เดิม หรือพืชพรรณที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ อยู่ในพืชร้อยละ 30-70
Severe	- ภายในชั้น ความลึกของดิน: ดินชั้นบนทั้งหมด หรือชั้นดินล่างบางส่วนถูกเคลื่อนย้ายไป หรือมีร่องลึกปานกลางยาวน้อยกว่า 20 เมตร หรือทั้งสองกรณี - ในดินชั้น: ดินชั้นบนทั้งหมดถูกเคลื่อนย้ายไป: พบชั้น หินแข็ง (lithic) หรือชั้น leptic หรือชั้น ดาน - ในพื้นที่มีทุ่งหญ้าไม่มีชั้นดินหรือพืชพรรณที่มาแต่เดิม หรือพืชพรรณที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ น้อยกว่าร้อยละ 30

ตารางที่ 2 ระดับความเสื่อมโทรมจากการสะสมเกลือ

ระดับ	ลักษณะการเสื่อมโทรม
Slight	- เปลี่ยนจาก non-saline เป็น slightly saline; จาก slightly saline เป็น moderately saline หรือ จาก moderately saline เป็น severely saline
Moderate	- เปลี่ยนจาก non-saline เป็น moderately saline หรือจาก จาก slightly saline เป็น severely saline
Severe	- เปลี่ยนจาก non-saline เป็น severely saline

ตารางที่ 3 ระดับความเสื่อมโทรมจากการลดลงของธาตุอาหาร

ระดับ	ลักษณะการเสื่อมโทรม
Slight	- ที่โล่ง หรือเป็นทุ่งหญ้า ทุ่งหญ้า savanna โดยธรรมชาติธาตุอาหาร ในดินมีน้อยในเขตร้อน - ที่โล่ง หรือทำการเกษตรในพื้นที่ป่าในเขตอบอุ่นที่เป็นดินทราย ในเขตร้อน(ชื้น) ในดินมีธาตุอาหารสะสมอยู่มาก
Moderate	- ที่โล่ง และทำการเกษตรในทุ่งหญ้า หรืออยู่ในเขต savanna ในดินมีอินทรีย์วัตถุสูง และสลายตัวโดยกระบวนการปลดปล่อยธาตุอาหาร (mineralization) และออกซิเดชัน (oxidation) - ที่โล่ง และทำการเกษตรในพื้นที่ป่า ดินมีความอุดมสมบูรณ์ดั้งเดิมจากวัตถุต้นกำเนิดในระดับปานกลางในเขตร้อนชื้น หลังจากปลูกพืชไปปีหนึ่งจะมีความอุดมสมบูรณ์ไม่เพียงพอ

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ระดับ	ลักษณะการเสื่อมโทรม
Severe	- ที่โล่ง และทำการเกษตรในพื้นที่ป่าในเขตร้อนชื้น ดินมีความอุดมสมบูรณ์ดั้งเดิมจากวัฏศุน์กำเนิดต่ำ (ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ) มวลชีวภาพหายไปโดยการเคลื่อนย้ายไปจากดินเนื่องจากเป็นพื้นที่โล่ง พืชเจริญเติบโตได้ไม่ดี หรือไม่สามารถเจริญเติบโตได้ การแก้ไขโดยใช้ปุ๋ยในโตรเจนอย่างเดียวไม่ได้
Extreme	- จากพื้นที่ป่ากลายเป็นพื้นที่โล่ง มวลชีวภาพหายไปหมด โดยการเคลื่อนย้ายจากดินเนื่องจากพื้นที่โล่ง ดินมีความอุดมสมบูรณ์ดั้งเดิมจากวัฏศุน์กำเนิดต่ำ พืชไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ไม่มีทางเปลี่ยนกลับไปเป็นป่าเหมือนเดิม

ที่มา: Oldeman (1988)

การประเมินระดับความเสื่อมโทรมของตามการจำแนก National Resources Inventory (NRI) ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ (พืชไร่ ไม้ใช้พืชไร่ พุ่มหญ้าเลี้ยงสัตว์ เขตเทือกเขา พื้นที่ป่าไม้ และอื่นๆ) (SCS, 1992; NRCS, 1997) ดังนี้

Slight – ที่ดิน/ผืนดิน (Land/Terrain) ที่ยังเหมาะสมกับการเกษตร (รวมถึง พุ่มหญ้าเลี้ยงสัตว์) มีความต้องการ การแก้ไข ปรับปรุง และการจัดการในพื้นที่น้อย แต่มี productivity ที่ดีเกือบสมบูรณ์ และด้านปัจจัยทางชีวภาพยังคงไม่เปลี่ยนแปลง

Moderate - ที่ดิน/ผืนดิน ที่ยังเหมาะสมกับการเกษตร (รวมถึง พุ่มหญ้าเลี้ยงสัตว์) แต่ productivity จะได้รับผลกระทบจากความเสื่อมโทรมของที่ดิน; ต้องมีการปรับปรุง การจัดการ เพื่อให้มี productivity ที่ดีเกือบสมบูรณ์ และฟื้นฟูปัจจัยด้านชีวภาพ

Severe - ที่ดิน/ผืนดิน มีกระบวนการที่ทำให้เกิดการเสื่อมโทรมหลายกระบวนการ ต้องมีการฟื้นฟูอย่างมาก มีการจัดการอย่างง่าย ในการปรับปรุงต้องเจาะจงโดยใช้วิศวกรรมมาช่วยจัดการในพื้นที่ เช่น ฟาร์มปศุสัตว์ หรือ พื้นที่ที่มีป่าเบาบาง ต้องมีการปรับปรุงให้มี productivity ดีขึ้น และต้องฟื้นฟูปัจจัยด้านชีวภาพ

Extreme - ที่ดิน/ผืนดิน มีกระบวนการที่ทำให้เกิดการเสื่อมโทรมที่รุนแรงมาก ต้องมีการฟื้นฟู ปรับปรุงพื้นที่ (ดิน, ระบบน้ำ, พืชพรรณ อื่นๆ) สามารถใช้เพื่อการเกษตรได้บ้าง โดยต้องปรับปรุง productivity และฟื้นฟูปัจจัยด้านชีวภาพ

José *et al.* (2006) ได้ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และดัชนีชี้วัดสิ่งแวดล้อมเพื่อประเมินการเสื่อมโทรมของดินทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ในเขตเมดิเตอร์เรเนียนของสเปน โดยใช้ดัชนีความเสื่อมโทรมของดินดังนี้

ดัชนีความเสื่อมโทรมของดินทางกายภาพ (Physical Degradation Index, PDI) เป็นดัชนีที่ใช้โดย FAO-PNUMA-UNESCO (1980) ซึ่งพิจารณาจากตัวแปรหลักและสมบัติที่สำคัญทางด้านกายภาพของดิน เช่น ช่องว่างในดิน การซึมผ่านของน้ำ โครงสร้างและความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ซึ่งเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของน้ำ การเคลื่อนย้ายธาตุอาหาร และการแทงทะลุของรากพืชโดยสามารถคำนวณได้ดังนี้

$$PDI = \frac{CI}{\%SA + (FC-WP) \times 100} \times 100$$

โดยที่ SA = ร้อยละความเสถียรของเม็ดดิน (%)

FC = ความจุความชื้นสนาม ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)

WP = จุดเหี่ยวถาวร ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$)

ความจุความชื้นสนามคำนวณได้จาก

$$FC = 0.2391 - 0.0019 \times \text{Sn}(\%) + 0.0036 \times \text{Cy}(\%) + 0.0299 \times \text{OM}(\%)$$

Sn = ร้อยละของอนุภาคทราย, Cy = ร้อยละของอนุภาคดินเหนียว, OM = ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (%)

ดัชนีความเสื่อมโทรมของดินทางชีวภาพ (Biological Degradation Index, BDI) การเสื่อมโทรมทางชีวภาพเกิดจากการสูญเสียหรือลดลงอินทรีย์วัตถุ และเศษซากพืช โดยเกิดกระบวนการปลดปล่อยธาตุอาหาร (mineralization) อย่างรวดเร็วหรือเกิดการกร่อนดิน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่เกิดจากการจัดการดินที่ไม่เหมาะสม เช่น การไถพรวน การนำดินออกไป เป็นต้น และในสภาพภูมิอากาศแบบชื้นและอบอุ่น อินทรีย์วัตถุเป็นแหล่งธาตุอาหารแก่พืช และเป็นแหล่งพลังงานแก่

จุลินทรีย์มีผลทำให้เกิดการรวมตัวกันของดิน และทำให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก และน้ำซึมผ่านได้ดี ขัดขวางการเกิดแผ่นแข็งที่ผิวดิน โดยคำนวณได้จาก

$$BDI = \frac{1}{OM}$$

ดัชนีความเสื่อมโทรมของดินทางเคมี (Chemical Degradation Index, CDI) เนื่องจากอยู่ภายใต้สภาพแบบเมดิเตอร์เรเนียนส่วนใหญ่ผลผลิตจะเสียไปเพราะความเค็ม การคำนวณทำดังนี้

$$CDI = \frac{Salts + Na}{CEC}$$

ซึ่ง $Salts (cmol_c kg^{-1}) = 13.5 \times EC_e (dS m^{-1}) \times Hs (\%) / 1000$

$EC_e = 5.971 EC_{1/5} + 0.308$, Hs คือ ร้อยละของดินอิ่มตัวด้วยน้ำ (%)

$Hs = 28.215 + 6.09 \times OM (\%) + 0.243 \times Cy (\%) - 0.11 \times SN (\%)$

Na คือ โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (exchangeable sodium) ($cmol_c kg^{-1}$)

CEC คือ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity) ($cmol_c kg^{-1}$)

และจำแนกระดับการเสื่อมโทรมของดินตามเกณฑ์ที่แสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การจำแนกดินตามระดับการเสื่อมโทรม

ระดับความเสื่อมโทรม	PDI	BDI	CDI
Very low	0-1.4	0-0.3	0-0.0081
Low	1.4-2.65	0.3-0.6	0.0081-0.021
Moderate	2.65-5.0	0.6-1	0.021-0.046
High	5.0-7.4	1-2.5	0.046-0.085
Very High	>7.4	>2.5	>0.085

ที่มา: José *et al.* (2006)

เกณฑ์การประเมินสมบัติทางกายภาพตาม Snakin *et al.* (1996) สามารถจัดระดับความเสื่อมโทรมทางกายภาพซึ่งใช้ความหนาแน่นของดินเป็นดัชนีในการจำแนก (ตารางที่ 5) ดังนี้

ตารางที่ 5 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินสมบัติทางกายภาพ

Indicator	ระดับความเสื่อมโทรม				
	0: Non-degraded	1: Weakly degraded	2: Moderately degraded	3: Highly degraded	4: Very Highly degraded
ความหนาแน่นของดิน (Mg m^{-3})	<1.10	1.10-1.20	1.21-1.30	1.31-1.40	>1.40

ที่มา: Snakin *et al* (1996)

ในการประเมินการเสื่อมโทรมทางกายภาพของดินสามารถใช้ชั้นการกร่อนดิน (erosion class) (Soil Survey Division Staff, 1993) เพื่อประเมินความเสื่อมโทรมของดินจากการกร่อน (ตารางผนวกที่ 10) โดยแบ่งชั้นการกร่อนดินได้ดังนี้

Class 1 ชั้น A และ/หรือ ชั้น E สูญหายไปร้อยละ 25

Class 2 ชั้น A และ/หรือ ชั้น E สูญหายไปร้อยละ 25-75

Class 3 ชั้น A และ/หรือ ชั้น E สูญหายไปมากกว่าร้อยละ 75

Class 4 ชั้น A และ/หรือ ชั้น E สูญหายไปทั้งหมด

สภาพทั่วไปของพื้นที่ทำการศึกษา

1. ที่ตั้งและอาณาเขต

ทำการศึกษาในพื้นที่ของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ ตั้งอยู่บริเวณบ้านขุนวาง หมู่ที่ 12 ตำบลแม่วิน อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ของศูนย์อยู่ในแผนที่สภาพภูมิประเทศ ระบุว่า 4746 III มีพื้นที่รับผิดชอบ 46.88 ตร.กม.หรือ 29,303 ไร่ มีหมู่บ้านรับผิดชอบ 7 หมู่บ้าน และมีระยะทางห่างจากตัวจังหวัดเชียงใหม่ถึงศูนย์ฯ ประมาณ 85 กิโลเมตร (กรมวิชาการเกษตร, มปป)

2. ลักษณะทางภูมิศาสตร์และลักษณะอากาศ

2.1 ลักษณะภูมิประเทศ

พื้นที่ศึกษามีลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นที่สูง มีที่ราบระหว่างภูเขาเล็กน้อยตามแนวลำห้วยและแม่น้ำ พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นภูเขาสูง มีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 35 และพื้นที่ลูกคลื่นลอนชันที่มีความลาดชันระหว่างร้อยละ 8-16 อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 700-1,800 เมตร ความสูงของยอดเขาและสภาพพื้นที่จะค่อยๆ ลดลงไปทางทิศตะวันออก พื้นที่รับผิดชอบทั้งหมดเท่ากับ 70 ตารางกิโลเมตร (43,785 ไร่) (สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง, 2552)

2.2 ลักษณะภูมิอากาศ

พื้นที่ศึกษาอยู่ในลักษณะภูมิอากาศในเขตโซนร้อน แบบฝนเมืองร้อนเฉพาะฤดู โดยได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พัดเอาความชื้นเข้าสู่พื้นที่ ทำให้ฝนตกในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน ในช่วงเดือนตุลาคม-เดือนกุมภาพันธ์จะได้รับอิทธิพลมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือมีผลให้อากาศหนาวเย็น อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดปี 19.50 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยสูงสุด 22.47 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ยต่ำสุด 16.27 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปี 2,137.6 มิลลิเมตร และมีความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยทั้งปีร้อยละ 72.9 (อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์, 2552)

3. ลักษณะดินในพื้นที่

ข้อมูลดินที่ได้จากแผนที่แสดงศักยภาพของที่ดินเพื่อการเกษตรภาคเหนือของประเทศไทย สามารถแยกกลุ่มดินในพื้นที่ศึกษา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2525) ได้ดังนี้

1) กลุ่มดินที่เป็นดินลึก มีการระบายน้ำดีหรือดีปานกลาง เป็นดินเนื้อปานกลางหรือค่อนข้างเป็นทราย มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ พบในพื้นที่ลาดชันเล็กน้อยถึงลาดชันมาก เหมาะสำหรับการจัดการให้เป็นพื้นที่เพาะปลูกอย่างถาวร โดยพื้นที่ค่อนข้างราบมีการทำนา แต่สำหรับพื้นที่สูง ๆ ขึ้นไปใช้ในการปลูกพืชไร่หรือไม้ผล พื้นที่ดินลักษณะนี้จะพบบริเวณที่ราบตามหุบเขา

2) กลุ่มดินที่เป็นดินที่ตื้นมาก ระบายน้ำดี หรือดีปานกลาง จะพบชั้นหินเศษหิน หรือ ศิลา แล่งภายในความลึก 50 เซนติเมตร พบมากในพื้นที่ลาดชันปานกลางถึงลาดชันมาก โดยทั่วไปใช้เป็นทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์หรือเป็นพื้นที่ป่าไม้

3) กลุ่มดินเป็นดินที่ตื้นถึงลึกเป็นบางแห่ง ระบายน้ำดีถึงดีเกินไป พบในพื้นที่ลาดชันมาก ๆ เป็นพื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่ต้นน้ำลำธาร

4. ลักษณะพืชพรรณ

ลักษณะทางพืชพรรณในพื้นที่ตามพื้นที่รับผิดชอบของหน่วยจัดการต้นน้ำขุนวาง จำแนกตามส่วนประกอบของพันธุ์ไม้และสภาพความสูงของพื้นที่ พบว่า มีประเภทของป่าอยู่ 5 แบบ (อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์, 2552) คือ

1) ป่าดิบเขา (Hill evergreen forest) พบอยู่ในพื้นที่สูงกว่าระดับทะเลปานกลางตั้งแต่ 1,000 เมตรขึ้นไป มีอากาศเย็น พรรณไม้ที่พบ คือ ก่อเดือย ก่อตาหมู ก่อแป้น ทะโล้ และยมหอม ไม้พื้นล่างจะพบเฟิร์น กล้าย ไม้ดิน และมอส

2) ป่าดิบแล้ง (Dry evergreen forest) พบตามที่ราบหุบเขาและไหล่เขา มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางไม่เกิน 1,000 เมตร พรรณไม้ที่พบคือ ไม้ตระกูลยาง ยางขาว ตะแบก มะค่าโมง ตะเคียนทอง สมพง กะบก ส่วนไม้พื้นล่าง เป็นพวกเถาวัลย์ เฟิร์น กาฝาก และกล้ายไม้

3) ป่าสนเขา (Coniferous forest) พบตามยอดเขา สูงจากระดับทะเลปานกลางประมาณ 600-1,000 เมตร พรรณไม้ที่พบจะเป็นสนสามใบ สนสองใบ ไม้พื้นล่างเป็นไม้พุ่มเล็ก และหญ้าชนิดต่าง ๆ

4) ป่าเบญจพรรณ (Mixed deciduous forest) พบกระจายทั่วไปตลอดพื้นที่ในระดับความสูงจากน้ำทะเลไม่เกิน 800 เมตร สภาพเป็นป่าโปร่ง พรรณไม้ที่พบ ได้แก่ สัก แดง ประดู่ มะค่าโมง เหียง แดง รกฟ้า ยมหิน สมอไทย มะเกลือ ไม้พื้นล่างเป็นจำพวกหญ้ากก และ ไม้ชนิดต่าง ๆ

5) ป่าเต็งรัง (Dry dipterocarp forest) พบทั้งบริเวณที่ราบและบนภูเขา ในบริเวณที่ต่ำกว่าระดับทะเลปานกลาง 1,000 เมตร ชนิดพรรณไม้จะขึ้นตามดินดอน ดินทราย ดินลูกรังหรือดินที่ไม่อุดมสมบูรณ์ เช่น เต็ง รัง พะยอม เหียง พลวง มะค่าแต้ แสลงใจ มะขามป้อม ไม้พื้นล่าง ได้แก่ หญ้าชนิดต่าง ๆ

ภายในบริเวณพื้นที่ทำการศึกษามีความสูงจากระดับทะเลปานกลางตั้งแต่ 1,000 เมตรขึ้นไป ดังนั้น พื้นที่ป่าที่หลงเหลือหรือที่ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมจึงเป็นป่าดิบเขาทั้งหมด

5. ลักษณะทางเศรษฐกิจและสังคม

ในเขตพื้นที่รับผิดชอบของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ ประกอบด้วยหมู่บ้านทั้งหมด 7 หมู่บ้าน คือ หมู่บ้านขุนวาง บ้านปากกล้วย บ้านโป่งลมแรง บ้านโป่งน้อยเก่า บ้านโป่งน้อย-ใหม่ บ้านห้วยยาว และบ้านขุนแม่วาก มีประชากรอยู่อาศัยในพื้นที่จำนวน 328 ครัวเรือน รวม 1,823 คน (วณิ, 2549) มีทั้งชาวไทย ชาวไทยภูเขาเผ่ากะเหรี่ยง และชาวไทยภูเขาเผ่าม้ง มีการตั้งบ้านเรือนอยู่อาศัยเป็นกลุ่ม สร้างบ้านเรือนโดยใช้วัสดุที่มีอยู่ในท้องถิ่น ศาสนาที่นับถือส่วนใหญ่จะเป็นพุทธ และคริสต์ และมีบางส่วนนับถือผี ลักษณะของครอบครัวมีขนาดใหญ่ มีการเคารพผู้อาวุโส ส่วนการคมนาคมเข้าหมู่บ้านมีทั้งถนนลาดยาง ถนนลูกรัง และถนนดิน และจากการที่มีทางคมนาคมสะดวก ประกอบกับองค์กรพัฒนาต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน เข้าไปดำเนินการในพื้นที่ทำให้วิถีชีวิตของประชากร ชาวไทยภูเขาแทบไม่แตกต่างกับคนพื้นราบเลย

6. การใช้ประโยชน์ที่ดิน

ในอดีตป่าไม้ธรรมชาติได้ถูกทำลายไปเพื่อเปลี่ยนไปทำไร่เลื่อนลอย เพื่อปลูกฝิ่น และข้าวไร่ โดยทิ้งพื้นที่เก่าไว้และหมุนเวียนสำหรับการทำไร่ และในปัจจุบันยังมีการลักลอบตัดไม้บุกรุกป่าเพื่อเป็นที่อยู่อาศัยและที่ดินทำกิน และมีการใช้พื้นที่เพื่อทำการเกษตร (กรมวิชาการเกษตร, มปป) ดังนี้

1) ที่ลุ่ม ใช้ในการทำนา ปลูกข้าวนาดำโดยใช้พันธุ์ข้าวพื้นเมือง

2) ที่ดอน ใช้ปลูกพืชชนิดต่างๆ อาทิ ไม้ยืนต้น เช่น ชา กาแฟ ไม้ผล เช่น พลับ พลัม ท้อ บ๊วย องุ่น สตรอเบอร์รี่ ท้อ แอปเปิ้ล สาลี่ และเสาวรส ไม้ดอกไม้ประดับ เช่น เฟิร์น ลิ้นหิน การ์เดนซัน และเบญจมาศ พืชผัก เช่น ชุกินี เฟนเนล กะหล่ำปลี กะหล่ำดาว หอมญี่ปุ่น กระเทียมต้น ผักกาดหอมห่อ แดงกวาญี่ปุ่น ฟักทองญี่ปุ่น ถั่วลิ้นเตา ผักกาดหอมใบแดง และพริกยักษ์เขียว เหลือง และแดง เป็นต้น

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. แผนที่ดินจังหวัดเชียงใหม่ มาตรฐาน 1:100,000 (กองสำรวจดิน, 2536)
2. แผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตรฐาน 1:50,000 (กรมแผนที่ทหาร, 2535ก; 2535ข)
3. แผนที่ธรณีวิทยา มาตรฐาน 1:500,000 (กรมทรัพยากรธรณี, 2526)
4. เครื่องมือสำรวจดินภาคสนามมาตรฐาน (เอิบ, 2530; Soil Survey Division Staff, 1993)
5. เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินทางเคมี ทางกายภาพ ทางแร่วิทยา และทางจุลชีววิทยา

วิธีการ

1. การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

ศึกษาข้อมูลด้านต่างๆ ในบริเวณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ คือ การใช้ที่ดินประโยชน์ที่ดิน ลักษณะทางธรณีวิทยา สภาพพื้นที่รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์เพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างดิน

2. การปฏิบัติงานในภาคสนาม

2.1 ศึกษาข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง โดยการออกสำรวจในพื้นที่ และคัดเลือกจุดเก็บตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนเพื่อใช้ในการศึกษาสมบัติต่างๆ ของดิน

2.2 ทำการขุดหลุมดินในบริเวณที่กำหนดไว้ โดยมีขนาดกว้าง 1.5 เมตร ยาว 2 เมตร และลึก 2 เมตร ตกแต่งหน้าตัดของดิน ให้สามารถมองเห็นสัณฐานของดินได้ชัดเจน แบ่งชั้นดินตามการกำเนิดดิน (genetic horizon) ศึกษาสมบัติของดินในแต่ละชั้นดิน พร้อมกับทำคำอธิบายหน้าตัดดิน

ตามวิธีการศึกษาพื้นฐานวิทยาของดินในสนาม (เอิบ, 2548) ตลอดจนศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับฐานภูมิประเทศ สภาพทางธรณีวิทยา และสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการกำเนิด การแจกกระจายของดิน รวมทั้งลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณที่ทำการศึกษา

2.3 เก็บตัวอย่างดินเพื่อทำการวิเคราะห์ แยกวิธีการเก็บออกเป็น 2 วิธี คือ

2.3.1 ตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน (disturbed soil samples) โดยเก็บตัวอย่างดินทุกชั้นดินตามชั้นกำเนิดดิน (genetic horizon) ที่ได้แบ่งไว้ตลอดหน้าตัดดิน ชั้นละ 1 ตัวอย่าง ๆ ละประมาณ 1-2 กิโลกรัม เพื่อนำไปศึกษาสมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมี

2.3.2 ตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวน (undisturbed soil samples) เลือกเก็บเฉพาะชั้นที่ต้องการนำมาศึกษาข้อมูลบางส่วนของสมบัติทางกายภาพ โดยใช้กระบอกลูกเก็บตัวอย่าง (core) (เอิบ, 2547; Buol *et al.*, 2003)

3. การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

3.1 การเตรียมตัวอย่างดิน

3.1.1 นำตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม หลังจากนั้นนำมาบดด้วยโกร่งบดดินและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร แยกก้อนกรวด เศษหินและแร่ และเศษซากพืชออกซึ่งจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีของดิน

3.1.2 นำตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวนในกระบอกลูกตัวอย่างมาศึกษาความหนาแน่นรวม (bulk density) และวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated hydraulic conductivity)

3.2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน

3.2.1 การกระจายขนาดของอนุภาคดิน (Soil particle size distribution) โดยวิธีไปเปต (pipette method) (Kilmer and Alexander, 1949; Day, 1965) นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์หามาแจกแจง

ประเภทของเนื้อดิน (soil textural class) โดยการเปรียบเทียบกับชั้นเนื้อดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (Soil Survey Division Staff, 1993)

3.2.2 ความหนาแน่นรวมของดิน (Bulk density) ใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดินโดยไม่ทำลายโครงสร้าง (core method) (ถนอม, 2528; Blake and Hartge, 1986)

3.2.3 วิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว (Saturated hydraulic conductivity) โดยใช้พลังงานขับน้ำผันแปร (variable head method) (Klute, 1965)

3.3 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน

3.3.1 ฏิกิริยาดิน (Soil reaction: pH) โดยใช้เครื่องมือวัด ฏิกิริยาดิน (pH meter) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำและดินต่อสารละลาย 1M KCl เท่ากับ 1:1 (National Soil Survey Center, 1996)

3.3.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Organic matter content) โดยวิธี Walkley and Black Titration (Walkley and Black, 1934; Walkley, 1935; Nelson and Sommers, 1996)

3.3.3 ไนโตรเจนรวม (Total nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl method (Jackson, 1965)

3.3.4 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง Spectrophotometer

3.3.5 โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Available potassium) โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลาย 1M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7) (Pratt, 1987) แล้ววัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

3.3.6 ความเป็นกรดที่สกัดได้ (Extractable acidity) โดยวิธี barium chloride-triethanolamine pH 8.2 (Thomas, 1982)

3.3.7 เบสรวมที่สกัดได้ (Extractable bases) ซึ่งประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม โดยวิธีการสกัดด้วยสารละลาย 1M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7) (Thomas, 1982) แล้ววัดปริมาณเบสด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer

3.3.8 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (Cation exchange capacity : CEC) โดยการชะละลายแคตไอออนด้วยสารละลาย 1M NH_4OAc ที่เป็นกลาง (pH 7) และแทนที่แอมโมเนียมไอออนด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้นร้อยละ 10 ในสภาพที่เป็นกรด กลั่นหาแอมโมเนียมไอออน แล้วคำนวณหาความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (Chapman, 1965; Summer and Miller, 1996)

3.3.9 อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (base saturation percentage : %BS) โดยคำนวณจากค่าของปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ทั้งหมด และค่าความเป็นกรดที่สกัดได้ (extractable bases, extractable acidity) (Thomas, 1982; National Soil Survey Center, 1996) จากสูตร

$$\text{Base saturation percentage} = \frac{\text{extractable bases}}{\text{extr. bases} + \text{extr. acidity}} \times 100$$

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 รวบรวมข้อมูลจากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมีของดิน และปัจจัยที่ควบคุมลักษณะของดินในพื้นที่ศึกษา

4.2 แปลความหมายข้อมูลดิน โดยพิจารณากระบวนการอนุรักษ์ดิน การจัดการดิน การเกษตรกรรม และชนิดพืชที่ปลูกขณะทำการศึกษามีผลอย่างไรต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดิน

4.3 ประเมินอิทธิพลของการใช้ประโยชน์ที่ดินรูปแบบต่าง ๆ เช่นเดียวกับรูปแบบการอนุรักษ์และจัดการดินต่อการเปลี่ยนแปลงของสมบัติดินในพื้นที่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับเป็นแนวทางการวางแผนอนุรักษ์และจัดการดินในพื้นที่

สถานที่ทำการศึกษา

1. ศึกษาและเก็บข้อมูลภาคสนามในบริเวณศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง อำเภอแม่วาง จังหวัดเชียงใหม่ ซึ่งทำการศึกษา 5 บริเวณ คือ หน่วยย่อยขุนแม่วาก1 หน่วยย่อยขุนแม่วาก2 หน่วยย่อยโป่งลมแรง-บ้านปากกล้วย หน่วยย่อยบ้านโป่งน้อย และพื้นที่สำนักงานศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวางโดยเลือกเก็บในพื้นที่ที่เป็นป่าธรรมชาติ เปรียบเทียบกับพื้นที่ที่มีการเปิดป่าเพื่อใช้ทำการเกษตร

2. วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีของดิน ในห้องปฏิบัติการภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน

ผลและวิจารณ์

ผลการศึกษาสถานภาพการเสื่อมโทรมของดิน ในพื้นที่ขุนวาง อำเภอแม่วง จังหวัด เชียงใหม่ ใช้ดินเป็นตัวแทนทั้งหมด 16 พืดอน ผลการศึกษาทั้งในภาคสนามและในห้องปฏิบัติ ประกอบด้วย สภาพทั่วไปและลักษณะพื้นฐานวิทยาของดิน สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี ดังนี้

1. สภาพแวดล้อมทั่วไปและลักษณะพื้นฐานวิทยาของดิน

ดินที่ทำการศึกษาทั้งหมด 16 พืดอน อยู่ในบริเวณพื้นที่ทั้งหมด 5 บริเวณ คือ หน่วยย่อยขุนแม่วง 1 หน่วยย่อยขุนแม่วง 2 หน่วยย่อยโปงลมแรง-ปากกล้วย พื้นที่หลักของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง และหน่วยย่อยบ้านโป่งน้อย ทั้งหมดตั้งอยู่ในอำเภอแม่วง จังหวัดเชียงใหม่ ดินทั้งหมดพบอยู่ในบริเวณที่เป็นภูเขา และที่ลาดชันเชิงซ้อน อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 1,025-1,409 เมตร มีความลาดชันของพื้นที่อยู่ในพิสัยร้อยละ 3-35 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระหว่าง 1,975-2,138 มิลลิเมตรต่อปี อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่าง 13.5-26.4 องศาเซลเซียส วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอน ดาดเชิงเขา (colluviums) วัสดุตกค้าง (residuum) จากหินไนส์และตะกอนดาดเชิงเขาที่วางตัวอยู่บน วัสดุตกค้างของหินดังกล่าว สภาพโดยทั่วไปของบริเวณที่ทำการศึกษานี้แสดงไว้ในตารางที่ 6 ลักษณะพื้นฐานของหน้าตัดดินที่ศึกษาแสดงไว้ในตารางที่ 7 และคำอธิบายหน้าตัดดิน (soil profile description) ทั้งหมดของดินแสดงไว้ในภาคผนวก

1.1 หน่วยย่อยขุนแม่วง 1 (ภาพที่ 3)

บริเวณที่ 1: ป่าดิบเขา (KW-1)

ลักษณะดินเป็นดินสีกรมก มีการพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ A-Bt อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 1,305 เมตร ความลาดชันร้อยละ 30 วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนดาดเชิงเขาที่มาจากหินไนส์ สภาพเป็นป่าดิบเขา ชั้นดินบนหนา 40-49 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนและพบอนุภาคทราย สีและขนาดแตกต่างกัน ปฏิกริยาของดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด (pH 5.0-5.5)

ตารางที่ 6 สภาพโดยทั่วไปของบริเวณที่ทำการศึกษา

พิกัด	ลักษณะภูมิประเทศ			วัตถุต้นกำเนิดดิน	พืชพรรณและ การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พัฒนาการของหน้าตัดดิน
	ความสูง (เมตร)	ความลาดชัน (%)	ทิศทางลาด			
KW-1	1,305	30	S190°W	ตะกอนดินเหนียวที่มาจากหินไนส์	ป่าดิบเขา	A1- A2- B t1- B t2- B t3- B t4- B t5- B t6
KW-2	1,298	6	N45°E	ตะกอนน้ำพาที่ถล่มของวัสดุตะกอนดินเหนียว	แปลงนาบนขั้นบันได	A p g- B t g 1- B t g 2- B t 1- B t 2- A b
KW-3	1,292	7	N70°E	ตะกอนดินเหนียวที่มาจากหินไนส์	แปลงผักและไม้ดอกในโรงเรือน	A p- B t1- B t2- B t3- B t4- B t5- B t6- B t7
KW-4	1,409	33	N60°E	ตะกอนดินเหนียว	ป่าหุดยภูมิที่มีแต่พืชคลุม	A- B t1- B t2- B t3- B t4- B t5- B t6- B t7
KW-5	1,406	35	S110°E	ตะกอนดินเหนียว	แปลงผัก	A p- B t1- B t2- B t3- B t4- B t5- B t6- B t7
KW-6	1,309	20	S105°E	ตะกอนดินเหนียวที่มาจากหินไนส์	แปลงผักนอกโรงเรือน	A p- B t1- B t2- B t3- B t4- B t5- B t6- B t7
KW-7	1,059	3	-	ตะกอนน้ำพาที่ถล่มของวัสดุตะกอนดิน เหนียวที่มาจากหินไนส์	แปลงผักนอกโรงเรือน	A p- B t1- B t2- B t3- B t4- B t5- B t g 1- B t g 2
KW-8	1,097	23	N10°E	ตะกอนดินเหนียว	ป่าดิบเขา	A- B t 1- B t2- B t3- B t4- B t5- B t6- B t7
KW-9	1,107	11	S240°W	ตะกอนดินเหนียว	แปลงผักในโรงเรือน	A - B t 1 - B t2- B t3- B C r t
KW-10	1,101	9	S210°W	ตะกอนดินเหนียว	แปลงนาบนขั้นบันได	A p - B t1- B t2- B t3- B t4- B t5- B t 6
KW-11	1,257	7	S280°W	ตะกอนดินเหนียวที่มาจากหินไนส์	แปลงไม้ดอกในโรงเรือน	A p- B t1- B t2- B t3- B t4- B t5- B t6- B t7
KW-12	1,256	11	S250°W	ตะกอนดินเหนียว	แปลงอุนที่หลังคาคูม	A p- B t1- B t2- B t3- B t4- B t5- B t6- B t7
KW-13	1,269	6	N310°W	ตะกอนดินเหนียวที่มาจากหินไนส์	แปลงผัก	A p- B t1- B t2- B t3- B t4- B t5- B t6- B t7
KW-14	1,242	30	N15°E	ตะกอนดินเหนียวที่มาจากหินไนส์	ป่าดิบเขา	A- B t1- B t2- B t3- B t4- B t5- B t6- B t7
KW-15	1,025	30	S130°E	ตะกอนดินเหนียวที่มาจากหินไนส์	แปลงผักในโรงเรือน	A p- B t1- B t2- B t3- B t4- B t5- B t6- B t7
KW-16	1,035	20	S130°E	ตะกอนดินเหนียวที่มาจากหินไนส์	ป่าหุดยภูมิ	A 1- A 2- B t2- B t3- B t4- B t5- B t6- B t7

ตารางที่ 7 ลักษณะดินของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา

Depth (cm)	Horizon	Soil color Mottle	Texture	Structure	Consistence	Boundary	Field pH	Other
KW-1: Typic Palehumult								
0-20	A1	10YR3/3	SCL	3VfFSBK	S,F,SS/MP	Gradual, smooth	5.5	Few very fine variegated sands
20-40/49	A2	7.5YR3/3	SCL	3VfFSBK	S, F,SS/VP	Distinct, wavy	5.0	Few very fine variegated sands
49-75	Bt1	7.5YR4/6	SC	3FSBK	SH,F,SS/VP	Gradual, smooth	5.0	Very few traces of mica flake
75-102	Bt2	7.5YR4/6	SC	3FSBK	SH,F,SS/VP	Gradual, smooth	4.5	Very few traces of mica flake
102-130	Bt3	7.5YR4/6	SC	3FSBK	SH,F,SS/VP	Gradual, smooth	4.5	Very few traces of mica flake
130-154	Bt4	7.5YR4/6	SC	3FSBK	SH,F,SS/VP	Gradual, smooth	4.5	Very few traces of mica flake
154-179	Bt5	5YR4/6	SC	3FSBK	S,Fri,SS/VP	Gradual, smooth	4.5	Few traces of weathered feldspar, few traces of mica flake
179-200+	Bt6	5YR4/6	SC	3FSBK	S,F, SS/VP	-	4.5	Common traces of mica flake
KW-2: Typic Palehumult								
0-22	Apg	10YR3/3, 7.5YR3/3	SCL	3FMABK	H,F,SS/MP	Distinct, smooth	6.0	Few traces of mica flake
22-42	Btg1	7.5YR3/3, 2.5YR4/8	SCL	3FMABK	H,F,SS/MP	Clear, smooth	5.5	-
42-65	Btg2	7.5YR4/4, 2.5YR5/4	SCL	3FSBK	SH,F,SS/VP	Clear, smooth	5.5	-
65-97	Bt1	7.5YR4/6	SCL	2FSBK	S,Fri,SS/VP	Gradual, smooth	5.5	Few traces of mica flake
97-127	Bt2	7.5YR4/6	SCL	2FSBK	S,Fri,SS/VP	Abrupt, smooth	6.0	Few traces of mica flake
127-155	Ab	10YR3/3	SCL	2FSBK	S,Fri,SS/VP	-	5.5	Many traces of mica flake

ตารางที่ 7 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	Soil color <u>Mottle</u>	Texture	Structure	Consistence	Boundary	Field pH	Other
KW-3: Typic Haplohumult								
0-21	Ap	10YR3/2	SCL	1,2FSBK	S, Fri, SS/VP	Abrupt, smooth	6.5	-
21-47	Bt1	10YR3/2, 10YR3/3	SCL	2FSBK	S, Fri, SS/VP	Gradual, smooth	5.5	-
47-78	Bt2	10YR3/3, 10YR4/4	SCL	2FSBK	S, Fri, MS/VP	Gradual, smooth	5.5	Few small krotovinas
78-101	Bt3	10YR4/4	SCL	2FSBK	S, Fri, MS/VP	Gradual, smooth	5.5	Few traces of mica flake
101-135	Bt4	7.5YR4/4	SCL	2FSBK	S, Fri, MS/VP	Gradual, smooth	6.0	Few traces of mica flake
135-150	Bt5	10YR4/4	SCL	2FMSBK	S, Fri, SS/MP	Gradual, smooth	5.0	Few traces of mica flake
150-175	Bt6	10YR4/4	SL	1,2 FSBK	S, Fri, NS/NP	Gradual, smooth	5.0	Few traces of mica flake
175-200+	Bt7	10YR5/4	SL	1,2 FSBK	S,VFri,NS/NP	-	5.0	Common traces of mica flake
KW-4: Typic Haplohumult								
0-20	A	7.5YR5/2	SCL	2FSBK	S, Fri, SS/MP	Abrupt, smooth	6.5	Few traces of mica flakes
20-45	Bt1	7.5YR4/6	SCL	3FMSBK	SH, F, SS/MP	Gradual, smooth	6.0	Few traces of mica flake
45-72	Bt2	5YR4/6	SCL	2FMSBK	S, Fri, SS/VP	Gradual, smooth	6.0	few traces of mica flake
72-101	Bt3	5YR4/6	SCL	2FSBK	S, Fri, SS/MP	Gradual, smooth	6.0	Few traces of mica flake
101-127	Bt4	5YR4/6	SCL	2FSBK	S, Fri, SS/MP	Gradual, smooth	5.5	Few traces of mica flake
127-153	Bt5	5YR4/6	SCL	1FSBK	S, Fri, SS/MP	Gradual, smooth	5.5	Fw traces of dead roots
153-175	Bt6	5YR4/6	SL	1,2FABK	S, Fri, SS/SP	Clear, smooth	5.0	Many traces of mica and biotite flakes
175-200+	Bt7	5YR4/6	SL	1,2FABK	S, Fri, SS/SP	-	5.0	Many traces of mica and biotite flakes

ตารางที่ 7 (ต่อ)

Depth(cm)	Horizon	Soil color Mottle	Texture	Structure	Consistence	Boundary	Field pH	Other
KW-5: Typic Palehumult								
0-20/25	Ap	7.5YR2.5/3	SCL	2FSBK	S, Fri, SS/MP	Abrupt, wavy	6.0	-
25-50	Bt1	2.5YR3/6	SCL	3FMSBK	SH, F, SS/SP	Gradual, smooth	5.0	Few small subrounded stones of weathered gneiss
50-74	Bt2	2.5YR3/6	SC	3FMSBK	SH, F, SS/VP	Gradual, smooth	5.5	-
74-104	Bt3	2.5YR3/6	SC	3FMSBK	SH, F, MS/VP	Gradual, smooth	5.5	Few large angular pebbles of weathered gneiss, few traces of mica flake
104-130	Bt4	2.5YR3/6	SC	3FMSBK	SH, F, MS/VP	Gradual, smooth	5.5	Few small angular gravel of weathered gneiss
130-153	Bt5	2.5YR3/6	SC	3FMSBK	H,VF, MS/VP	Gradual, smooth	5.5	Few small angular gravel of weathered gneiss, few sand pockets
153-180	Bt6	10YR3/6	SC	3FMSBK	SH, F, MS/VP	Gradual, smooth	5.5	Few small angular gravel and few small angular stones of weathered gneiss
180-200+	Bt7	10YR3/6	SC	3FMSBK	SH, F, MS/VP	-	5.0	Few small angular gravel and few small angular stones of weathered gneiss
KW-6: Typic Palehumult								
0-22	Ap	7.5YR2.5/2	SCL	1,2FSBK	S, Fri, SS/SP	Abrupt, smooth	5.0	-
22-50	Bt1	5YR3/4	SCL	2FSBK	S, Fri, SS/SP	Gradual, smooth	5.0	-
50-77	Bt2	5YR4/6	SCL	2FSBK	S, Fri, SS/MP	Diffuse, smooth	5.5	Few traces of mica flake, few small subrounded gravel of fresh quartz
77-107	Bt3	5YR4/6	SCL	2FSBK	S, Fri, SS/MP	Diffuse, smooth	6.0	Few traces of mica flake and weathered feldspar
107-124	Bt4	5YR4/6	SCL	2FSBK	S, Fri, MS/VP	Diffuse, smooth	6.0	Few traces of mica flake and weathered feldspar
124-150	Bt5	5YR3/4	SCL	1,2FSBK	S, Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	6.0	Few medium angular gravel of weathered gneiss
150-172	Bt6	5YR5/5	SCL	2FMSBK	S, Fri, SS/VP	Gradual, smooth	6.0	Few medium angular gravel of weathered gneiss
172-200+	Bt7	2.5YR4/6, 5YR4/6	SCL	2FMSBK	S, Fri, SS/VP	-	6.0	Few medium angular gravel of weathered gneiss

ตารางที่ 7 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	Soil color Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry , Moist, Wet	Boundary	Field pH	Other
KW-7: Typic Paleudult								
0-18	Ap	10YR3/2	SCL	1,2FSBK	S,Fri, MS/SP	Abrupt, smooth	5.0	-
18-42	Bt1	10YR4/4	SCL	1FABK	H, F, SS/MP	Clear, smooth	5.0	-
42-62	Bt2	7.5YR5/8	SCL	3FMSBK	VH,F,SS/MP	Gradual, smooth	5.0	-
62-94	Bt3	7.5YR5/6, <u>10YR7/1</u>	SCL	3FMABK	VH,F,SS/MP	Gradual, smooth	5.0	Few traces of weathered materials, few sand pockets
94-121	Bt4	7.5YR5/8, <u>2.5YR4/8</u>	SCL	3FMSBK	H, F, SS/MP	Gradual, smooth	5.0	-
121-145	Bt5	10 YR5/6, <u>10YR5/8</u> , <u>2.5YR3/6</u>	SCL	3FMSBK	SH,Fri,SS/MP	Clear, smooth	4.5	Few large angular gravel of fresh quartz, few traces of weathered feldspar
145-170	Btg1	2.5YR6/4, <u>10YR5/8</u> , <u>2.5YR4/6</u>	SCL	3FMSBK	SH,Fri,SS/MP	Clear, smooth	4.5	Few medium subrounded gravel of fresh quartz
170-200+	Btg2	2.5YR6/2, <u>7.5YR5/8</u> , <u>2.5YR4/8</u>	SCL	3FMSBK	SH,Fri,SS/MP	Clear, smooth	4.5	Few pockets of organic material accumulation

ตารางที่ 7 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	Soil color Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry , Moist, Wet	Boundary	Field pH	Other
KW-8: Typic Haplohumult								
0-18	A	10YR2/2	SC	3FSBK	H, F, SS/VP	Abrupt, smooth	6.0	Few very fine shifted sands
18-40	Bt1	2.5YR4/6	SC	3FMSBK	VH,F,SS/VP	Clear, smooth	5.5	Few pockets of organic material accumulation
40-66	Bt2	2.5YR4/6	SC	3FMSBK	VH,F,SS/VP	Gradual, smooth	5.0	-
66-87	Bt3	2.5YR4/6	SC	3FSBK	SH,F,MS/VP	Gradual, smooth	5.0	Few medium angular gravel and few small stones of weathered gneiss
87-113	Bt4	2.5YR4/6	SC	3FSBK	SH,F, SS/VP	Gradual, smooth	5.0	Few small to medium angular gravel of weathered gneiss
113-118/146	Bt5	2.5YR4/8	SC	3FSBK	SH,F,MS/VP	Clear, smooth	5.0	Common small to medium angular gravel and few small angular stones of weathered gneiss
146-160/170	Bt6	2.5YR5/6, 2.5YR4/8	SC	3FSBK	SH,F, SS/VP	Clear, smooth	4.5	Common small to medium angular gravel and few small angular stones of weathered gneiss, common small angular gravel of fresh quartz
170-200+	Bt7	2.5YR5/6, 2.5YR4/6	SC	2FMSBK	S,Fri, SS/VP	Clear, smooth	4.5	Many traces of mica flakes, few trace of dead roots many small to medium angular gravel of fresh quartz

ตารางที่ 7 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	Soil color Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry , Moist, Wet	Boundary	Field pH	Other
KW-9: Typic Paleudult								
0-19	Ap	7.5YR2.5/3	SC	3CSBK	SH,VF,SS/VP	Abrupt, smooth	6.0	-
19-36	Bt1	2.5YR3/6	SC	3MSBK	H, F, SS/VP	Diffuse, smooth	6.5	Few pockets of organic material accumulation
36-63	Bt2	10R4/8	SC	3MSBK	SH,F, SS/VP	Diffuse, smooth	6.5	Few traces of mica flake
63-89	Bt3	10R4/8	SC	3FMSBK	SH,F, SS/VP	Diffuse, smooth	6.5	Few small angular gravel of fresh quartz
89-120	BCrt	10R4/8	SC	3FSBK	SH,F, SS/VP	-	6.0	Few small to large angular gravel of fresh quartz
KW-10: Rhodic Paleudult								
0-16	Ap	7.5YR2.5/3, <u>2.5YR3/6</u>	SCL	3FMSBK	VH,F,SS/MP	Abrupt, smooth	6.0	-
16-33	Bt1	2.5YR3/6	SC	3FMSBK	SH,F, SS/VP	Clear, smooth	5.5	Few pockets of organic material accumulation
33-58	Bt2	2.5YR3/6	SC	2FMSBK	S,Fri, SS/VP	Gradual, smooth	6.5	-
58-79	Bt3	2.5YR3/6	SC	3FMSBK	S,Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	6.0	Few traces of mica flake
79-107	Bt4	10R4/8	SC	2FMSBK	S,Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	6.0	-
107-128	Bt5	10R3/6	SC	2FMSBK	S,Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	6.0	-
128-160	Bt6	10R3/6	SC	2FMSBK	S,Fri, SS/VP	-	6.0	Few traces of mica flake

ตารางที่ 7 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	Soil color, Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry, Moist, Wet	Boundary	Field pH	Other
KW-11: Typic Palehumult								
0-30	Ap	7.5YR2.5/2	SCL	1Vf,FSBK	VS,VFri,SS/MP	Abrupt, smooth	6.0	-
30-53	Bt1	2.5YR2.5/3, 7.5YR2.5/2	SCL	1FSBK	S, Fri, SS/VP	Gradual, smooth	5.0	-
50-80	Bt2	2.5YR3/6	SC	1,2FSBK	S, Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	5.0	-
80-107	Bt3	2.5YR3/6	SC	1,2FSBK	S, Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	5.0	-
107-132	Bt4	10YR3/6	SC	1,2FSBK	S, Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	5.5	-
132-156	Bt5	10YR3/6	SC	2FMSBK	S, Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	5.5	-
156-177	Bt6	10YR3/6	SC	2FMSBK	S, Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	5.5	-
177-200+	Bt7	10YR3/6	SC	2FMSBK	SH, F, SS/VP	-	5.5	-
KW-12: Typic Palehumult								
0-30	Ap	7.5YR2.5/2	SCL	1VfSBK	VS,VFri,SS/MP	Abrupt, smooth	5.0	-
30-49	Bt1	2.5YR2.5/4, 2.5YR3/6	SCL	2FMSBK	S, Fri, SS/MP	Gradual, smooth	4.5	-
49-73	Bt2	2.5YR3/6	SC	2FMSBK	S, Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	4.5	-
73-94	Bt3	2.5YR3/6	SC	2FMSBK	S, Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	4.5	-
94-122	Bt4	2.5YR3/6	SC	2FSBK	S, Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	4.5	Few pockets of organic material accumulation
122-150	Bt5	10YR3/6	SC	3FMSBK	SH, F, SS/VP	Diffuse, smooth	4.5	Few clay pockets
150-173	Bt6	10YR3/6	SC	3FMSBK	SH, F, SS/VP	Gradual, smooth	4.0	Few clay pockets
173-200+	Bt7	10YR3/6	SC	3FMSBK	SH, F, SS/VP	-	4.0	-

ตารางที่ 7 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	Soil color Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry , Moist, Wet	Boundary	Field pH	Other
KW-13: Rhodic Paleudult								
0-17	Ap	5YR4/4	SCL	2VfSBK	S, Fri, SS/VP	Abrupt, smooth	5.0	Common very fine and fine coated sands, few traces of dead roots
17-41	Bt1	10R4/8	SC	2FMSBK	S, Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	5.5	Common very fine and fine coated sands
41-70	Bt2	10R3/6	SC	2FMSBK	S, Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	4.5	-
70-95	Bt3	10R3/6	SC	2FMSBK	S, Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	5.0	-
95-121	Bt4	10R3/6	SC	2FMSBK	S, Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	5.5	Very few traces of weathered rock fragments
121-144	Bt5	10R3/6	SC	2FMSBK	S, Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	5.5	-
144-170	Bt6	10R3/6	SC	2FMSBK	S, Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	6.0	Very few traces of weathered rock fragments
170-200+	Bt7	10R3/6	SC	2FMSBK	S, Fri, SS/VP	-	4.5	-

ตารางที่ 7 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	Soil color Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry , Moist, Wet	Boundary	Field pH	Other
KW-14: Typic Haplohumult								
0-18	A	5YR3/2, 5YR4/3	SCL	1,2FSBK	S, Fri, SS/MP	District, smooth	5.5	Few very fine and fine coated sands
18-39	Bt1	5YR4/4, 5YR3/3	SCL	2FMSBK	S, Fri, SS/MP	Clear, smooth	5.0	Few traces of mica flake, few fine coated sands
39-67	Bt2	2.5YR4/6	SC	2FMSBK	S, Fri, SS/MP	Gradual, smooth	4.5	Few traces of dead root, few fine coated sands
67-96	Bt3	2.5YR4/8	SC	1,2FMSBK	S, Fri, SS/SP	Gradual, smooth	5.0	Few traces of dead roots, few fine coated sands
96-126	Bt4	2.5YR4/8	SC	1,2FMSBK	S, Fri, SS/SP	Gradual, smooth	5.0	-
126-150	Bt5	10R5/8, 7.5YR7/6	SC	1,2FMSBK	S, Fri, SS/SP	Gradual, smooth	4.5	Few highly weathered gneiss fragments
150-175	Bt6	2.5YR5/8, 7.5YR7/6	SC	1,2FMSBK	S, Fri, SS/SP	Clear, smooth	4.5	Few highly weathered gneiss fragments, few small angular gravel of fresh quartz
175-200+	Bt7	2.5YR5/8, 7.5YR7/6	SC	2FMSBK	SH,Fri, SS/SP	-	4.5	Common traces of highly weathered gneiss fragments

ตารางที่ 7 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	Soil color Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry , Moist, Wet	Boundary	Field pH	Other
KW-15: Typic Palehumult								
0-30	Ap	10YR3/2	SL	3FSBK	SH, Fri, SS/MP	Abrupt, smooth	6.5	Few very fine and fine coated sands
30-50	Bt1	2.5YR4/6, 2.5YR3/4	SCL	2FMSBK	S, Fri, SS/VP	Clear, smooth	5.5	Few small pockets of organic material accumulation
50-74	Bt2	2.5YR3/6	SC	2FMSBK	S, Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	5.0	-
74-101	Bt3	2.5YR3/6	SC	1,2FMSBK	S, Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	5.0	-
101-126	Bt4	10YR3/6	SC	1,2FMSBK	S, Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	5.0	-
126-152	Bt5	10YR3/6	SC	1,2FMSBK	S, Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	4.5	-
152-172	Bt6	10YR4/6	SC	2FMSBK	S, Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	4.5	-
172-200+	Bt7	10YR4/6	SC	2FMSBK	S, Fri, SS/VP	-	4.5	-

ตารางที่ 7 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	Soil color Mottle	Texture	Structure	Consistence Dry , Moist, Wet	Boundary	Field pH	Other
KW-16: Typic Palehumult								
0-20	A1	7.5YR2.5/2	SL	1,2FSBK	S, Fri, SS/SP	District, smooth	5.5	Few very fine coated sands
20-38	A2	5YR4/2, 5YR4/3	SCL	2FMSBK	S, Fri, SS/MP	Clear, smooth	5.0	Few very fine coated sands
38-64	Bt1	2.5YR4/6	SC	2FMSBK	SH, Fri, SS/VP	Gradual, smooth	5.0	Few very fine coated sands, few small termite nests
64-91	Bt2	2.5YR4/8	SC	3FMSBK	SH, Fri, SS/VP	Diffuse, smooth	5.0	Few small spots of organic material accumulation
91-118	Bt3	10R4/8	SC	3MSBK	H, F, SS/VP	Diffuse, smooth	5.0	Few small termite nests, few small spots of organic material accumulation
118-148	Bt4	10R4/6	SC	2FMSBK	SH, Fri, SS/VP	Gradual, smooth	5.0	Few small termite nests
148-170	Bt5	10R4/8	SC	2FMSBK	S, Fri, SS/VP	Gradual, smooth	5.0	Common small spots of organic material accumulation
170-200+	Bt6	10R4/8	SC	2FMSBK	SH, Fri, VS/VP	-	5.0	-

ตารางที่ 7 (ต่อ)

หมายเหตุ

เนื้อดิน (Texture)

LS	= ทรายปนดินร่วน (loamy sand)
SL	= ดินร่วนปนทราย (sandy loam)
L	= ดินร่วน (loam)
SCL	= ดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam)
SL	= ดินร่วนเหนียว (clay loam)
SC	= ดินเหนียวปนทราย (sandy clay)
SiC	= ดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay)
C	= ดินเหนียว (clay)
SGSL	= ดินร่วนปนทรายปนกรวดเล็กน้อย (slightly gravelly sandy loam)
SGSCL	= ดินร่วนเหนียวปนทรายปนกรวดเล็กน้อย (slightly gravelly sandy clay loam)
SGCL	= ดินร่วนเหนียวปนกรวดเล็กน้อย (slightly gravelly clay loam)
SGC	= ดินเหนียวปนกรวดเล็กน้อย (slightly gravelly clay)
SGSC	= ดินเหนียวปนทรายปนกรวดเล็กน้อย (slightly gravelly sandy clay)
GLS	= ทรายปนดินร่วนปนกรวด (gravelly loamy sand)
GSL	= ดินร่วนปนทรายปนกรวด (gravelly sandy loam)

โครงสร้าง (Structure)

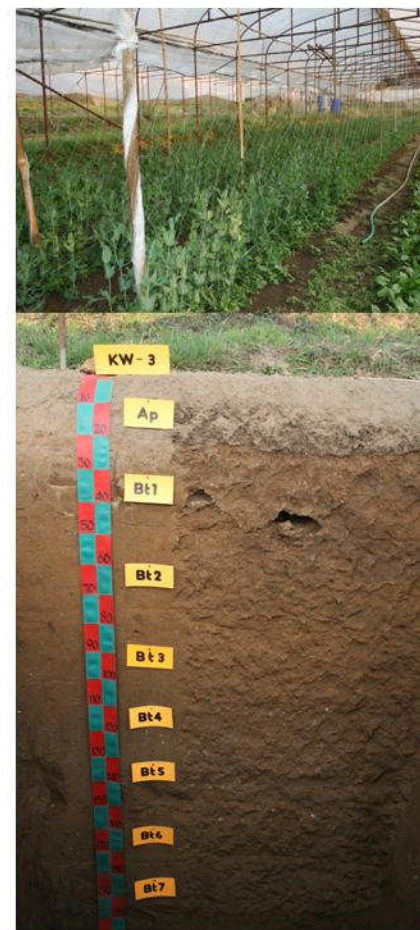
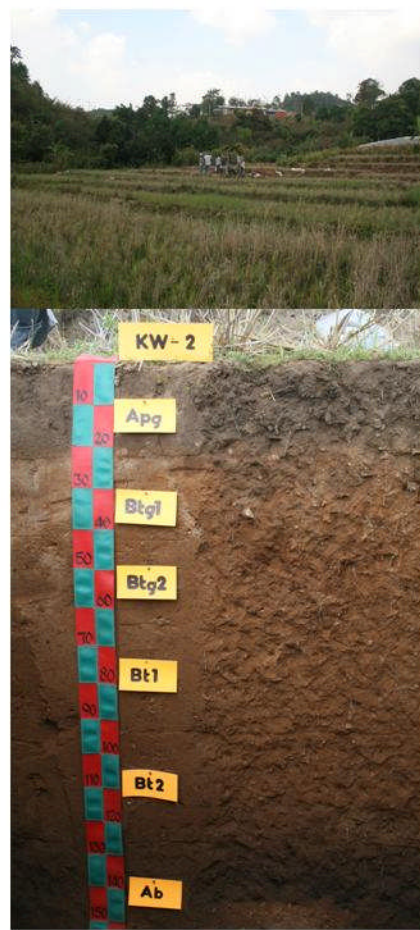
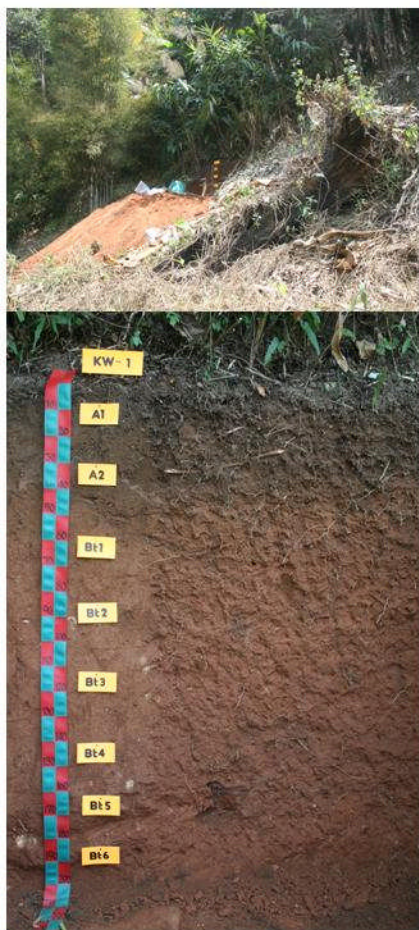
1	= อ่อน (weak)
2	= ปานกลาง (moderate)
3	= แข็งแรง (strong)
ABK	= แบบก้อนเหลี่ยมมุมคม (angular blocky)
SBK	= แบบก้อนเหลี่ยมมุมมน (subangular blocky)
G	= แบบเม็ดกลม (granular)
Vf	= ละเอียดมาก (very fine)
F	= ละเอียด (fine)
M	= ปานกลาง (medium)
C	= หยาบ (coarse)

การยึดตัว (Consistence)

NS	= Non-sticky
SS	= Slightly sticky
MS	= Moderately sticky
VS	= Very sticky
NP	= Non-plastic

การยึดตัว (Consistence) (ต่อ)

L	= Loose
VFri	= Very friable
Fri	= Friable
F	= Firm
VF	= Very firm
Fri-F	Friable to firm
F-VF	= Firm to very firm
Sf	= Slightly fluid
SH	= Slightly hard
H	= Hard
VH	= Very hard
S	= Soft
SP	= Slightly plastic
MP	= Moderately plastic
VP	= Very plastic



ภาพที่ 3 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดของดินในบริเวณหน่วยย่อยขุนแม่วาก 1



ภาพที่ 4 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดของดินในบริเวณหน่วยย่อยขุนแม่วาก 2



ภาพที่ 6 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดของดินในบริเวณพื้นที่หลักของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง



ภาพที่ 7 ลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดของดินในบริเวณหน่วยย่อยบ้านโป่งน้อย

ชั้นดินล่าง (49-200+ เซนติเมตร) ดินมีสีน้ำตาลเข้มถึงแดงปนเหลือง เนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทราย มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน พบการสะสมแร่ดินเหนียวตลอดหน้าตัดดิน พบแร่ไมกาปริมาณน้อยมากถึงค่อนข้างมาก และพบแร่เฟลสปาร์ผู้ปริมาณเล็กน้อยที่ความลึก (154-179 เซนติเมตร) ปฏิริยาสนามของดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดจัดมาก (pH 4.0-5.0)

บริเวณที่ 2: แปลงนา (KW-2)

ลักษณะดินเป็นดินลิกมาก มีการพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ Apg-Btg –Bt –Ab อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 1,298 เมตร ความลาดชันร้อยละ 6 วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนน้ำพา ท้องถิ่นของวัสดุตะกอนคาบเชิงเขา ใช้พื้นที่ทำนาแบบขั้นบันได ชั้นดินบนหนา 22 เซนติเมตร ดินมีสีพื้นและจุดประสีน้ำตาลเข้ม เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินมีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมคมและพบแร่ไมกาปริมาณน้อย ปฏิริยาสนามของดินเป็นกรดปานกลาง (pH 6.0)

ชั้นดินล่าง (22-155 เซนติเมตร) ดินมีสีน้ำตาลถึงน้ำตาลเข้ม พบมีจุดประสีแดง และน้ำตาลปนแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินมีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนและมุมคม พบการสะสมแร่ดินเหนียวในช่วงความลึกระหว่าง 22-127 เซนติเมตร และชั้นที่มีการแข่งขันน้ำที่ความลึก 22-42 เซนติเมตร และพบความไม่ต่อเนื่องทางธรณีที่ช่วงความลึก 122-155+ เซนติเมตร พบแร่ไมกาปริมาณน้อยมากถึงมาก ปฏิริยาสนามของดินเป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง (pH 5.5-6.0)

บริเวณที่ 3: แปลงปลูกผักในโรงเรือน (KW-3)

ลักษณะดินเป็นดินลิกมาก มีการพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ Ap-Bt อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 1,292 เมตร ความลาดชันร้อยละ 7 วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนคาบเชิงเขาที่มาจากหินในสั สภาพพื้นถูกปรับเปลี่ยนเป็นขั้นบันไดแบบกว้างเพื่อใช้ปลูกผักและไม่ดอกในโรงเรือน ชั้นดินบนหนา 21 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลปนเทา เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินมีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ปฏิริยาสนามของดินเป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.5)

ชั้นดินล่าง (22-200+ เซนติเมตร) ดินมีสีน้ำตาลถึงน้ำตาลเข้ม น้ำตาลปนเทาปนเหลือง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายและดินร่วนปนทราย มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน พบการสะสมแร่ดินเหนียวตลอดหน้าตัดดิน พบแร่ไมกาปริมาณน้อยมากถึงมาก พบสัตัวหน้าดิน

ปริมาณน้อยที่ความลึก 47-78 เซนติเมตร ปฏิกิริยาสนามของดินเป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง (pH 5.5-6.0)

1.2 หน่วยย่อยขุนแม่วาก 2 (ภาพที่ 4)

บริเวณที่ 4: ป่าทุติยภูมิ (KW-4)

ลักษณะดินเป็นดินลึกมาก มีการพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ A-Bt อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 1,409 เมตร ความลาดชันร้อยละ 33 วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนดินเชิงเขา สภาพพื้นที่เป็นป่าทุติยภูมิที่ถูกปล่อยทิ้งร้างหลังจากที่มีการตัดไม้ใหญ่ออกทั้งหมด คาดว่าเคยผ่านการใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรกรรมแต่ปัจจุบันมีวัชพืชจำพวกเฟิร์นเป็นส่วนใหญ่ขึ้นปกคลุมพื้นที่อย่างหนาแน่น ชั้นดินบนหนา 20 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ถึงเป็นดินร่วนปนทราย มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ปฏิกิริยาสนามของดินเป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.5)

ชั้นดินล่าง (20-200+ เซนติเมตร) ดินมีสีน้ำตาล และสีแดงปนเหลือง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายและดินร่วนปนทราย ดินมีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน และก้อนเหลี่ยมมุมคมที่ช่วงความลึก 153-200 เซนติเมตร พบการสะสมแร่ดินเหนียวตลอดหน้าตัดดิน พบแร่ไมกาปริมาณน้อยมากถึงมาก พบแร่ไบโอไทต์ปริมาณมากที่ความลึก 153-200 เซนติเมตร และรากพืชปริมาณน้อยในช่วงความลึก 127-153 เซนติเมตร ปฏิกิริยาสนามของดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 5.0-6.0)

บริเวณที่ 5: แปลงพลับ (KW-5)

ลักษณะดินเป็นดินลึกมาก มีการพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ Ap-Bt อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 1,406 เมตร ความลาดชันร้อยละ 35 วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนดินเชิงเขา สภาพพื้นที่เป็นแปลงพลับ ชั้นดินบนหนา 20-25 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ปฏิกิริยาสนามของดินเป็นกรดปานกลาง (pH 6.0)

ชั้นดินล่าง (25-200+ เซนติเมตร) ดินมีสีแดงเข้ม เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย และดินเหนียวปนทราย มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน พบการสะสมแร่ดินเหนียวตลอดหน้า

ตัดดิน พบหินผุของไนส์ และแร่ไมกาในปริมาณเล็กน้อยในช่วงความลึก 50-77 เซนติเมตร พบแร่ไมกา หินผุที่เป็นเฟลด์สปาร์ปริมาณเล็กน้อยที่ความลึกระหว่าง 25-200 เซนติเมตร ปฏิริยาสนามของดินเป็นกรดจัดมากถึงกรจัด (pH 5.0-5.5)

บริเวณที่ 6: แปลงปลูกผักนอกโรงเรือน (KW-6)

ลักษณะดินเป็นดินลึกมาก มีการพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ Ap-Bt ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 1,309 เมตร ความลาดชันร้อยละ 20 วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนดินเชิงเขาที่มาจากหินไนส์ สภาพพื้นที่เป็นแปลงผักนอกโรงเรือนที่ปลูกเฉพาะฤดูฝน และถูกปล่อยทิ้งร้างขณะทำการศึกษาในสนาม ชั้นดินบนหนา 22 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ปฏิริยาสนามของดินเป็นกรดจัดมาก (pH 5.0)

ชั้นดินล่าง (22-200+ เซนติเมตร) ดินมีสีน้ำตาลปนแดง แดงปนเหลืองและแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน พบการสะสมแร่ดินเหนียวตลอดหน้าตัดดิน พบแร่ไมกาปริมาณเล็กน้อยและก้อนกรวดเม็ดกลมขนาดเล็กของแร่ควอตซ์ ในช่วงความลึก 50-77 เซนติเมตร พบแร่ไมกาและแร่เฟลสปาร์ปริมาณเล็กน้อยที่ความลึกระหว่าง 177-127 เซนติเมตร และพบก้อนกรวดมุมเหลี่ยมของหินไนส์ผุปริมาณเล็กน้อยที่ความลึก 124-200 เซนติเมตร ปฏิริยาสนามของดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 5.0-6.0)

1.3 หน่วยย่อยโป่งลมแรง-ปากกล้วย (ภาพที่5)

บริเวณที่ 7: แปลงผักนอกโรงเรือน (KW-7)

ลักษณะดินเป็นดินลึกมาก มีการพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ Ap-Bt -Btg อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 1,059 เมตร ความลาดชันร้อยละ 3 วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนน้ำพาท้องถื่นของวัสดุตะกอนดินเชิงเขาที่มาจากหินไนส์ พื้นที่ถูกใช้แปลงผักนอกโรงเรือน ชั้นดินบนหนา 22 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลเข้มปนเทา เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ปฏิริยาสนามของดินเป็นกรดจัดมาก (pH 5.0)

ชั้นดินล่าง (22-200 เซนติเมตร) ดินมีสีน้ำตาลเข้มปนเหลืองปนเทา และสีน้ำตาลเข้ม พบจุดประของหินผุในช่วงความลึก 62-200 เซนติเมตร มีสีเทาอ่อนถึงแดง เนื้อดินเป็นดินร่วน

เหนียวปนทราย มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนและมุมคม พบการสะสมแร่ดินเหนียวตลอดหน้าตัดดิน พบการแข็งของน้ำที่ความลึกในช่วง 145-200 เซนติเมตร พบแร่ควอตซ์ที่เป็นก้อนกรวดเม็ดกลมขนาดใหญ่เล็กน้อย พบการสะสมของวัสดุอินทรีย์เป็นจุดในปริมาณน้อยที่ความลึกระหว่าง 170-200 เซนติเมตร ปฏิกิริยาสนามของดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 4.5-5.0)

บริเวณที่ 8: ป่าดิบเขา (KW-8)

ลักษณะดินเป็นดินลึกมาก มีการพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ A-Bt อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 1,097 เมตร ความลาดชันร้อยละ 23 วัดจุดต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนคาคเซิงเขา สภาพพื้นที่เป็นป่าดิบเขา ชั้นดินบนหนา 18 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทราย มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ปฏิกิริยาสนามของดินเป็นกรดปานกลาง (pH 6.0)

ชั้นดินล่าง (18-200+ เซนติเมตร) ดินมีสีแดง เนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทราย มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน พบการสะสมแร่ดินเหนียวตลอดหน้าตัดดิน พบการสะสมของวัสดุอินทรีย์เป็นจุดในปริมาณเล็กน้อย พบก้อนกรวดมุมเหลี่ยมขนาดเล็กถึงใหญ่ของหินไนส์ปริมาณน้อยถึงมาก ปฏิกิริยาสนามของดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด (pH 4.5-5.0)

บริเวณที่ 9: แปลงผักในโรงเรือน (KW-9)

ลักษณะดินเป็นดินลึก มีการพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ Ap-BCrt อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 1,107 เมตร ความลาดชันร้อยละ 11 วัดจุดต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนคาคเซิงเขา สภาพพื้นที่เป็นแปลงผักในโรงเรือน ชั้นดินบนหนา 19 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทราย มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ปฏิกิริยาสนามของดินเป็นกรดปานกลาง (pH 6.0)

ชั้นดินล่าง (19-120 เซนติเมตร) ดินมีสีแดงถึงแดงเข้ม เนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทราย มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน พบการสะสมแร่ดินเหนียวตลอดหน้าตัดดิน และพบชั้นวัดจุดต้นกำเนิดดินที่ความลึกระหว่าง 89-120 เซนติเมตร พบการสะสมของวัสดุอินทรีย์เป็นจุดในปริมาณเล็กน้อย พบแร่ไมกาปริมาณน้อย และพบก้อนกรวดมุมเหลี่ยมขนาดเล็กถึงใหญ่ของหินควอตซ์ปริมาณเล็กน้อยถึงมาก ปฏิกิริยาสนามของดินเป็นกรดปานกลางถึงกรดเล็กน้อย (pH 6.0-6.5)

บริเวณที่ 10: แปลงนา (KW-10)

ลักษณะดินเป็นดินลิกมาก มีการพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ Ap-Bt ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 1,101 เมตร ความลาดชันร้อยละ 9 วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนคาบเชิงเขา สภาพพื้นที่ใช้ทำนาแบบขั้นบันได ชั้นดินบนหนา 16 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลเข้ม และพบจุดประสีแดงเข้ม เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินมีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ปฏิกริยาสนามของดินเป็นกรดปานกลาง (pH 6.0)

ชั้นดินล่าง (16-160 เซนติเมตร) ดินมีสีแดงถึงแดงเข้ม เนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทราย มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน พบการสะสมแร่ดินเหนียวตลอดหน้าตัดดิน พบการสะสมของวัสดุอินทรีย์เป็นจุดปริมาณเล็กน้อย และพบแร่ไมกาปริมาณเล็กน้อย ปฏิกริยาสนามของดินเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5)

1.4 พื้นที่หลักของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง (ภาพที่ 6)

บริเวณที่ 11: แปลงไม้ดอกในโรงเรือน (KW-11)

ลักษณะดินเป็นดินลิกมาก มีการพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ Ap-Bt อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 1,257 เมตร ความลาดชันร้อยละ 7 วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนคาบเชิงเขาที่มาจากหินไนส์ สภาพพื้นที่ถูกปรับให้เป็นขั้นบันไดขนาดกว้างใช้ปลูกไม้ดอกในโรงเรือน ชั้นดินบนหนา 30 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ปฏิกริยาสนามของดินเป็นกรดปานกลาง (pH 6.0)

ชั้นดินล่าง (30-200 เซนติเมตร) ดินมีสีน้ำตาลเข้ม น้ำตาลเข้มปนแดง และแดงเข้ม เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย และดินเหนียวปนทราย ดินมีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน พบการสะสมแร่ดินเหนียวตลอดหน้าตัดดิน ปฏิกริยาสนามของดินเป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก (pH 5.0-5.5)

บริเวณที่ 12: แปลงอุ่นคลุมหลังคา (KW-12)

ลักษณะดินเป็นดินลิกมาก มีการพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ Ap-Bt อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 1,256 เมตร ความลาดชันร้อยละ 11 วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนคาบเชิงเขา สภาพพื้นที่เป็นแปลงอุ่นที่มีหลังคาพลาสติกคลุม ชั้นดินบนหนา 30 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อ

ดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินมีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ปฏิริยาสนามของดินเป็นกรดจัดมาก (pH 5.0)

ชั้นดินล่าง (30-200+ เซนติเมตร) ดินมีสีน้ำตาลเข้มปนแดง และแดงเข้ม เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายและดินเหนียวปนทราย มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน พบการสะสมแร่ดินเหนียวตลอดหน้าตัดดิน พบการสะสมของวัสดุอินทรีย์เป็นจุดปริมาณเล็กน้อย และพบลอยคราบของแร่ดินเหนียวปริมาณน้อย ปฏิริยาสนามของดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดจัดมาก (pH 4.0-4.5)

บริเวณที่ 13: แปลงปลูกพลับ (KW-13)

ลักษณะดินเป็นดินลึกลับมาก มีการพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ Ap-Bt อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 1,269 เมตร ความลาดชันร้อยละ 6 วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนคาคเซิงเขาที่มาจากหินไนส์ สภาพพื้นที่เป็นแปลงพลับเก่า ชั้นดินบนหนา 17 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลปนแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินมีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน พบสารเชื่อมอนุภาคทรายละเอียดค่อนข้างมาก และพบปริมาณเศษรากพืชปริมาณน้อย ปฏิริยาสนามของดินเป็นกรดจัดมาก (pH 5.0)

ชั้นดินล่าง (17-200 เซนติเมตร) ดินมีสีแดงเข้ม เนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทราย ดินมีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน พบการสะสมแร่ดินเหนียวตลอดหน้าตัดดิน พบสารเชื่อมอนุภาคทรายละเอียดค่อนข้างมาก และร่องรอยการสลายตัวของหิน ปฏิริยาสนามของดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดเล็กน้อย (pH 4.0-4.5)

บริเวณที่ 14: แปลงป่าดิบเขา (KW-14)

ลักษณะดินเป็นดินลึกลับมาก มีการพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ A-Bt ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 1,242 เมตร ความลาดชันร้อยละ 30 วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนคาคเซิงเขาที่มาจากหินไนส์ สภาพพื้นที่เป็นป่าดิบเขาธรรมชาติ ชั้นดินบนหนา 18 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลปนแดง และสีน้ำตาลเข้มปนแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินมีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน พบสะพานเชื่อมอนุภาคทรายปริมาณเล็กน้อย ปฏิริยาสนามของดินเป็นกรดจัด (pH 5.5)

ชั้นดินล่าง (18-200 เซนติเมตร) ดินมีสีน้ำตาลปนแดง น้ำตาลเข้มปนแดง และสีแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย และดินเหนียวปนทราย มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน พบการสะสมแร่ดินเหนียว และสะพานเชื่อมอนุภาคทรายปริมาณน้อยตลอดหน้าตัดดิน พบแร่ไมกา ปริมาณเล็กน้อย และชิ้นส่วนของหินไนส์ที่มีการสลายตัวอย่างรุนแรงปริมาณค่อนข้างมากถึงน้อย พบก้อนกรวดมุมเหลี่ยมขนาดเล็กของแร่ควอตซ์ปริมาณเล็กน้อย ปฏิริยาสนามของดินเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5-5.0)

1.5 พื้นที่หน่วยย่อยบ้านโป่งน้อย (ภาพที่ 7)

บริเวณที่ 15: แปลงปลูกผักในโรงเรือน (KW-15)

ลักษณะดินเป็นดินลึกมาก มีการพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ Ap-Bt อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 1,025 เมตร ความลาดชันร้อยละ 30 วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนคาคเซิงเขาที่มาจากหินไนส์ สภาพพื้นที่ถูกปรับให้เป็นชั้นบันไดขนาดกว้างใช้ปลูกผักในโรงเรือน ชั้นดินบนหนา 30 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลเข้มปนเทา เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน พบสะพานเชื่อมอนุภาคทรายปริมาณเล็กน้อย ปฏิริยาสนามของดินเป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.5)

ชั้นดินล่าง (30-200 เซนติเมตร) ดินมีสีน้ำตาลเข้มปนแดง แดงเข้ม และสีแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย และดินเหนียวปนทราย ดินมีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน พบการสะสมแร่ดินเหนียวตลอดหน้าตัดดิน พบการสะสมของวัสดุอินทรีย์เป็นจุดเล็กน้อยในช่วงความลึกระหว่าง 30-50 เซนติเมตร ปฏิริยาสนามของดินเป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก (pH 4.5-5.5)

บริเวณที่ 16: ป่าทุติยภูมิ (KW-16)

ลักษณะดินเป็นดินลึกมาก มีการพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ A-Bt อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 1,035 เมตร ความลาดชันร้อยละ 20 วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนคาคเซิงเขาที่มาจากหินไนส์ สภาพพื้นที่เป็นป่าทุติยภูมิที่มีการตัดไม้ใหญ่ออกทั้งหมด ชั้นดินบนหนา 38 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลเข้ม น้ำตาลเข้มปนแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย และดินร่วนเหนียวปนทราย ดินมีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน พบสะพานเชื่อมอนุภาคทรายปริมาณเล็กน้อย ปฏิริยาสนามของดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด (pH 5.0-5.5)

ชั้นดินล่าง (38-200 เซนติเมตร) ดินมีสีเทาเข้มปนแดง และสีแดง เนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทราย ดินมีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน พบการสะสมแร่ดินเหนียวตลอดหน้าตัดดิน พบสะพานเชื่อมอนุภาคทรายปริมาณเล็กน้อย พบรังปลวกเล็กน้อย มีการสะสมของวัสดุอินทรีย์เป็นจุดปริมาณเล็กน้อย ปฏิริยาสนามของดินเป็นกรดจัดมาก (pH 5.5) สัณฐานวิทยาสนามของดินที่ศึกษาทั้ง 16 บริเวณ พบว่า ทุกดินเป็นดินลิกถึงลิกมาก คือมีชั้นที่เป็นดินมากกว่า 100 เซนติเมตร (เอิบ, 2548) และในพื้นที่ทั้งหมด 5 พื้นที่ของหน่วยย่อย และบริเวณพื้นที่ของสถานีหลัก ในแต่ละบริเวณที่ศึกษามีความสูงจากระดับทะเลปานกลางใกล้เคียงกัน

ดินภายใต้สภาพป่าธรรมชาติ (KW-1, KW-8 และ KW-14) ป่าทุติยภูมิ (KW-4 และ KW-16) ความหนาดินชั้นบนอยู่ในพิสัย 0-49 เซนติเมตร ความลึกตลอดหน้าตัดดิน 0-200 เซนติเมตร มีสีดินตั้งแต่น้ำตาลถึงน้ำตาลเข้มปนเทา ปนแดง สีแดงถึงแดงปนเหลือง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนปนทราย และดินเหนียวปนทราย โดยส่วนใหญ่จะเป็นดินเหนียวปนทราย โครงสร้างของดินทั้งก้อนเหลี่ยมมุมมน ปฏิริยาสนามของดินเป็นกรดจัดมากถึงกรดเล็กน้อย (pH 4.5-6.5)

ดินที่ใช้ทำนาบนชั้นบันได (KW-2 และ KW-10) ดินบนมีความลึกอยู่ในพิสัย 0-22 เซนติเมตร ชั้นดินบนของดินที่ทำนามีความหนาน้อยที่สุดเนื่องจากการทำนาในพื้นที่สูงจำเป็นต้องทำชั้นบันได ซึ่งมีการขุดหน้าดินทิ้ง ทำให้ดินตื้นกว่าบริเวณที่มีการใช้ประโยชน์รูปแบบอื่น ความลึกของดินตลอดหน้าตัดอยู่ในช่วง 0-160 เซนติเมตร สีดินมีสีน้ำตาลถึงน้ำตาลเข้ม และสีแดงถึงแดงเข้ม พบจุดประสีน้ำตาลเข้ม และน้ำตาลเข้มปนแดง และมีสีแดงถึงแดงเข้ม เนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทราย และร่วนเหนียวปนทราย โดยที่ดินบนจะเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย โครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ปฏิริยาสนามดินเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5)

ดินที่ใช้สำหรับการปลูกผัก ไม้ดอก พลับ และองุ่น ความหนาชั้นดินบนอยู่ในพิสัย 0-30 เซนติเมตร ความลึกของดินตลอดหน้าตัดดิน 0-200 เซนติเมตร ยกเว้นบริเวณที่ 9 (KW-9) ที่ดินมีความลึกตลอดหน้าตัดดิน 0-120 เซนติเมตร เนื่องจากการปรับพื้นที่เพื่อทำชั้นบันไดแบบกว้าง โดยการตัดดินส่วนนี้ลงไปถมยังบริเวณที่อยู่ต่ำกว่า มีสีดินตั้งแต่เหลืองถึงแดงเข้ม และในบริเวณที่ 7 (KW-7) พบจุดประสีเทาอ่อน แดง แดงเข้ม น้ำตาลปนเหลือง และสีแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนปนทรายและดินเหนียวปนทราย โดยส่วนใหญ่เป็นดินเหนียวปนทราย ปฏิริยาสนามดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดเล็กน้อย (pH 4.0-6.5)

สีของดินทุกฟีดตอนที่ศึกษา ดินป่าจะมีสีคล้ำกว่าดินที่ปลูกผัก ไม้ดอก ฝรั่ง พลับ และ แปลงนา ในดินที่ใช้ทำนา พบจุดประของดินสีน้ำตาลเข้ม และน้ำตาลเข้มปนแดง และมีสีแดงถึง แดงเข้ม และในบริเวณที่ 7 (KW-7) ก็พบจุดประสีเทาอ่อน แดง แดงเข้ม น้ำตาลปนเหลือง และสีแดง ซึ่งเกิดจากการมีน้ำขัง และแสดงให้เห็นถึงสภาวะการเกิดออกซิเดชัน และรีดักชันสลับกัน (Buol *et al.*, 2003) แต่ในดินนาไม่พบจุดประตั้งแต่ความลึก 65 เซนติเมตรเป็นต้นไป เนื่องจากการ ทำนาข้าวบนพื้นที่ลาดชันสูงจะมีผลซึ่งเกิดจากอิทธิพลการขังน้ำเพียงในตอนบนของหน้าตัดดิน เท่านั้น (เอิบ, 2546) เนื้อดิน ในทุกฟีดตอนส่วนใหญ่จะเป็นดินเหนียวปนทราย และมีการชะล้างดิน เหนียวจากชั้นดินบนมาสะสมในชั้นดินล่างเป็นชั้นอาร์จิลลิก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) ซึ่งแสดงถึงการพัฒนาการของดินในทุกฟีดตอนมีค่อนข้างสูง โครงสร้างของดินเป็นแบบเม็ดกลมใน ชั้นดินบนแสดงว่า มีปริมาณอินทรีย์วัตถุที่มากพอที่จะทำให้เกิดโครงสร้างแบบนี้ได้ โดยเฉพาะใน พื้นที่ป่า (นิวัติ, 2546; Butzer, 1976; Buol *et al.*, 2003)

ดินที่มีการเปลี่ยนสภาพป่าไปเป็นพื้นที่ทำการเกษตร มีผลทำให้สัณฐานวิทยาของดิน เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ในพื้นที่ปลูกพืชผัก ไม้ดอก และ ไม้ผล มีผลจากปริมาณอินทรีย์วัตถุ และ ปริมาณความชื้น ในดินที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ส่วนในพื้นที่ทำนาข้าวมีผลมาจากการขังน้ำ ของดิน ปฏิกริยาสนามของดินในพื้นที่ทั้งหมดที่ศึกษานี้เป็นกรดจัดเนื่องจากกระบวนการชะล้าง แคตไอออนออกไปจากหน้าตัดดิน ทำให้มีไฮโดรเจนไอออนสะสมที่ผิวอนุภาคของดินเหนียวใน ปริมาณมาก (Brady and Weil, 2008; John and Kelling, 2001)

กล่าวคือดินที่มีการเปลี่ยนสภาพป่าไปเป็นพื้นที่ทำการเกษตร มีผลทำให้สัณฐานวิทยา ของดินเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ในพื้นที่ปลูกพืชผัก ไม้ดอก และ ไม้ผล มีผลจากปริมาณอินทรีย์วัตถุ และปริมาณความชื้นในดินที่มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ส่วนในพื้นที่ทำนาข้าวมีผลมาจากการขัง น้ำของดิน ปฏิกริยาสนามของดินในพื้นที่ทั้งหมดที่ศึกษานี้เป็นกรดจัดเนื่องจากกระบวนการชะ ลายแคตไอออนออกไปจากหน้าตัดดิน ทำให้มีไฮโดรเจนไอออนสะสมที่ผิวอนุภาคของดิน เหนียวในปริมาณมาก (Brady and Weil, 2008; John and Kelling, 2001)

2. สมบัติทางกายภาพของดิน

2.1 การแจกกระจายของขนาดอนุภาคและชั้นเนื้อดิน

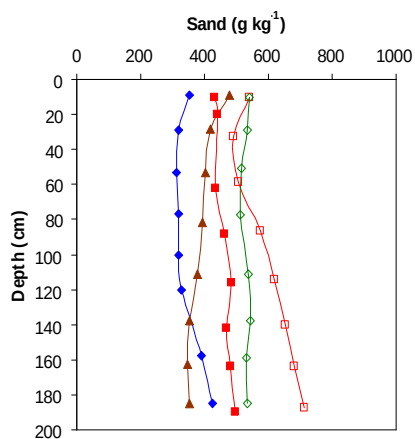
ผลการศึกษาการแจกกระจายขนาดอนุภาคของดิน ขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว (ภาพที่ 8) ตามความลึกในแต่ละชั้นแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 1

การแจกกระจายของอนุภาคขนาดทรายของดินภายใต้สภาพพื้นที่ป่า (ภาพที่ 8ก) ในชั้นดินบนอยู่ในพิสัย 353-541 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในดินล่างอยู่ในพิสัย 317-713 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนดินที่ทำการเกษตรการแจกกระจายของอนุภาคทราย (ภาพที่ 8ง) ดินบนอยู่ในพิสัย 409-686 กรัมต่อกิโลกรัม และในดินล่างอยู่ในพิสัย 375-793 กรัมต่อกิโลกรัม การแจกกระจายของอนุภาคดินขนาดทรายของดินส่วนใหญ่ค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดหน้าตัดดิน ยกเว้นดินในบริเวณที่ 6 (KW-6) ที่อนุภาคขนาดทรายมีปริมาณเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจนในตอนล่างของหน้าตัดดิน ขณะที่ ดินที่ใช้ปลูกไม้ดอกในโรงเรือน (KW-11) และดินในแปลงปลูกองุ่น (KW-12) มีปริมาณอนุภาคขนาดทรายลดลงจากชั้นดินบนที่มีอยู่ 595 และ 635 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ เหลือเพียงประมาณ 400 กรัมต่อกิโลกรัมและค่อนข้างสม่ำเสมอตลอดชั้นดินล่าง

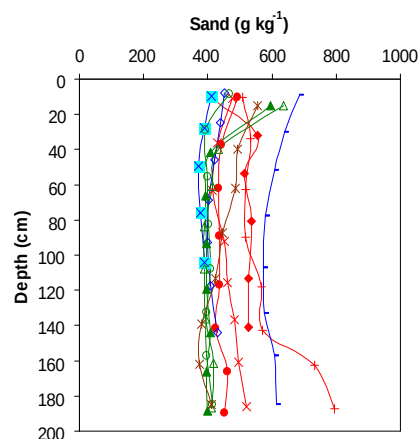
การแจกกระจายของอนุภาคขนาดทรายแป้งของดินภายใต้พื้นที่ป่า (ภาพที่ 8ข) ในชั้นดินบนพบอยู่ในพิสัย 163-415 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในดินล่างอยู่ในพิสัย 172-572 กรัมต่อกิโลกรัม ดินที่ใช้ทำการเกษตร (ภาพที่ 8จ) มีการแจกกระจายของอนุภาคขนาดทรายแป้งในชั้นดินบนอยู่ในพิสัย 147-476 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในดินล่างอยู่ในพิสัย 99-585 กรัมต่อกิโลกรัม การแจกกระจายของอนุภาคดินขนาดทรายแป้งของดินที่ศึกษามีแนวโน้มลดลงตามความลึกยกเว้นบริเวณที่ 8 (KW-8) ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าดิบเขาที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก ซึ่งอาจเนื่องจากความแตกต่างด้านองค์ประกอบของหินวัตถุต้นกำเนิด

การแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินภายใต้พื้นที่ป่า (ภาพที่ 8ค) ในชั้นดินบนอยู่ในพิสัย 163-415 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในดินล่างอยู่ในพิสัย 171-576 กรัมต่อกิโลกรัม และดินภายใต้การทำการเกษตร (ภาพที่ 8ฉ) การแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียวในชั้นดินบนอยู่ในพิสัย 131-476 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในดินล่างอยู่ในพิสัย 99-585 กรัมต่อกิโลกรัม การ

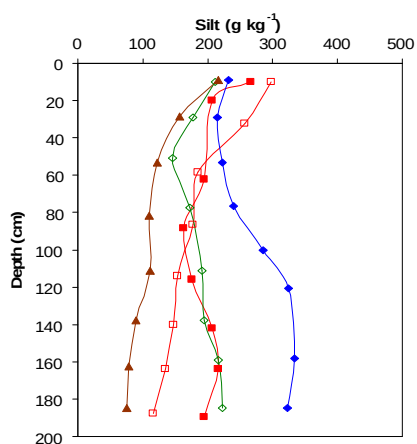
แจกกระจายของอนุภาคดินเหนียวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในคอนบน แต่ลดลงในคอนล่างตั้งแต่ความลึก 60 เซนติเมตร



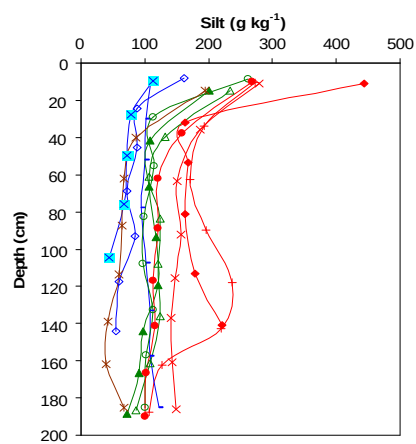
(ก)



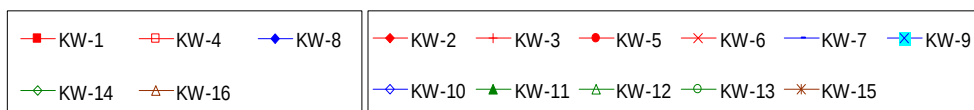
(ง)



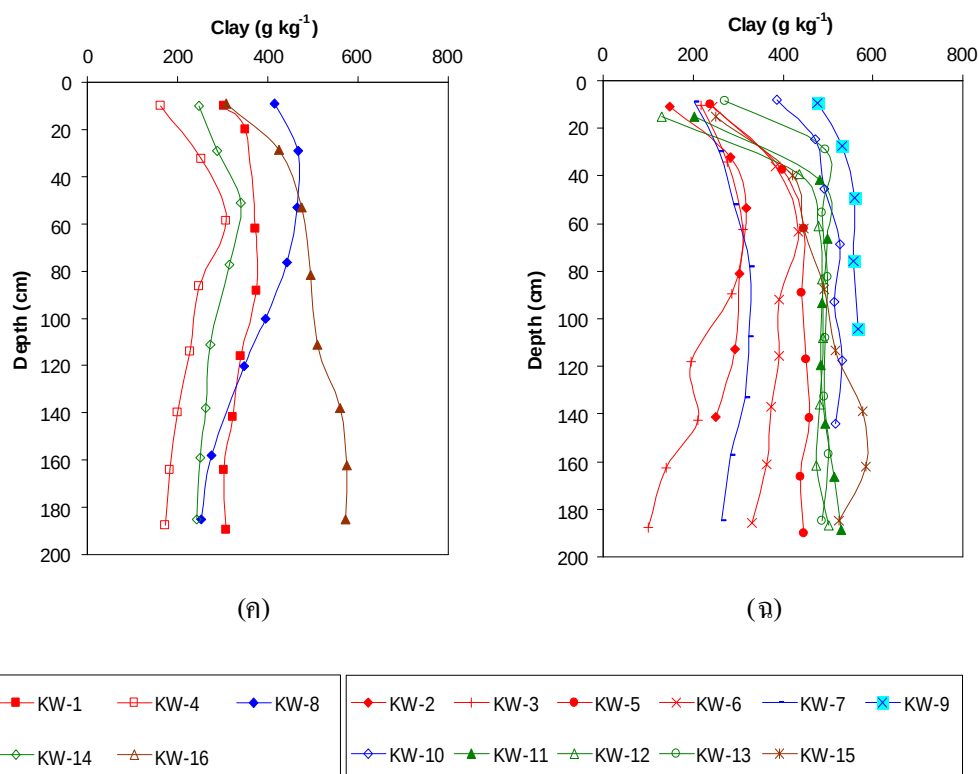
(ข)



(จ)



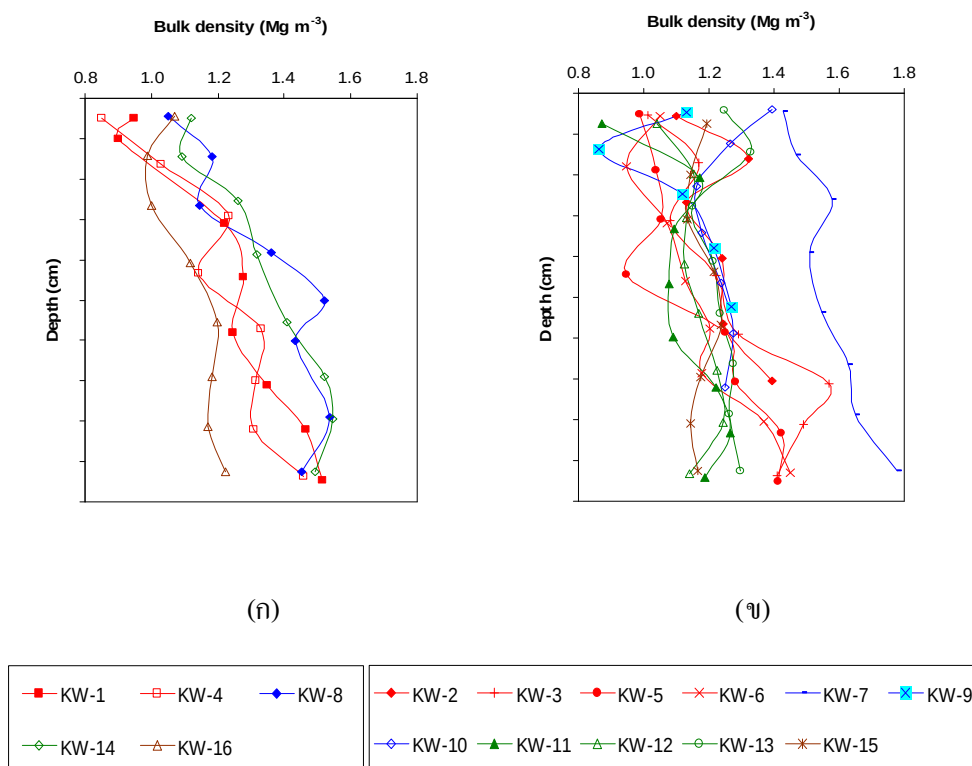
ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอนุภาคนาทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวของดินภายใต้พื้นที่ป่าธรรมชาติ (ก), (ข) และ (ค) และพื้นที่เกษตรกรรม (ง) (จ) และ (ฉ) กับความลึกของดินที่การศึกษา ตามลำดับ



ภาพที่ 8 (ต่อ)

ดินภายใต้สภาพพื้นที่ป่าพบการแจกกระจายของอนุภาคขนาดต่าง ๆ คล้ายคลึงกันโดยอนุภาคขนาดดินเหนียว จะเพิ่มขึ้นตามความลึกจนถึงความลึกประมาณ 60 เซนติเมตร ปริมาณดินเหนียวจะลดลงเล็กน้อย พื้นที่ที่ใช้ทำการเกษตรลักษณะการแจกกระจายของเนื้อดินภายในหน้าตัดดินคล้ายคลึงกับพื้นที่ป่า ยกเว้นอนุภาคขนาดทรายแป้งที่มีแนวโน้มสูงสุดในชั้นดินบน แล้วลดลงชัดเจนในชั้นดินถัดไป อาจเป็นเพราะในระยะแรกของการบุกเบิกพื้นที่ อนุภาคขนาดดินเหนียวอาจจะสูญเสียไปเนื่องจากการกร่อนดินในลักษณะแผ่นบาง (sheet erosion)

เนื้อดินส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว และดินร่วนเหนียวปนทราย ซึ่งในดินภายใต้พื้นที่ป่าส่วนใหญ่มีเนื้อดินร่วนเหนียวปนทราย และดินที่ทำการเกษตรส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ซึ่งเกิดจากการเคลื่อนย้ายเชิงกล (lessivage) ของอนุภาคขนาดเล็ก และกระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุจาก



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความหนาแน่นรวมของดินภายใต้พื้นที่ป่าธรรมชาติ (ก) และพื้นที่เกษตรกรรม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

ชั้นดินบน (eluviation) ไปสะสมในดินชั้นล่าง ทำให้ดินตอนบนมีอนุภาคขนาดใหญ่เหลืออยู่มาก ส่วนดินตอนล่างจะมีอนุภาคขนาดเล็กโดยเฉพาะดินเหนียวเพิ่มขึ้น (Buol *et al.*, 2003) ส่วนในบางดินพบว่าอนุภาคขนาดดินเหนียวลดลงที่ความลึก 150 เซนติเมตรเนื่องจากวัตถุต้นกำเนิดอาจได้รับการชะละลายน้อยหรือมีการสลายตัวซ้ำ

2.2 ความหนาแน่นรวมของดิน

ความหนาแน่นรวมของดินวัดโดยวิธี core method ตามความลึกในแต่ละชั้นกำเนิดดิน ค่าที่วิเคราะห์ได้แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 6 โดยใช้เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดินในตารางผนวกที่ (นงคราญ, 2529)

ดินในสภาพป่าธรรมชาติ (ภาพที่ 9ก) มีความหนาแน่นรวมดินบนอยู่ในระดับต่ำ อยู่ในพิสัย 0.9-1.1 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ขณะที่ในดินล่างอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (1-1.6 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ดินที่มีการทำการเกษตร (ภาพที่ 9ข) ความหนาแน่นรวมดินบนอยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างต่ำ (0.9-1.4 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) ส่วนดินล่างอยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างสูง (0.9-1.8 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

ดินในทุกบริเวณมีความหนาแน่นรวมของดินในดินบนต่ำกว่าในดินล่าง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก เนื่องจาก ดินบนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าและมีการเคลื่อนย้ายดินเหนียวสู่ชั้นดินล่าง ซึ่งอนุภาคที่มีขนาดเล็กละเอียดจะแทรกตัวอยู่ในช่องว่างในดินมีผลทำให้ดินแน่นทึบขึ้น (Brady and Weil, 2008; Foth, 1990) โดยปกติแล้ว เมื่อมีการเปลี่ยนพื้นที่ป่ามาใช้ในการเกษตรมักจะมีผลทำให้ความหนาแน่นรวมของดิน โดยเฉพาะดินบนเพิ่มสูงขึ้น เนื่องจากการสูญเสียอินทรีย์วัตถุ อาจเกิดจากการไถพรวนแล้วไปเร่งอัตราการสลายตัว หรือสูญหายไปกับการกร่อนดิน (Kaspar *et al.*, 1990) เป็นต้น ขณะที่ในดินชั้นที่อยู่ข้างใต้ชั้นดินบนก็อาจแน่นทึบขึ้นได้เนื่องจากแรงกดทับของเครื่องจักรกล (Hamza and Anderson, 2004) อย่างไรก็ตาม ในกรณีของพื้นที่ขุนวางนี้ จะพบว่า ความหนาแน่นรวมทั้งในดินบน และดินล่างของพื้นที่ป่าธรรมชาติและพื้นที่ที่ถูกนำมาใช้เพื่อการเกษตรกรรมรูปแบบต่าง ๆ ไม่มีความแตกต่างกันมากนัก ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจาก 1) ในบริเวณพื้นที่สูงนี้ การทำการเกษตรจะไม่ใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตรขนาดใหญ่ (นิวัติ, 2546) ดินจึงไม่เกิดการแน่นทึบในตอนล่าง 2) มีการเพิ่มเติมอินทรีย์วัตถุในรูปของปุ๋ยหมัก และปุ๋ยคอกอยู่อย่างสม่ำเสมอ 3) เกษตรกรมักจะผสมคลุกเคล้าเศษเหลือของพืชลงไปดินโดยไม่มีการเผาเหมือนกับในพื้นที่ราบที่มีการปลูกพืชไร่ 4) อุณหภูมิในพื้นที่สูงที่ค่อนข้างต่ำทำให้การสลายตัวของอินทรีย์วัตถุเกิดในอัตราที่ช้าด้วย (Westermann, 2004) และ 5) การจัดการด้านการอนุรักษ์ดิน เช่น การปลูกพืชบนขั้นบันไดทั้งในระบบบนนอกโรงเรียนและในโรงเรียนซึ่งทำให้การกร่อนดินเกิดขึ้นได้น้อย ซึ่งโดยปกติแล้วการกร่อนดินมักจะทำให้เกิดการสูญเสียอนุภาคดินขนาดเล็กและอินทรีย์วัตถุออกไปจากชั้นผิวดิน มีผลทำให้ดินแน่นทึบขึ้น หรืออีกนัยหนึ่งก็คือทำให้ค่าความหนาแน่นรวมของดินสูงขึ้น (นิวัติ, 2546)

ในกรณีของดินบริเวณที่ 7 (KW-7) ที่ใช้สำหรับการปลูกผักนอกโรงเรียน พบว่ามีค่าความหนาแน่นรวมทั้งในดินล่างและดินบนสูงกว่าดินในบริเวณอื่นอย่างชัดเจน น่าจะมีสาเหตุมาจากการที่ดินในบริเวณนี้มีอนุภาคนาขนาดทรายสูงมากกว่า ซึ่งลักษณะเม็ดทรายที่สลายตัวมาจากหินไนส์มักมีขนาดไม่เท่ากัน (Blatt and Tracy, 1996) และอนุภาคนาขนาดเล็บบางส่วนอาจเกิดจาก

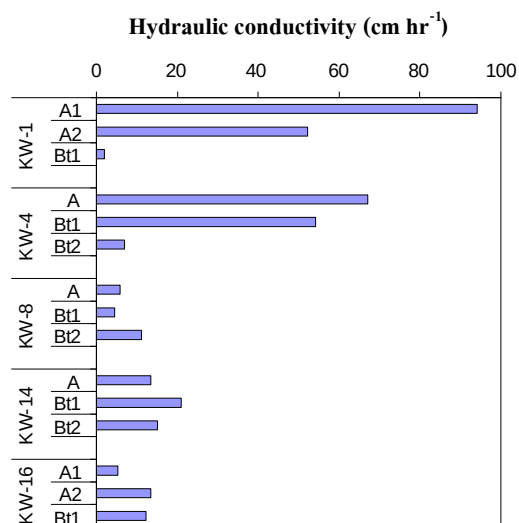
การทับถมของวัสดุที่เป็นตะกอนน้ำพาท้องถิ่น ซึ่งเมื่อทรายที่มีขนาดเล็กกว่าน่าจะไปอุดตันตามช่องว่าง ส่งผลให้ความหนาแน่นรวมของดินสูงกว่าในบริเวณอื่น ๆ

2.3 สภาพน้ำของดินขณะอิ่มตัว

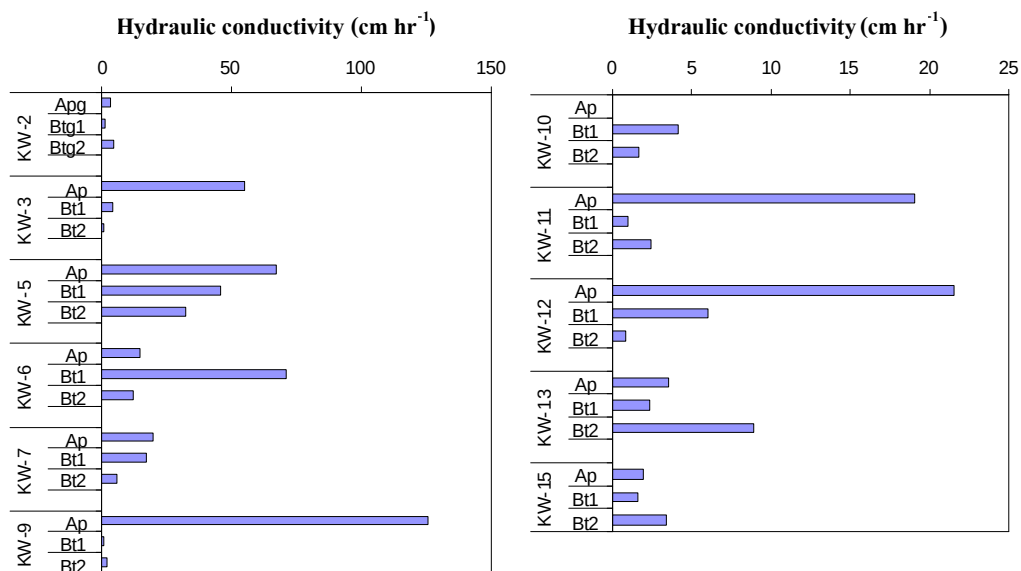
ค่าสภาพน้ำของดินขณะอิ่มตัว (O' Neal, 1952) ตามความลึกในแต่ละชั้นกำเนิดดิน แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 7

สภาพน้ำของดินขณะอิ่มตัวของดินที่ศึกษาอยู่ในระดับชั้นมากถึงเร็วมาก โดยในพื้นที่ป่าธรรมชาติ ดินบนมีค่าอยู่ในระดับปานกลางถึงเร็วมาก (5.4-94.2 เซนติเมตรต่อชั่วโมง) ดินล่างช้ามากถึงเร็วมาก (0.01-54.1 เซนติเมตรต่อชั่วโมง) ในพื้นที่ใช้ทำการเกษตร ดินบนและดินล่างอยู่ในระดับช้ามากถึงเร็วมาก (0.07-125.6 และ 0.02-100.4 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ตามลำดับ)

ดินภายใต้สภาพป่าธรรมชาติ (ภาพที่ 10) และดินที่ทำการเกษตร (ภาพที่ 11) ค่าสภาพน้ำของดินขณะอิ่มตัวของดินบนของดินส่วนใหญ่มากกว่าดินล่างเนื่องจากดินบนโครงสร้างดีกว่ามีปริมาณช่องว่างในดินมากกว่าเนื่องจากมีปริมาณอินทรีย์วัตถุที่สูงกว่าซึ่งง่ายต่อการเกิดเม็ดดิน และมีโครงสร้างที่เสถียร (Iwata *et al.*, 1995; Hillel, 1998; Juma, 2001) ยกเว้นดินบริเวณที่ 2 (KW-2) และ 10 (KW-10) ที่เป็นแปลงนา เพราะวดินนามีการทำเทือกเพื่อให้ขังน้ำได้ ส่วนดินในบริเวณที่ 9 (KW-9) และดินในบริเวณที่ 15 (KW-15) ซึ่งเป็นแปลงผักภายใต้โรงเรือน มีการปาดหน้าดินบนทิ้งไป ทำให้เหลือแต่ดินล่างที่มีการสะสมอนุภาคดินเหนียวอยู่มากดินจึงมีค่าสภาพน้ำของดินขณะอิ่มตัวช้า แต่ในดินบริเวณที่ 9 (KW-9) นี้ดินบนมีการเพิ่มอินทรีย์วัตถุในดินบน ค่าสภาพน้ำของดินขณะอิ่มตัวจึงเร็วมาก



ภาพที่ 10 ค่าสภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวของดินในพื้นที่ป่าธรรมชาติกับความลึกของดินที่ทำการศึกษา



ภาพที่ 11 ค่าสภาพการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวของดินที่ใช้ทำการเกษตรกับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

3. สมบัติทางเคมี

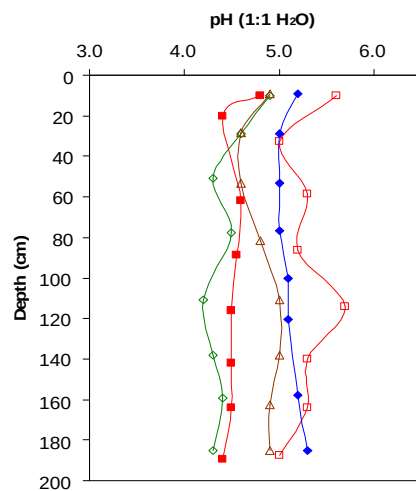
การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษา แสดงผลไว้ในตารางผนวกที่ 2 โดยพิจารณาตามเกณฑ์การประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินตามตารางผนวกที่ 4 (Land Classification Division และ FAO Project Staff, 1973; Soil Survey Division Staff, 1993) ผลการศึกษามีดังต่อไปนี้

3.1 ปฏิกริยาดิน

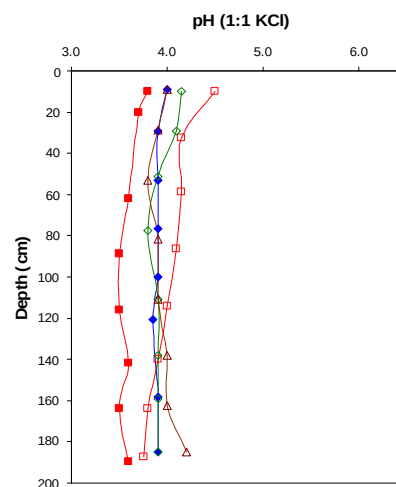
ดินภายใต้สภาพป่าธรรมชาติ ปฏิกริยาดินวัดโดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1 (ภาพที่ 12 ก) พบว่า ดินบน (ชั้น A) ปฏิกริยาดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดจัดมาก (pH 4.4-5.2) ส่วนในดินล่างเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 4.6-5.7) สำหรับปฏิกริยาดินที่วัดโดยใช้อัตราส่วนดินต่อสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 1 โมลาร์ อัตราส่วน 1:1 (ภาพที่ 12 ข) พบว่า ดินบนมีปฏิกริยาเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดจัดมาก (pH 3.8-4.5) ส่วนในดินล่างเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 3.6-4.2)

ดินในพื้นที่เกษตรกรรม ปฏิกริยาดินวัดโดยใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำใน 1:1 (ภาพที่ 12 ค) พบว่า ดินบนเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 4.6-5.9) ส่วนในดินล่างเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดปานกลาง (pH 4.1-6) สำหรับปฏิกริยาดินที่อัตราส่วนดินต่อสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 1M อัตราส่วน 1:1 (ภาพที่ 12 ง) พบว่าทั้งในดินบนและดินล่างมีปฏิกริยาดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดจัด (pH 3.6-5.3) และ pH 3.6-5.1 ตามลำดับ)

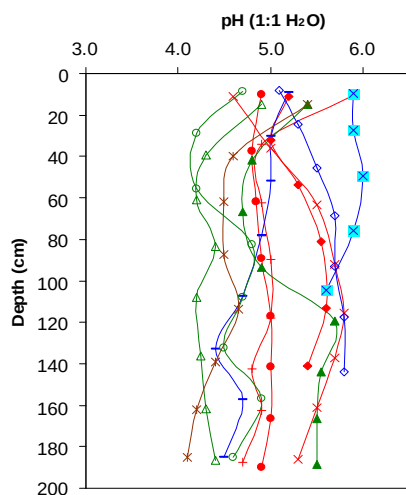
ปฏิกริยาดินของดินที่ศึกษา พบว่า ดินในพื้นที่ขุนวางทั้งหมดเป็นกรดโดยอยู่ในเกณฑ์ตั้งแต่กรดปานกลางถึงกรดรุนแรงมาก ค่าพีเอชดินของดินภายใต้สภาพป่าธรรมชาติส่วนใหญ่มีค่าต่ำกว่าค่าที่พบในดินที่ใช้ทำเกษตร ขณะที่พื้นที่ที่ใช้ทำการเกษตรในโรงเรือน ค่าพีเอชของดินมีแนวโน้มสูงกว่าพื้นที่อื่น เนื่องจากอิทธิพลของการจัดการดิน โดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยและการชะละลายที่เกิดขึ้นน้อยกว่า อย่างไรก็ตามดินทั้งหมดมีปฏิกริยาเป็นกรด มีพีเอชของค่าพีเอชอยู่ระหว่าง 4.1-6.0 สำหรับการที่ดินเป็นกรดผลมาจากกระบวนการชะละลายแคตไอออนที่เป็นเบสออกไปจากหน้าตัดดิน ทำให้มีไฮโดรเจนไอออนสะสมที่ผิวอนุภาคของดินเหนียวในปริมาณมาก นอกจากนี้ดินที่มีปฏิกริยาดินเป็นกรดมากกว่าดินอื่น แสดงว่ามีการชะละลายที่รุนแรงกว่า และดินมีพัฒนาการที่ค่อนข้างสูงกว่าด้วย (Ulrich, 1991; Bloom, 2000; Brady and Weil, 2008)



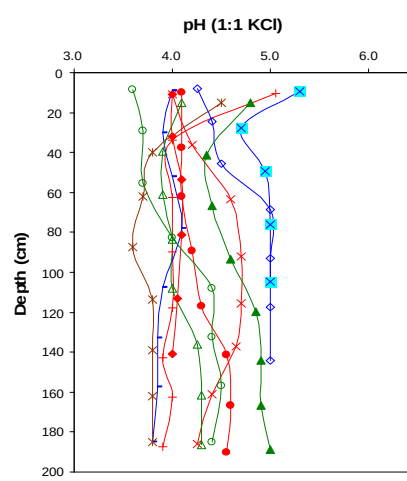
(ก)



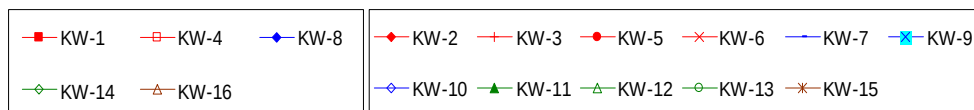
(ข)



(ค)



(ง)



ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพีเอชดินที่วัดในน้ำ และค่าพีเอชดินที่วัดในสารละลาย

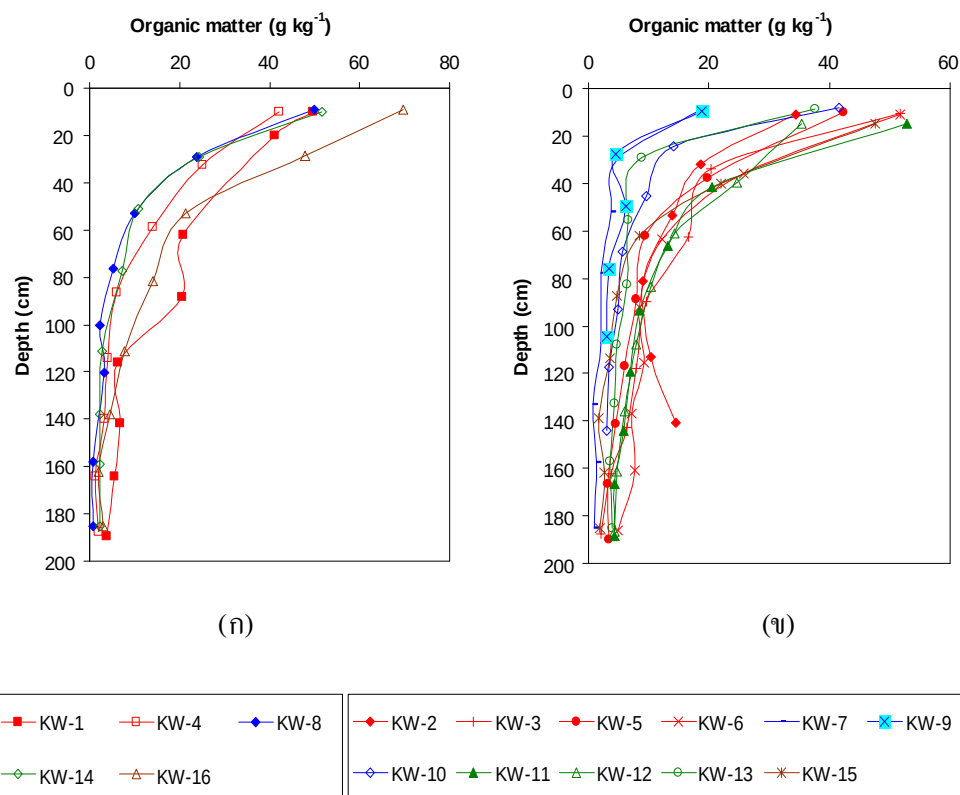
โพแทสเซียมคลอไรด์ 1 โมลาร์ ของดินในพื้นที่ป่าธรรมชาติ (ก) และ (ค) และดินในพื้นที่เกษตรกรรม (ข) และ (ง) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

3.2 ปริมาณอินทรีย์วัตถุ

ดินภายใต้สภาพป่าธรรมชาติ (ภาพที่ 13ก) ดินบนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก (10.9-69.7 กรัมต่อกิโลกรัม) และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง (0.7-20.7 กรัมต่อกิโลกรัม) ในดินล่าง

ดินในพื้นที่เกษตรกรรม (ภาพที่ 13ข) ดินบนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำถึงสูงมาก (4.4-52.9 กรัมต่อกิโลกรัม) และมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง (1.0-16.6 กรัมต่อกิโลกรัม) ในดินล่าง

ปริมาณอินทรีย์วัตถุของดินที่ทำการศึกษา พบอยู่ในพิสัย 0.7-69.7 กรัมต่อกิโลกรัม โดยปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าสูงมากในดินบนภายใต้สภาพป่าธรรมชาติ แต่ก็ใกล้เคียงกับพื้นที่ที่ใช้ทำการเกษตร โดยเฉพาะแปลงปลูกไม้ดอกและแปลงผักในโรงเรือนที่มีค่าสูงถึง 52.69 และ 51.63 กรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ แสดงว่า ดินในพื้นที่ป่าธรรมชาติ หรือป่าที่ถูกรบกวนในบริเวณพื้นที่ขุนวาง ดินยังคงมีการสะสมอินทรีย์วัตถุในดินตอนบนอยู่สูง การที่ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสะสมอยู่สูงในดินบนเป็นผลมาจากการสลายตัวของเศษซากอินทรีย์ที่สะสมอยู่ในดินจากธรรมชาติ และการจัดการดิน โดยเฉพาะดินที่มีการพัฒนาในสภาพป่าไม้จะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุที่สูง (Thomson and Troch, 1978) จากภาพที่ 14ก บริเวณที่ 16 (KW-16) ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าทุติยภูมิที่มีการตัดไม้ใหญ่ออกหมดแล้ว ขณะที่ทำการศึกษพื้นที่ถูกปกคลุมด้วยวัชพืชและไม้พุ่มค่อนข้างหนา ในชั้นดินบนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงมาก คือเท่ากับ 69.7 กรัมต่อกิโลกรัม ขณะที่ดินป่าอื่น ๆ ที่ทำการศึกษาในพื้นที่ขุนวางก็มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในชั้นดินบนสูงมาก คือมีค่ากว่า 40 กรัมต่อกิโลกรัม แสดงให้เห็นว่า ดินที่พัฒนาภายใต้สภาพป่าดิบเขา มักมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสะสมอยู่สูง ถึงแม้ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงสภาพป่าโดยการตัดไม้ใหญ่ออกทั้งหมด ดังเช่น ดินในบริเวณที่ 4 และ 16 แต่การที่ปล่อยให้พืชขนาดเล็กขึ้นปกคลุมอย่างหนาแน่น การกร่อนดินเกิดได้น้อย ประกอบกับพืชพรรณสามารถเจริญเติบโตได้เร็วในสภาพพื้นที่ค่อนข้างมาก (Sanchez, 1976) จึงช่วยเพิ่มเติมอินทรีย์วัตถุอย่างสม่ำเสมอ ส่วนการที่อุณหภูมิในพื้นที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 26.4 องศาเซลเซียส ซึ่งค่อนข้างต่ำ ทำให้อัตราการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุค่อนข้างช้าด้วย (Westermann, 2004)



ภาพที่ 13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินภายใต้สภาพป่า (ก) และพื้นที่เกษตรกรรม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

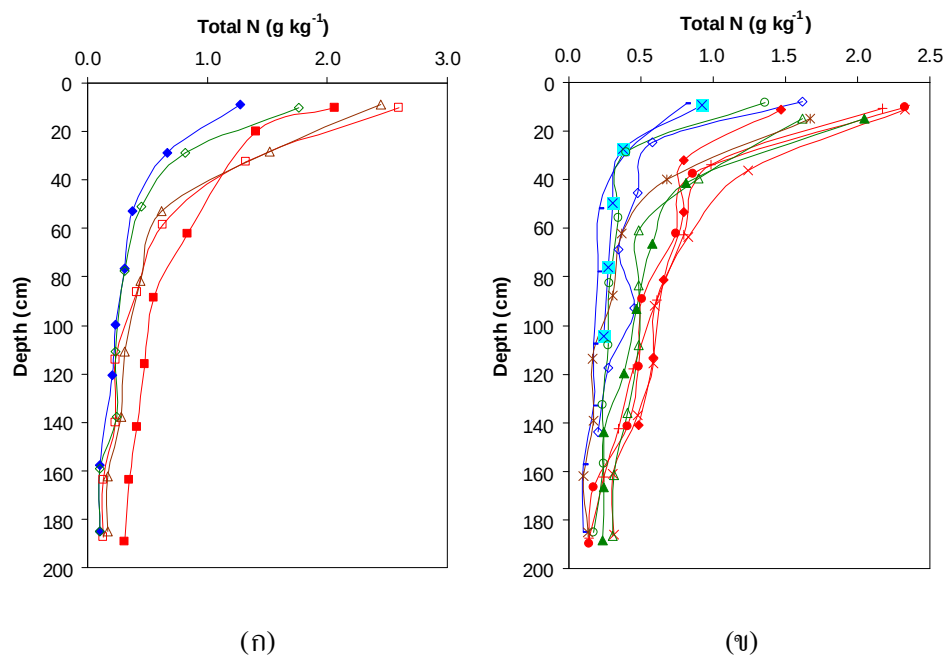
โชติ และคณะ (2529) กล่าวว่า การเปลี่ยนการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่ป่าไม้มาทำการเกษตรติดต่อกันเป็นเวลานานและไม่มีการบำรุงดิน ส่งผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินลดลง ยกตัวอย่างเช่น พื้นที่บริเวณที่ 7 (KW-7) ซึ่งอยู่ในหน่วยย่อยโป่งลมแรง-ปากกล้วย เป็นแปลงผักนอกโรงเรียนที่เนื้อดินค่อนข้างหยาบทำให้มีการชะละลายค่อนข้างสูงกว่าดินในบริเวณอื่น และพื้นที่อยู่ตอนปลายของที่ลาดเชิงเขาซึ่งอาจพบปัญหาเรื่องการกร่อนดินอยู่บ้าง ประกอบกับขาดการบำรุงดินที่เหมาะสมทำให้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ โดยมีปริมาณในดินบนเพียง 3.7 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งใกล้เคียงกับ พื้นที่บริเวณที่ 9 (KW-9) ที่ตั้งอยู่ในหน่วยย่อยเดียวกัน มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินบนเท่ากับ 4.4 กรัมต่อกิโลกรัม แต่ในกรณีนี้ จะเกิดจากการปรับพื้นที่เพื่อการทำขั้นบันไดขนาดกว้าง โดยการปาดดินที่อยู่ตอนบนของหน้าตัดดินลงไปยังขั้นบันไดที่อยู่ต่ำกว่า ทำให้ดินล่างโผล่ขึ้นมาแทน อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับดินที่อยู่ในโรงเรียนอื่นๆ ดังเช่น บริเวณแปลงผักหน่วยย่อยขุนแมวก 1 (KW-3) แปลงไม้ดอก (KW-11) ที่อยู่ในพื้นที่หลักของศูนย์ฯ และแปลงผัก (KW-15) ในหน่วยย่อยโป่งน้อย พบว่า พื้นที่เหล่านี้ ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับที่สูง เนื่องจากการ

จัดการด้านอินทรีย์วัตถุที่เหมาะสม โดยมีการใส่ปุ๋ยคอก ในรูปของ มูลวัว มูลกระบือ และมูลไก่ เช่นเดียวกับปุ๋ยหมักในอัตราที่สูงพอสมควร จึงทำให้ดินบนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงใกล้เคียงกับในพื้นที่ป่าธรรมชาติ ส่วนดินล่างปริมาณอินทรีย์วัตถุจะลงไปสะสมในปริมาณน้อย เนื่องจากดินในเขตร่อนการย่อยสลายอินทรีย์วัตถุในดินบนจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว การชะละลายลงไปสะสมในดินล่างจึงเกิดขึ้นน้อย ปริมาณอินทรีย์วัตถุที่วิเคราะห์ได้จึงมีปริมาณต่ำ (Sanchez, 1976; Virgo and Holmes, 1977)

3.3 ปริมาณไนโตรเจนรวม

ปริมาณไนโตรเจนรวมของดินทุกบริเวณ ในชั้นดินบนจะมีปริมาณสูงกว่าในชั้นดินล่าง และมีแนวโน้มลดลงตามความลึกสอดคล้องกับการแจกกระจายภายในหน้าตัดดินกับปริมาณอินทรีย์วัตถุ ในดินป่าธรรมชาติ ดินบนมีปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (1.27-2.59 กรัมต่อกิโลกรัม) ขณะที่ดินล่างอยู่ในระดับต่ำมาก (0.10-0.83 กรัมต่อกิโลกรัม) สำหรับพื้นที่ที่ใช้ทำการเกษตร ดินบนมีปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง (0.81-2.33 กรัมต่อกิโลกรัม) และในดินล่างอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ (0.1-1.25 กรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งจากภาพที่ 15 จะสังเกตได้ว่า การสะสมไนโตรเจนทั้งในดินป่าธรรมชาติ (ภาพที่14 ก) และในดินที่ใช้สำหรับการเกษตรกรรม (ภาพที่14 ข) มีลักษณะเหมือนกันทั้งในดินบนและดินล่าง เช่นเดียวกับการแจกกระจายภายในหน้าตัดดิน แต่จากการที่ดินทั้งหมดมีปริมาณไนโตรเจนค่อนข้างต่ำทั้งในสภาพธรรมชาติและที่มีการปลูกพืช แสดงให้เห็นว่า ไนโตรเจนไม่สามารถอยู่ในระบบดินในปริมาณมาก เพราะว่าการที่ปริมาณไนโตรเจนต่ำมากจะเกิดจากการที่พืชและจุลินทรีย์ดินนำไปใช้ จากกระบวนการชะละลายและจากการที่สูญเสียในรูปแก๊ส (ไพบูลย์, 2528)

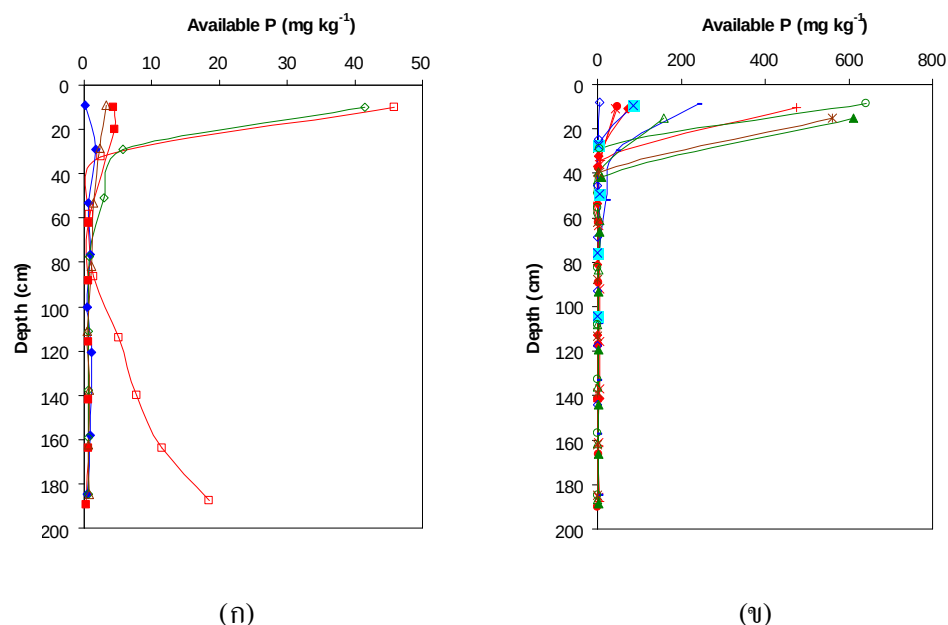
ปริมาณไนโตรเจนรวมของดินภายใต้สภาพป่า และภายใต้การทำการเกษตร ดินทุกฟีดอนในชั้นดินบนจะมีปริมาณสูงกว่าในชั้นดินล่างและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก และมีแนวโน้มสอดคล้องกับปริมาณอินทรีย์วัตถุการเปลี่ยนแปลงของปริมาณไนโตรเจนรวม ที่มีรูปแบบที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์วัตถุในดิน เนื่องจากไม่พบว่ามีหินหรือแร่ชนิดใดที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ฉะนั้นความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินจึงมีผลมาจากการเปลี่ยนรูปจากอินทรีย์ไนโตรเจนเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนเท่านั้น (ไพบูลย์, 2528; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)



ภาพที่ 14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณไนโตรเจนรวมในดินภายใต้สภาพป่า (ก) และพื้นที่เกษตรกรรม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

3.4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ดินภายใต้สภาพป่า (ภาพที่ 15ก) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินบนอยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงมาก (2.2-45.8 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และระดับต่ำมากถึงค่อนข้างสูง (0.29-18.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ในดินล่าง ส่วนดินที่ใช้ทำการเกษตรกรรม (ภาพที่ 15ข) พบว่า ดินบนมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงสูงมาก (6.1-643 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) และต่ำมากถึงสูงในดินล่าง (0.3-44 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)



ภาพที่ 15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินภายใต้สภาพป่า (ก) และพื้นที่เกษตรกรรม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

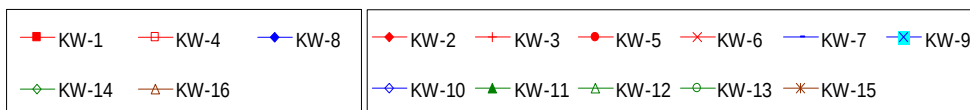
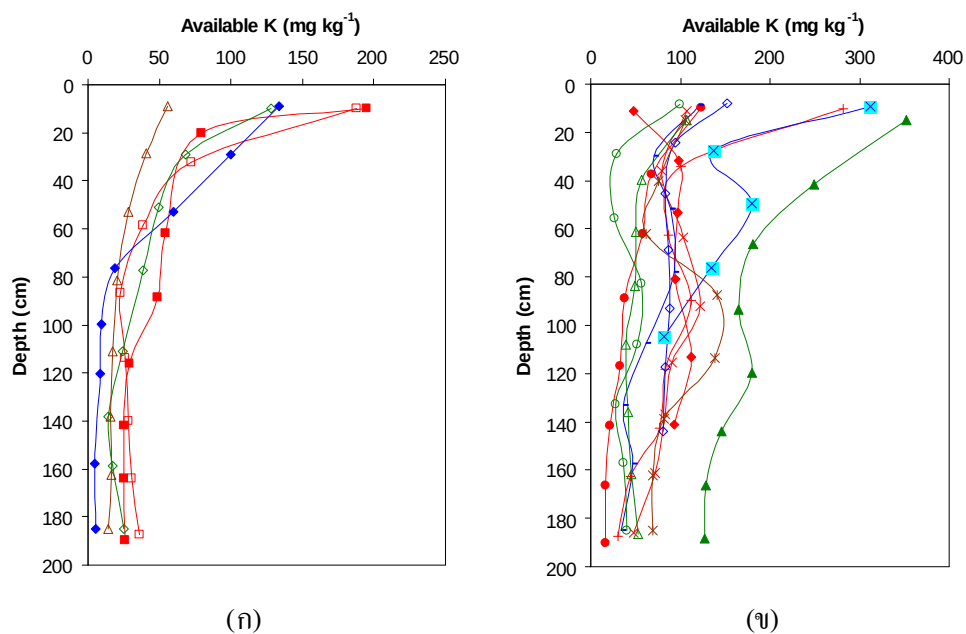
ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในชั้นดินบนจะมีปริมาณสูงกว่าในชั้นดินล่างและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ดินบนภายใต้โรงเรือนมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงถึงสูงมากและมีค่าสูงสุดอยู่ในแปลงพลับ (KW-13) คือ 643 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยพบว่า ดินในพื้นที่ป่าธรรมชาติและแปลงนามักมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมาก ทั้งนี้เนื่องจาก ดินในพื้นที่ขุนวางมีพัฒนาการมาพอสมควร ผ่านการชะละลายมานานพอที่จะทำให้ปฏิกิริยาดินเป็นกรด เกิดมีไฮดรอกไซด์ของเหล็กและอะลูมิเนียมสะสมอยู่มาก ฟอสฟอรัสจึงถูกตรึงและอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยปกติปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์จะมีความสัมพันธ์กับค่าพีเอชดิน (Sanchez, 1976; Brady and Weil, 2008; Halvin *et al.*, 2005) ซึ่งสอดคล้องกับค่าพีเอชดินในบริเวณที่ศึกษาที่มีค่าต่ำ ทำให้ฟอสฟอรัสมีโอกาสที่จะถูกตรึงให้อยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ อาทิ เหล็กฟอสเฟต และอะลูมิเนียมฟอสเฟต (Brady and Weil, 2008) อีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้พบฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในสภาพป่าธรรมชาติค่อนข้างต่ำ เนื่องจากฟอสฟอรัสที่พบเป็นองค์ประกอบอยู่ในแร่ประกอบหินมักมีอยู่ในปริมาณที่น้อยมาก (Stephen,

2007) ขณะที่พื้นที่ทำการเกษตรอื่น ๆ มักพบธาตุอาหารพืชชนิดนี้ในรูปที่เป็นประโยชน์อยู่สูงมากซึ่งมีสาเหตุมาจากการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสอย่างต่อเนื่องเกินความต้องการของพืชที่ปลูก ทำให้เกิดการสะสมในปริมาณสูงบริเวณชั้นดินบน เมื่อมีการปรับปรุงดิน เช่น การใส่ปุ๋ยหมัก ปุ๋ยคอก หรือปุ๋ย ก็จะทำให้ค่าพีเอชดินสูงขึ้นมีผลทำให้ฟอสฟอรัสสามารถเปลี่ยนแปลงมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ได้มากขึ้น (Sanchez, 1976)

3.5 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

ดินภายใต้สภาพป่าธรรมชาติ (ภาพที่ 16ก) และดินที่ใช้ทำการเกษตร (ภาพที่ 16ข) มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำถึงสูงมากที่มีพิสัยคล้ายคลึงกับฟอสฟอรัส คือพบอยู่ระหว่าง 41-195 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 48-353 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ ส่วนในดินล่างทั้งดินป่าธรรมชาติและดินที่ใช้ทำการเกษตรมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงมาก พบอยู่ในพิสัย 5.2-100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และ 16-249 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

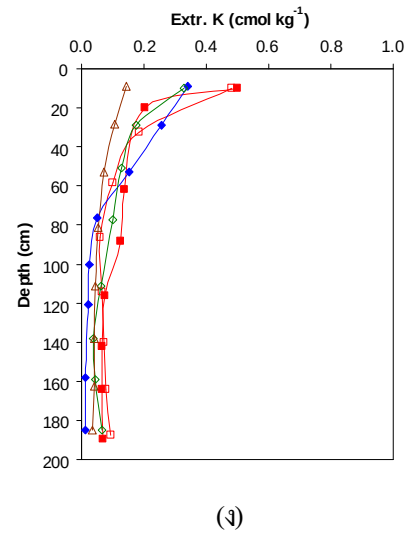
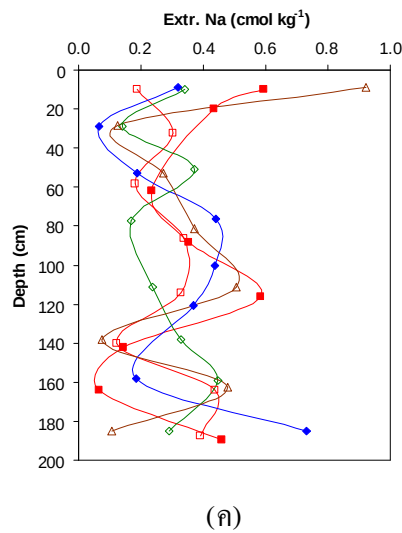
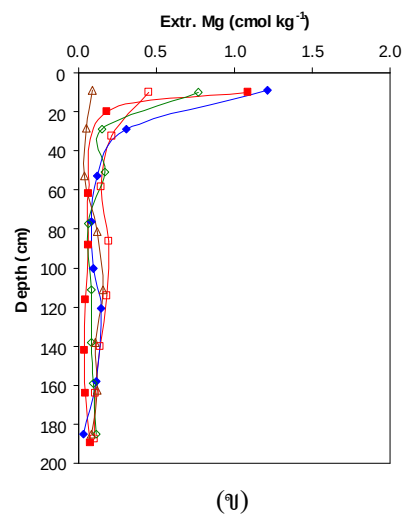
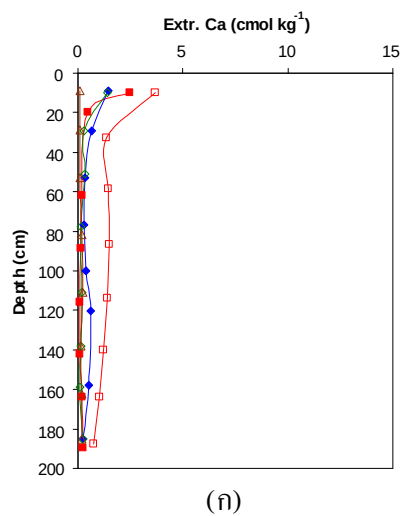
ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำถึงสูงมากในดินบน และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำถึงสูงมากในดินล่าง ซึ่งมีแนวโน้มลดลงตามความลึก และพบว่า แปลงในโรงเรือนส่วนใหญ่มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงมาก ในกรณีแรกน่าจะเป็นผลมาจากวัตถุดิบกำเนิดดินที่เป็นหินในสัซึ่งมีความแตกต่างกันด้านองค์ประกอบเชิงแร่ ที่ในบางบริเวณอาจจะพบแร่ที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบในปริมาณสูง เมื่อเกิดการผุพังสลายตัวก็จะปลดปล่อยธาตุนี้ออกมา ทำให้เกิดการสะสมอยู่ในปริมาณสูง (อภิสิทธิ์, 2522) โดยเฉพาะดินที่พบแร่ไมกาและไบโอไทต์ ดังเช่น ดินในบริเวณที่ 9 (KW-9) ซึ่งเป็นแปลงผักในโรงเรือนที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มากถึง 312 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ขณะที่ในกรณีหลังที่เกิดจากการสะสมโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในปริมาณสูงในดินบน ดังเช่น ดินในบริเวณที่ 11 (KW-11) ซึ่งเป็นแปลงไม้ดอกและอยู่ภายใต้โรงเรือน ที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มากถึง 353 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น่าจะเกิดจากการใส่ปุ๋ยในปริมาณสูงเกินกว่าความต้องการของพืช ทำให้เหลือสะสมอยู่ โดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยนี้ภายใต้สภาพโรงเรือนปกคลุมซึ่งมีการชะละลายในอัตราที่ต่ำกว่าสภาพเปิดตามธรรมชาติซึ่งการชะล้างไม่รุนแรงพอที่จะทำให้โพแทสเซียมเคลื่อนย้ายออกจากหน้าตัดดินได้ทั้งหมด (Thomson and Troeh, 1978; Buol *et al.*, 2003)



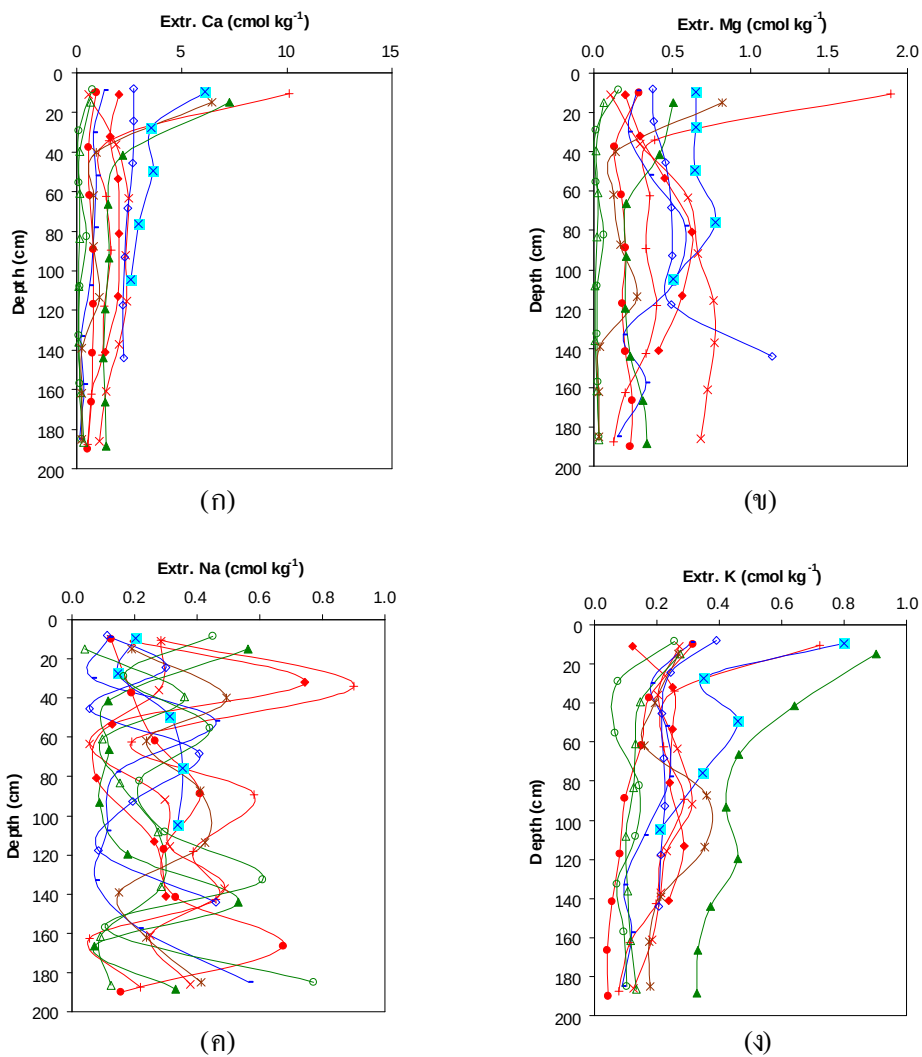
ภาพที่ 16 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินภายใต้สภาพป่า (ก) และพื้นที่เกษตรกรรม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

3.6 ปริมาณเบสที่สกัดได้

ปริมาณเบสที่สกัดได้ ได้แก่ แคลเซียมที่เป็นเบสในรูปที่สกัดได้ ที่ทำการวิเคราะห์ในดินนี้ คือ แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม และโพแทสเซียม ซึ่งผลการศึกษามีดังนี้ (ภาพที่ 17 และ 18)



ภาพที่ 17 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (ก) แมกนีเซียมที่สกัดได้ (ข) โพแทสเซียมที่สกัดได้ และ โซเดียมที่สกัดได้ (ค) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษาภายใต้สภาพป่า



ภาพที่ 18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (ก) แมกนีเซียมที่สกัดได้ (ข) โซเดียมที่สกัดได้ และ โพแทสเซียมที่สกัดได้ (ง) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษาในพื้นที่เกษตรกรรม

3.6.1 ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้

ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดินภายใต้สภาพป่าธรรมชาติ (ภาพที่ 17ก) อยู่ในระดับ ต่ำมากถึงต่ำ มีค่าอยู่ในพิสัย 0.1-3.6 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ดินที่ใช้ทำการเกษตร (ภาพที่ 18ก) อยู่ในระดับ ต่ำมากถึงปานกลาง มีค่าอยู่ในพิสัย 0.1-10.1 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ของทุกสภาพการใช้ที่ดินมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ดินบนที่ใช้ทำการเกษตรมีค่าสูงกว่า โดยเฉพาะดินที่อยู่ภายใต้โรงเรือน คือ บริเวณที่ 3 แปลงผักในพื้นที่หน่วยย่อยขุนแม่วาก (KW-3) บริเวณที่ 9 แปลงผักในพื้นที่หน่วยย่อยโป่งลมแรง-ปากกล้วย (KW-9) บริเวณที่ 11 แปลงไม้ดอกในพื้นที่หลักของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนาวง (KW-11) และบริเวณที่ 15 แปลงผักในพื้นที่ของหน่วยย่อย โป่งน้อย (KW-15) ซึ่งพบปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้สูงสุดอยู่ใน บริเวณที่ 3 เท่ากับ 10.1 สาเหตุที่ดินที่อยู่ภายใต้โรงเรือนมีปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้อยู่สูงกว่าดินภายใต้สภาพป่าธรรมชาติ และป่าทุติยภูมิเพราะ มีการใส่ปุ๋ยเพื่อปรับระดับพีเอชและดินภายใต้สภาพโรงเรือนมีการชะล้างที่รุนแรงน้อยกว่าดินในสภาพพื้นที่โล่งจึงพบปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ต่ำกว่า (Thomson and Troch, 1978; Buol *et al.*, 2003)

3.6.2 ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้

ดินภายใต้สภาพป่าธรรมชาติ (ภาพที่ 17ข) ดินบนมีปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ อยู่ในระดับ ต่ำมากถึงปานกลาง (0.1-1.2 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และในดินล่างมีปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ อยู่ในระดับ ต่ำมาก (0-0.2 เซนติโมลต่อกิโลกรัม)

ดินที่ใช้ทำการเกษตร (ภาพที่ 18ข) ดินบนมีปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ อยู่ในระดับ ต่ำมากถึงปานกลาง (0.1-1.9 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และในดินล่างมีปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ อยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ (0.0-1.1 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ในทุกบริเวณยกเว้นบริเวณที่ 10 ซึ่งเป็นดินนาอยู่ในหน่วยย่อยโป่งลมแรง-ปากกล้วย ในดินบนและดินล่างมีปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (0.4-1.1 เซนติโมลต่อกิโลกรัม)

ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้เกือบทุกบริเวณในชั้นดินบนจะมีปริมาณสูงกว่าในชั้นดินล่างและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ยกเว้นบริเวณที่ 10 ซึ่งเป็นดินนาที่เพิ่มขึ้นตามความลึกเนื่องจากได้รับอิทธิพลของการชะล้างที่สูงกว่า (Buol *et al.*, 2003)

3.6.3 ปริมาณ ไชเดียมที่สกัดได้

ดินภายใต้สภาพป่าธรรมชาติ (ภาพที่ 17ค) ดินบนมีปริมาณไชเดียมที่สกัดได้ อยู่ในระดับต่ำถึงสูง (0.1-0.9 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และในดินล่างมีไชเดียมที่สกัดได้ อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (0.1-0.7 เซนติโมลต่อกิโลกรัม)

ดินที่ใช้ทำการเกษตร (ภาพที่ 18ค) ดินบนมีปริมาณไชเดียมที่สกัดได้ อยู่ในระดับต่ำถึงสูง (0-0.9 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และในดินล่างมีไชเดียมที่สกัดได้ อยู่ในระดับต่ำถึงสูง (0.1-0.8 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ปริมาณไชเดียมที่สกัดได้ทุกบริเวณในชั้นดินบนจะมีปริมาณสูงกว่าในชั้นดินล่าง

3.6.4 ปริมาณ โพแทสเซียมที่สกัดได้

ดินภายใต้สภาพป่าธรรมชาติ (ภาพที่ 17ง) ดินบนมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ อยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง (0.1-0.5 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และในดินล่างมีโพแทสเซียมที่สกัดได้ อยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ (0-0.1 เซนติโมลต่อกิโลกรัม)

ดินที่ใช้ทำการเกษตร (ภาพที่ 18ง) ดินบนมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ อยู่ในระดับต่ำมากถึงสูง (0.1-0.9 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และในดินล่างมีไชเดียมที่สกัดได้ อยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง (0-0.6 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ ทุกบริเวณในชั้นดินบนจะมีปริมาณสูงกว่าในชั้นดินล่าง

ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ทุกพืดอนในชั้นดินบนจะมีปริมาณสูงกว่าในชั้นดินล่างและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก และปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้นี้เป็นเพียงร้อยละ 1-2 ของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน ซึ่งปริมาณโพแทสเซียมที่เหลือส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ดังนั้นจึงพบโพแทสเซียมที่สกัดได้ในปริมาณที่ต่ำกว่าแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ (Brady and Weil, 2008)

ปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม และ โพแทสเซียมที่สกัดได้มีแนวโน้มลดลงตามความลึก และมีความผันแปรบ้างเล็กน้อยในดิน แต่ปริมาณไชเดียมที่สกัดได้มีความผันแปร

ค่อนข้างมาก เป็นผลมาจากความไม่สม่ำเสมอของวัตถุต้นกำเนิดดิน และอัตราการชะละลายที่ไม่เท่ากันในหน้าตัดดิน (Sanchez *et al.*, 1983; Brady and Weil, 2008)

3.7 ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้

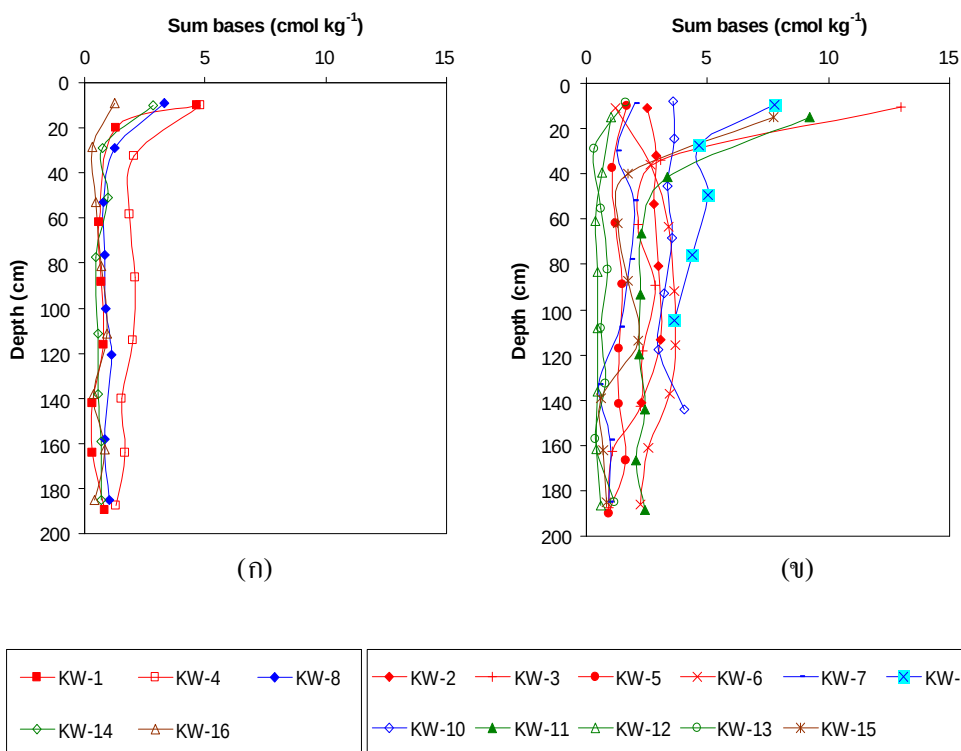
ดินภายใต้สภาพป่า มีปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (ภาพที่ 19ก) ของดินบนอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ (0.4-4.8 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และดินล่างอยู่ในระดับต่ำมาก (0.3-2.1 เซนติโมลต่อกิโลกรัม)

ดินที่ใช้ทำการเกษตร มีปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (ภาพที่ 19ข) ของดินบนอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง (1-13 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) และดินล่างอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ (0.4-5.1 เซนติโมลต่อกิโลกรัม)

ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ดินภายใต้สภาพป่าดิบเขาธรรมชาติ-ป่าทุติยภูมิ กับดินภายใต้การเกษตรกรรมพบว่าทั้ง 2 สภาพพื้นที่ ในชั้นดินบนจะมีปริมาณ สูงกว่าในชั้นดินล่างและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก เนื่องจากพื้นที่ศึกษาอยู่ในเขตสภาพภูมิอากาศแบบมรสุมเขตร้อน และแบบกึ่งร้อนชื้น จึงมีกระบวนการชะละลายทำให้สูญเสียไอออนบวกที่เป็นค่าไปจากหน้าตัดดินซึ่งเป็นลักษณะของดินเขตร้อนที่มีการพัฒนาการมาก (Thompson and Troeh, 1978; Sanchez *et al.*, 1983) ในหน้าตัดดินทุกบริเวณปริมาณเบสรวมที่สกัดได้จะถูกควบคุมโดยแคลเซียม เนื่องจากมีปริมาณที่สกัดได้สูงกว่าเบสตัวอื่น ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของดินที่มีการพัฒนาการสภาพป่าไม้ในเขตร้อน (นิวัติ, 2546; Buol *et al.*, 2003)

3.8 ปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้

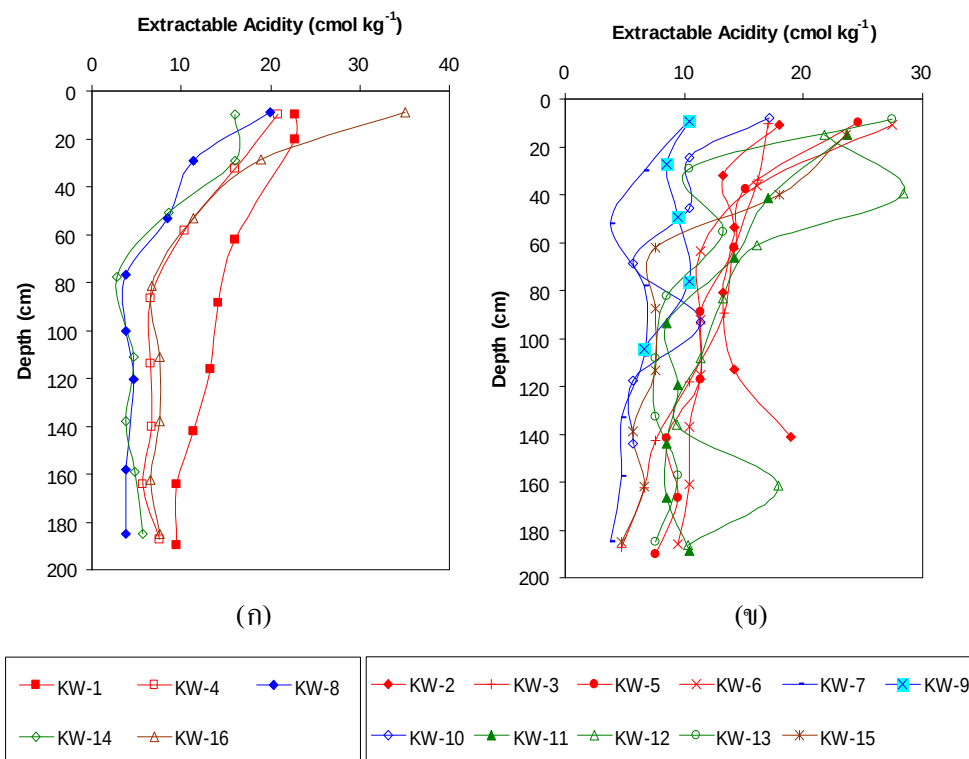
ดินภายใต้สภาพป่ามีปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ (ภาพที่ 20ก) ของดินบนอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก (11.4-35.1 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ดินล่างอยู่ในระดับต่ำถึงสูง (2.8-16.1 เซนติโมลต่อกิโลกรัม)



ภาพที่ 19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ในดินภายใต้สภาพป่า (ก) และพื้นที่เกษตรกรรม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

ดินที่ใช้ทำการเกษตรมีปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ (ภาพที่ 20ข) ของดินบนอยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูงมาก (6.6-27.5 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ดินล่างอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก (3.8-28.4 เซนติโมลต่อกิโลกรัม)

ปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก โดยเฉพาะในดินบนของดินทุกบริเวณที่ทำการศึกษายู่ในระดับสูงถึงสูงมาก ปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ของดิน พบว่า มีความสัมพันธ์เชิงลบกับค่าพีเอชที่วัดด้วย สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 1 โมลาร์ ในอัตราส่วน 1:1 นอกจากนั้นยังมีความสัมพันธ์กับอินทรีย์วัตถุ เนื่องจากอินทรีย์วัตถุสามารถดูดซับไฮโดรเจนไอออนไว้ได้หรือเกิดการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุ ทำให้เกิดอนุมูลกรดในอินทรีย์วัตถุซึ่งจะแตกตัวให้ไฮโดรเจนไอออน (Brady and Weil, 2008) ซึ่งทำให้ดินที่ทำการศึกษาดินบนมีปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้สูงกว่าดินล่างแทบทั้งสิ้น เนื่องจากในดินบนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุมากกว่าดินล่าง และการที่ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดแก่ ทำให้ธาตุ

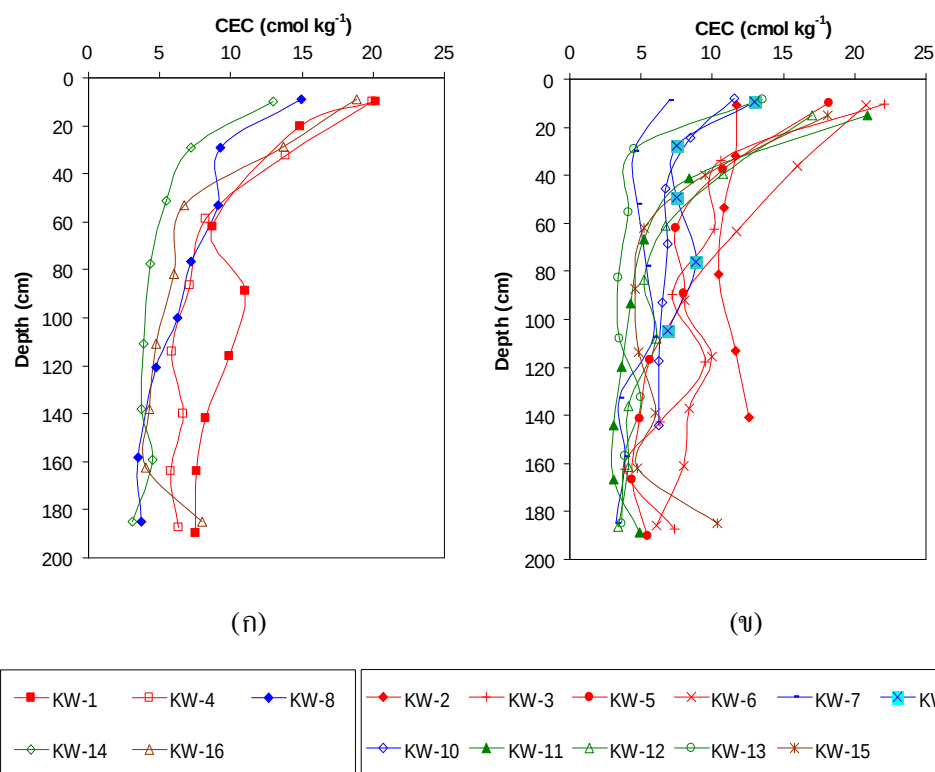


ภาพที่ 20 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ในดินภายใต้สภาพป่า (ก) และพื้นที่เกษตรกรรม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

อะลูมิเนียมละลายออกมามากและแสดงความเป็นกรดได้ (Buol *et al.*, 1997; Brady and Weil, 2008) หรืออาจเกิดจากกระบวนการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุที่จะมีการแตกตัวของอนุโมลกรด และปลดปล่อยไฮโดรเจนไอออนให้แก่ดิน (Brady and Weil, 2008) ทำให้ชั้นดินบนมีสภาพกรดที่สกัดได้สูงกว่าชั้นดิน

3.9 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน

ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินมีค่าสูงในชั้นดินบนและมีค่าลดลงตามความลึกภายในหน้าตัดดิน โดยไม่แตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบระหว่างพื้นที่ป่าธรรมชาติ (ภาพที่ 21ก) และพื้นที่ทำการเกษตร (ภาพที่ 21ข) ซึ่งมีค่าอยู่ในพิสัย 7.0-22.1 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ส่วนในดินล่างอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำถึงต่ำ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดินบนสูงกว่าในดินล่าง



ภาพที่ 21 ความสัมพันธ์ระหว่างความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินภายใต้สภาพป่า (ก) และพื้นที่เกษตรกรรม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

เนื่องจากอิทธิพลของอินทรีย์วัตถุ (Rowell, 1994; Sanchez, 1976; Young, 1976) ในดินบนมีมากกว่าในดินล่าง เนื่องจากโดยทั่วไปแล้ว อินทรีย์วัตถุเองมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงประมาณ 200 ถึง 300 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (Orlov, 1992) เมื่อเปรียบเทียบกับแร่ดินเหนียวต่าง ๆ เช่น เคโอลิไนต์ที่มีค่าเท่ากับ 1 ถึง 5 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และสเมกไทต์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 47 ถึง 162 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (Dixon *et al.*, 2002) ซึ่งจากการที่ดินเหล่านี้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินบนอยู่ในพิสัย 0.7-69.7 กรัมต่อกิโลกรัม จึงทำให้ดินมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง

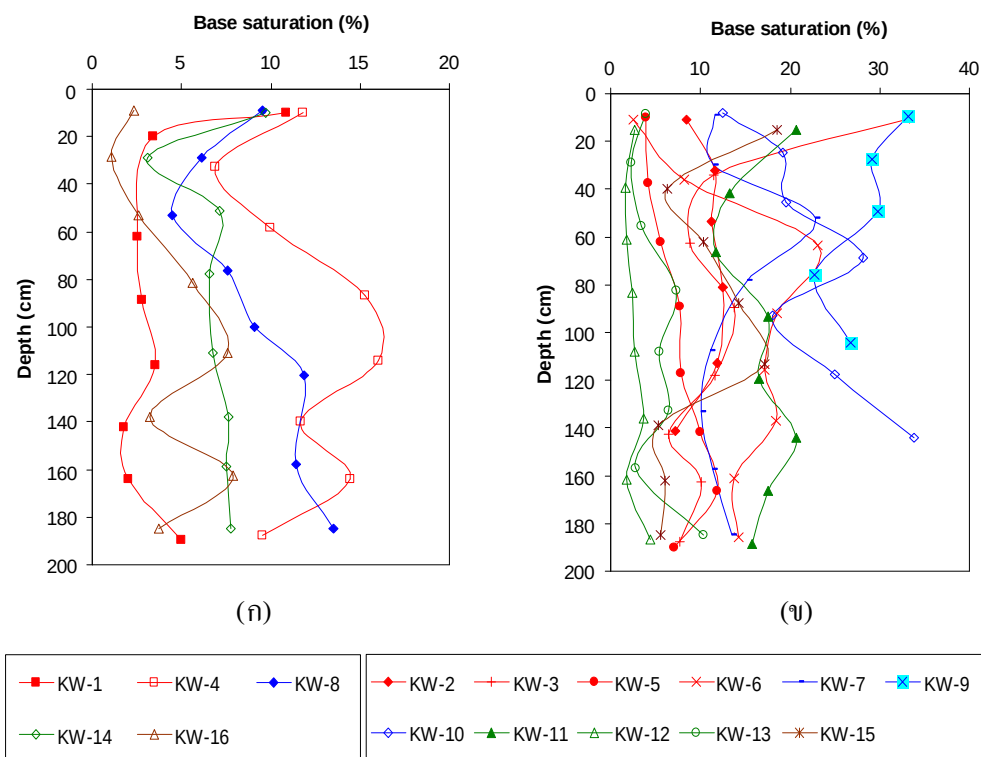
อย่างไรก็ตามการที่ดินส่วนใหญ่มีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนลดลงในชั้น ดินล่าง เนื่องจาก ดินเหล่านี้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุลดลงอย่างชัดเจนในดินล่าง ซึ่งปกติแล้ว นอกจากอินทรีย์วัตถุแล้ว ความจุในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินยังเป็นผลมาจากชนิดและปริมาณของแร่ดินเหนียวด้วย (Sanchez, 1976; Young, 1976) ถึงแม้ว่าดิน ทั้งหมดจะมีปริมาณดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก แต่ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินส่วนใหญ่กลับลด แสดงให้เห็นว่า แร่ดิน

เหนียวที่เป็นองค์ประกอบในดินส่วนใหญ่ เป็นแร่ดินเหนียวที่มีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ เช่น แร่เคโอลิไนต์ รวมถึงแร่เหล็กและอะลูมิเนียมออกไซด์

สำหรับความแตกต่างของค่านี้ในดินล่างเมื่อเปรียบเทียบระหว่างดินในบริเวณต่าง ๆ น่าจะเป็นสาเหตุจากปริมาณดินเหนียวที่แตกต่างกันที่ได้รับมาจากความแปรปรวนของหิน องค์ประกอบ และสัดส่วนของแร่ดินเหนียวประเภทต่าง ๆ รวมถึงแร่เหล็กออกไซด์และอะลูมิเนียม ที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นผลมาจากพัฒนาการของดินที่ไม่เท่ากัน หรืออยู่ในตำแหน่งของสภาพภูมิประเทศที่แตกต่างกันทำให้อัตราการผุพังสลายตัวและการชะละลายแตกต่างกัน ดินในบริเวณที่ 7 ซึ่งใช้ปลูกผักนอกโรงเรือน ดินบนมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ (7.0 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) น่าจะเป็นผลมาจากการที่มีอินทรีย์วัตถุต่ำ (Rowell, 1994; Sanchez, 1976; Young, 1976)

3.10 อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส

ค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสของดินที่ทำการศึกษาอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ในดินบนที่มีร้อยละความอิ่มตัวเบสสูงเพราะชั้นดินนี้มีอินทรีย์วัตถุในปริมาณสูง ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ สภาพกรดที่สกัดได้ และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสของดินใน ทุกชั้นดินมีค่าอยู่ในระดับต่ำซึ่งน้อยกว่าร้อยละ 35 โดยในพื้นที่ป่าธรรมชาติ (ภาพที่ 22ก) ดินส่วนใหญ่มีค่านี้ต่ำกว่าในพื้นที่เกษตรกรรม (ภาพที่ 22ข) เล็กน้อย แสดงให้เห็นว่า แคตไอออนที่เป็นบสในองค์ประกอบหินต้นกำเนิด ซึ่งได้แก่หินไนส์มีอยู่น้อย ประกอบกับอิทธิพลของการชะละลายทำให้เกิดการสูญเสียเบสออกไปจากหน้าตัดดิน (Brady and Weil, 2008; Sanchez, 1976) ขณะที่การชะละลายของดินในสภาพโรงเรือน กับการจัดการดินโดยการเพิ่มเติมอินทรีย์วัตถุและปุ๋ยในพื้นที่เกษตรกรรมมีผลทำให้ค่านี้สูงกว่าในดินป่าธรรมชาติ



ภาพที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละความอิ่มตัวของดินภายใต้สภาพป่า (ก) และพื้นที่เกษตรกรรม (ข) กับความลึกของดินที่ทำการศึกษา

4. การจำแนกดิน

ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 16 บริเวณ สามารถจำแนกดินเหล่านี้ตามระบบอนุกรมวิธานดิน (Soil Survey Staff, 1999) ในระดับกลุ่มดินย่อย (subgroup) ได้ดังต่อไปนี้

4.1 การจำแนกชั้นสูง

การจำแนกในชั้นอันดับ (order) ของดินที่ทำการศึกษา พบว่า ดินทุกบริเวณมีการสะสมอนุภาคขนาดดินเหนียวในชั้นดินล่างจึงพบชั้นดินล่างวินิจัยอาร์จิลลิก (argillic horizon) ในทุกดิน ในชั้นดินล่างดังกล่าวมีค่าร้อยละความอิ่มตัวของดินต่ำกว่าร้อยละ 35 ดินที่ทำการศึกษาทั้งหมดจึงจัดจำแนกอยู่ในอันดับอัลติซอลส์ (Ultisols)

การจำแนกในชั้นอันดับย่อย (suborder) พบว่า ดินส่วนใหญ่ ยกเว้น ดินในบริเวณที่ 7 (KW-7) ที่ใช้ปลูกผักนอกโรงเรือน และดิน ในบริเวณที่ 9 (KW-9) ที่ใช้สำหรับปลูกผักในโรงเรือน ดินในบริเวณแปลงนา (KW-10) ซึ่งอยู่ในพื้นที่ของหน่วยย่อยโป่งลมแรง-ปากกล้วย และดินในบริเวณที่ 13 (KW-13) ซึ่งเป็นแปลงปลูกเก่าในพื้นที่หลักของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง มีลักษณะเด่นของดินคือ มีการบ่อนอินทรีย์สะสมไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.9 ในช่วงตอนบน 15 เซนติเมตร ของชั้นดินล่างวินิจฉัยอาร์จิลลิก (Bt1) ดินเหล่านี้ จึงจัดจำแนกอยู่ในอันดับย่อย Humults ขณะที่ดินทั้ง 4 บริเวณดังกล่าว มีระบอบความชื้นแบบยูดิก (udic) เมื่อพิจารณาจากปริมาณน้ำฝน จำนวนวันที่ฝนตกในรอบปี ซึ่งทำให้ดินทั้ง 4 บริเวณ น่าจะมีความชื้นสะสมยาวนานเพียงพอที่จะอยู่ในระบอบความชื้นดังกล่าว ดังนั้นจึงสามารถจัดอยู่ในอันดับย่อย Udults

การจำแนกในชั้นกลุ่มดิน (group) พบว่าดินในบริเวณที่ 3 (KW-3) ซึ่งใช้ปลูกผักในโรงเรือน ดินในบริเวณที่ 4 (KW-4) ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าทุติยภูมิ ดินในบริเวณที่ 8 (KW-8) และดินในบริเวณที่ 14 (KW-14) ซึ่งเป็นป่าดิบเขาธรรมชาติ ปริมาณดินเหนียวในตอนล่างของชั้นดินวินิจฉัยอาร์จิลลิกลดลงมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 20 จากชั้นที่มีดินเหนียวในปริมาณสูงสุดจึงจัดอยู่ในกลุ่มดิน Haplohumult ขณะที่ดินที่เหลือปริมาณดินเหนียวในตอนล่างของชั้นดินวินิจฉัยดังกล่าวไม่ได้ลดลงดังเช่นดินทั้ง 4 บริเวณ จึงสามารถจำแนกอยู่ในกลุ่ม Palehumult ในกรณีของดินบริเวณที่ 7, 9, 10 และ 13 และกลุ่มดิน Paleudult สำหรับดินที่เหลือทั้งหมด

การจำแนกในชั้นกลุ่มดินย่อย (subgroup) พบว่า ดินส่วนใหญ่ ไม่แสดงลักษณะอื่นใดที่แตกต่างไปจากกลุ่มดินใหญ่ จึงจัดจำแนกได้อยู่กลุ่มดินย่อย “Typic” ทั้งหมด ยกเว้น ดินในบริเวณแปลงนาในหน่วยย่อยโป่งลมแรง-ปากกล้วย (KW-10) และดินในบริเวณแปลงปลูกเก่าในพื้นที่หลักของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง (KW-13) ที่พบว่า ในตอนบนของชั้นดินวินิจฉัยอาร์จิลลิกจนถึงความลึก 75 เซนติเมตร ชั้นดินทั้งหมดมีค่าสีเท่ากับ 2.5YR หรือแดงกว่า และมีค่าสี เท่ากับ 3 หรือน้อยกว่า โดยเมื่อวัดขณะแห้งค่านี้ไม่เพิ่มขึ้นเกินหนึ่งหน่วย จึงจัดจำแนกอยู่ในกลุ่มดินย่อย Rhodic โดยสามารถสรุปหน่วยจำแนกดินในระดับกลุ่มดินย่อยของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 16 บริเวณ ได้ดังแสดงในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 แสดงหน่วยจำแนกดินในระดับกลุ่มดินย่อยของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 16 บริเวณ

Subgroup	ดินที่จัดจำแนก
Typic Palehumults	KW-1, KW-2, KW-5, KW-6, KW-11, KW-12, KW-15, KW-16
Typic Haplohumults	KW-3, KW-4, KW-8, KW-14
Rhodic Paleudults	KW-10, KW-13
Typic Paleudults	KW-7, KW-9

5. ลักษณะการเสื่อมโทรมของดินที่ทำการศึกษา

5.1 การเสื่อมโทรมของดินทางกายภาพ

ลักษณะการเสื่อมโทรมของดินทางกายภาพ ในการศึกษานี้จะพิจารณาใน 2 กรณี ได้แก่ 1) ความหนาแน่นรวมของดิน และ 2) ชั้นการกร่อนดิน โดยพิจารณาเปรียบเทียบระหว่างดินในพื้นที่ป่าธรรมชาติกับดินที่ถูกนำมาใช้เพื่อการเกษตรกรรม โดยเปรียบเทียบระหว่างดินที่อยู่ในพื้นที่เดียวกัน ในที่นี้จะพิจารณาจากกลุ่มของดินที่อยู่ในบริเวณใกล้เคียงกันที่เกิดจากวัสดุต้นกำเนิดดินที่คล้ายคลึงกัน และพบในสภาพภูมิประเทศที่อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลางใกล้เคียงกันของแต่ละหน่วยย่อย

1) การเสื่อมโทรมทางกายภาพโดยใช้เกณฑ์ความหนาแน่นรวมของดิน ใช้เกณฑ์การประเมินทางกายภาพตาม Snakin *et al.* (1996) (ตารางผนวกที่ 9) ซึ่งพิจารณาเฉพาะชั้นดินบนและชั้นที่พบอยู่ถัดลงไป ผลการประเมินแสดงไว้ในตารางที่ 9 และ 10

เมื่อพิจารณาค่าความหนาแน่นรวมของสองชั้นดินตอนบน ผลการประเมินแสดงไว้ในตารางที่ 9 ดินในพื้นที่ป่าธรรมชาติส่วนใหญ่ไม่เกิดการเสื่อมโทรมในลักษณะนี้ โดยพบว่า ค่าความหนาแน่นรวมใน 2 ชั้นข้างบนมีค่าต่ำกว่า 1.10 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ยกเว้นชั้นดิน Bt1 ที่ระดับความลึกระหว่าง 18-40 เซนติเมตร ของดินบริเวณที่ 8 (KW-8) ซึ่งเป็นพื้นที่ป่าทุติยภูมิ และชั้นดิน A ที่ความลึก 0-18 เซนติเมตร ของดินในบริเวณที่ 14 (KW-14) ซึ่งเป็นป่าดิบเขา มีค่าความหนาแน่นรวมเท่ากับ 1.18 และ 1.12 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตรตามลำดับ ส่วนในชั้นที่ 3 พบว่าทุกบริเวณยกเว้น บริเวณที่ 16 มีค่าความหนาแน่นรวมมากกว่า 1.10 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร แต่ก็อยู่ในระดับที่มีการเสื่อมโทรมเพียงเล็กน้อยเท่านั้น เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่เกษตรกรรม (ตารางที่ 10)

เช่นในบริเวณที่ 7 (KW-7) ซึ่งเป็นแปลงผักนอกโรงเรือนที่มีค่าความหนาแน่นรวมของดินเท่ากับ 1.58 ซึ่งมากกว่า 1.40 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตรจึงมีระดับความเสื่อมโทรมทางกายภาพสูงกว่า ในกรณีบริเวณที่ 7 นี้มีความหนาแน่นของดินไม่แตกต่างกันมากนัก แสดงว่าเป็นไปตามกระบวนการทางธรรมชาติซึ่งเกิดจากการเคลื่อนย้ายดินเหนียวสู่ชั้นดินล่าง ซึ่งอนุภาคที่มีขนาดเล็กละเอียดจะแทรกตัวอยู่ในช่องว่างในดินทำให้ดินแน่นทึบขึ้น (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544; Foth, 1990) แต่ในบริเวณที่ 2 (KW-2) และ 10 (KW-10) ซึ่งเป็นแปลงนา มีความหนาแน่นมากในชั้นที่ 1 กับ 2 เป็นเพราะการทำเทือกเพื่อให้เกิดการขังน้ำ และในบริเวณที่ 13 (KW-13) เนื่องจากพื้นที่โล่งเตียนระหว่างทรงพุ่มน้ำจะเกิดจากการที่เมล็ดฝนตกกระแทก และอนุภาคขนาดเล็กลงไปอุดตัน รวมถึงพื้นที่ไม่มีการไถพรวนมาเป็นระยะเวลานานเนื่องจากเป็นแปลงปลูกเก่า ส่วนในพื้นที่ทำการเกษตรที่มีความหนาแน่นรวมในชั้นที่ 1 ต่ำเช่นในบริเวณที่ 11 (KW-11) ซึ่งเป็นแปลงไม้ดอก มีค่าความหนาแน่นรวมเท่ากับ 0.87 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตรเป็นเพราะมีการเพิ่มอินทรีย์วัตถุลงไป

ตารางที่ 9 ผลการประเมินการเสื่อมโทรมทางกายภาพของดินภายใต้สภาพป่าธรรมชาติ

Depth (cm)	Horizon	Bulk Density (Mg m ⁻³)	Rating	Depth (cm)	Horizon	Bulk Density (Mg m ⁻³)	Rating
KW-1: Typic Palehumult				KW-14: Typic Haplohumult			
0-20	A1	0.95	0	0-18	A	1.12	1
20-40/49	A2	0.90	0	18-39	Bt1	1.09	0
49-75	Bt1	1.22	2	39-67	Bt2	1.26	2
KW-4: Typic Haplohumult				KW-16: Typic Palehumult			
0-20	A	0.85	0	0-20	A1	1.07	0
20-45	Bt1	1.03	0	20-38	A2	0.99	0
45-72	Bt2	1.23	2	38-64	Bt1	1.00	0
KW-8: Typic Haplohumult							
0-18	A	1.05	0				
18-40	Bt1	1.18	1				
40-66	Bt2	1.14	1				

ตารางที่ 10 ผลการประเมินการเสื่อมโทรมทางกายภาพของดินภายใต้การทำการเกษตร

Depth (cm)	Horizon	Bulk Density (Mg m ⁻³)	Rating	Depth (cm)	Horizon	Bulk Density (Mg m ⁻³)	Rating
KW-2: Typic Palehumult				KW-10: Rhodic Paleudult			
0-22	Ap	1.10	0	0-16	Ap	1.39	3
22-42	Btg1	1.32	3	16-33	Bt1	1.27	2
42-65	Btg2	1.13	1	33-58	Bt2	1.16	1
KW-3: Typic Haplohumult				KW-11: Typic Palehumult			
0-21	Ap	1.01	0	0-30	Ap	0.87	0
21-47	Bt1	1.17	1	30-53	Bt1	1.17	1
47-78	Bt2	1.08	0	53-80	Bt2	1.09	0
KW-5: Typic Palehumult				KW-12: Typic Palehumult			
0-20/25	A	0.99	0	0-30	Ap	1.04	0
25-50	Bt1	1.04	0	30-49	Bt1	1.15	1
50-74	Bt2	1.05	0	49-73	Bt2	1.13	1
KW-6: Typic Palehumult				KW-13: Rhodic Paleudult			
0-22	Ap	1.05	0	0-17	Ap	1.25	2
22-50	Bt1	0.95	0	17-41	Bt1	1.33	3
50-77	Bt2	1.07	0	41-70	Bt2	1.15	1
KW-7: Typic Paleudult				KW-15: Typic Palehumult			
0-18	Ap	1.43	4	0-30	Ap	1.19	1
18-42	Bt1	1.47	4	30-50	Bt1	1.14	1
42-62	Bt2	1.58	4	50-74	Bt2	1.13	1
KW-9: Typic Paleudult							
0-19	Ap	1.13	1				
19-36	Bt1	0.86	0				
36-63	Bt2	1.12	1				

ในการประเมินระดับความเสื่อมโทรมทางกายภาพนี้ พบระดับความเสื่อมโทรมตั้งแต่ไม่มีการเสื่อมโทรมถึงมีการเสื่อมโทรมระดับรุนแรงมาก และพบว่าดินภายใต้สภาพป่ามีระดับการเสื่อมโทรมทางกายภาพตามดัชนีของ Snakin *et al.* (1996) ในดินน้อยกว่าดินที่ใช้ทำการเกษตร

แสดงว่าจากการใช้ที่ดินทำการเกษตรทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของดินทางกายภาพ โดยเฉพาะ KW-7 ที่เป็นแปลงผักภายนอกโรงเรียนมีการเสื่อมโทรมในระดับรุนแรงมากในทุกชั้น

2) ชั้นการกร่อนดิน (erosion class) การกร่อนดินนับได้ว่าเป็นการเสื่อมโทรมทางกายภาพแบบหนึ่งซึ่งสำคัญมากและพบเป็นพื้นที่มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกร่อนดินอื่น โดยมีพื้นที่ทั้งโลกมากถึง 1.12 พันล้านเฮกตาร์ (Brady and Weil, 2008) แต่เนื่องจากการศึกษานี้ไม่ได้มีการวัดการสูญเสียดิน ดังนั้นจึงใช้เกณฑ์ของ Soil Survey Division Staff (1993) ดังแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 10 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่างชั้นดินบนเดิมกับความหนาของชั้นดินบนที่ลดลง ในกรณีศึกษานี้ใช้พื้นที่ป่าบริเวณใกล้เคียงเป็นความลึกอ้างอิงเปรียบเทียบกับความหนาของชั้นดินบนในพื้นที่เกษตรกรรม ผลการประเมินแสดงไว้ในตารางที่ 11

บริเวณหน่วยย่อยขุนแม่วาก 1 การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไปใช้ทำการเกษตร ได้แก่ แปลงนา (KW-2) และแปลงผัก (KW-3) พบว่า ดินชั้น A หายไป 45 และ 47.5 % การกร่อนดินในบริเวณนี้จึงจัดอยู่ใน “ชั้นที่ 2” ในหน่วยย่อยขุนแม่วาก 2 เมื่อเปรียบเทียบชั้นดินบนของพื้นที่จากป่าธรรมชาติซึ่งเป็นป่าทุติยภูมิกับแปลงพลับ (KW-4) และแปลงผักนอกโรงเรียนที่มีการปลูกเฉพาะฤดูฝน (KW-5) พบว่า ความหนาของชั้นดินไม่แตกต่างกันจึงจัดอยู่ใน “ชั้นที่ 1” พื้นที่หน่วยย่อยโป่งลมแรง-ปากกล้วย ความหนาของชั้นดินบนในพื้นที่ป่าธรรมชาติที่เป็นป่าดิบเขาที่ค่อนข้างสมบูรณ์กับแปลงนา (KW-10) แปลงนาที่ปลูกข้าวบนชั้นบนใดมีการกร่อนดินจัดอยู่ใน “ชั้นที่ 1” คือชั้นดินบนของแปลงนาบางกว่าชั้นดินบนของป่าดิบเขาเล็กน้อย (16 เปรียบเทียบกับ 19 เซนติเมตร) ส่วนแปลงผักนอกโรงเรียน (KW- 7) และแปลงผักในโรงเรียน (KW-9) ไม่พบการสูญหายของชั้นดินบนแต่อย่างใด โดยเฉพาะในกรณีของแปลงผักในโรงเรียน ถึงแม้ว่าจะมีการปาดหน้าดินระหว่างการทำขึ้นบันได แต่ผลของการเพิ่มเติมอินทรีย์วัตถุเพื่อปรับปรุงดินทำให้ดินล่างที่โผล่ขึ้นมาเปลี่ยนแปลงเป็นชั้นดินบนที่มีระดับความลึกพอสมควร

ในพื้นที่หลักของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ความหนาของชั้นดินบนในแปลงพลับ (KW-13) น้อยกว่าพื้นที่ป่าดิบเขาข้างเคียง จึงมีการกร่อนดินอยู่ใน “ชั้นที่ 1” ส่วนในกรณีของแปลงไม้ดอก (KW-11) และแปลงองุ่น (KW-12) ไม่พบการสูญเสียน้ำดินเนื่องจากพื้นที่ถูกปรับเป็นขั้นบันไดแบบกว้าง และอยู่ภายใต้โรงเรือน ดังนั้นการกร่อนดินจึงไม่สามารถเกิดขึ้นได้ และในหน่วยย่อยบ้านโป่งน้อย แปลงผัก (KW-15) มีการกร่อนดินจัดอยู่ใน “ชั้นที่ 1” เมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ป่าทุติยภูมิข้างเคียง

ตารางที่ 11 การประเมินชั้นการกร่อนดินที่มีตัวเร่ง

พืดคอน	ชั้น ดิน	ความลึก (cm)	ความลึก (%) ^{1/}	ชั้นการกร่อนดิน
หน่วยย่อยขุนแม่วาก 1				
KW-1 ป่าธรรมชาติ	A1	0-20	-	-
	A2	20-40	-	-
KW-2 แปลงนา	Ap	0-22	-45	2
KW-3 แปลงผัก	Ap	0-21	-47.5	2
หน่วยย่อยขุนแม่วาก 2				
KW-4 ป่าธรรมชาติ	A	0-20	-	-
KW-5 แปลงพลับ	Ap	0-20/25	25	none
KW-6 แปลงผัก	Ap	0-22	10	none
หน่วยย่อยโป่งลมแรง-ปากกล้วย				
KW-8 ป่าธรรมชาติ	A	0-18	-	-
KW-7 แปลงผัก	Ap	0-18	-	none
KW-9 แปลงผัก	Ap	0-19	5.6	none
KW-10 แปลงนา	Ap	0-16	-11.1	1
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง				
KW-14 ป่าธรรมชาติ	A	0-18	-	-
KW-11 แปลงไม้ดอก	Ap	0-30	66.7	none
KW-12 แปลงองุ่น	Ap	0-30	66.7	none
KW-13 แปลงพลับ	Ap	0-17	-5.6	1
หน่วยย่อยโป่งน้อย				
KW-16 ป่าธรรมชาติ	A1	0-20	-	-
	A2	0-38	-	-
KW-15 แปลงผัก	Ap	0-30	-21.1	1

^{1/} ร้อยละของความลึกในชั้นดินบนภายใต้สภาพป่าธรรมชาติเปรียบเทียบกับชั้นดินบนที่ใช้ทำการเกษตร

การที่ดินมีความหนาของชั้นดินบนหายไปบางส่วน โดยเฉพาะในพื้นที่นา เข้าใจว่าน่าจะเกิดจากการปรับพื้นที่เพื่อให้ได้ระดับเดียวกันระหว่างการทำขั้นบันได แต่ไม่มีการไถลึกหรือ

การเพิ่มเติมอินทรีย์วัตถุ รวมถึง การทำเทือกเพื่อวัตถุประสงค์ในการกักเก็บน้ำไว้ในฤดูทำนา ซึ่งชั้นดังกล่าวอยู่ในระดับที่ค่อนข้างตื้น มีความหนาแน่นรวมสูง ทำให้อินทรีย์วัตถุไม่ถูกคลุกเคล้าลงในระดับลึก ส่วนในกรณีของพื้นที่อื่นที่การกร่อนดินอยู่ใน “ชั้นที่ 1” ชั้นดินบนที่หายไปน่าจะเกิดจากการปรับพื้นที่มากกว่าการกร่อนดินที่เกิดจากอิทธิพลของฝนหรือน้ำที่ไหลบ่าไปตามผิวดิน เพราะพื้นที่เหล่านี้ส่วนใหญ่ถูกปรับเปลี่ยนเป็นชั้นบันไดเพื่อการปลูกพืช แสดงให้เห็นว่า การเสื่อมโทรมทางกายภาพที่เกิดจากการกร่อนดินของดินในพื้นที่ขุนวาง อยู่ในระดับต่ำมากหรือไม่มีแต่อย่างใด

5.2 การเสื่อมโทรมของดินทางเคมี

การเสื่อมโทรมทางเคมีมีหลายลักษณะ เช่น การสะสมเกลือที่ละลายได้ การใช้ธาตุอาหารในดินอย่างต่อเนื่องไม่มีการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ทำให้ความอุดมสมบูรณ์ในดินลดลง ความเป็นกรดของดินที่เกิดจากการใส่ปุ๋ยที่เป็นกรด และความเป็นพิษของอะลูมิเนียม การเกิดความเป็นพิษจากโลหะหนัก เป็นต้น (Lal, 2002; Marion *et al.*, 1976) ผลการศึกษา พบว่า ในพื้นที่ขุนวางไม่พบการเสื่อมโทรมทางเคมีที่เกิดจากการสะสมเกลือที่ละลายได้อยู่มาก เพราะว่า ไม่ได้มีวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นหินเกลือ และไม่พบความเสื่อมโทรมจากการใส่ปุ๋ยที่เป็นกรด เพราะดินในสภาพป่ามีค่าปฏิกิริยาดินส่วนใหญ่ต่ำกว่าดินที่ใช้ทำการเกษตร อย่างไรก็ตามกลับพบว่าบางบริเวณที่ดินมีการเสื่อมโทรมทางด้านการเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ของดิน (fertility depletion) และกระบวนการเกิดกรดในดิน (acidification) และความไม่สมดุลของธาตุอาหาร (nutrient imbalance) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) การเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ทำการศึกษา (ตารางที่ 12) โดยใช้หลักเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2523) ซึ่งใช้ค่าวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และค่าอัตรา ร้อยละความอิ่มตัวเบส โดยแสดงวิธีคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้ในตารางผนวกที่ 8

ตารางที่ 12 ผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน

Pedon	Depth (cm)	OM		Avail. P		Avail. K		CEC		BS		Rating of soil fertility	Total score
		(g kg ⁻¹)		(mg kg ⁻¹)		(mg kg ⁻¹)		(cmol _c kg ⁻¹)		%			
หน่วยย่อยขุนแม่วาก 1													
		1/	2/	1/	2/	1/	2/	1/	2/	1/	2/		
KW-1	0-40/49	45	3	2	1	138	3	18	2	11	1	Medium	10
	49-75	21	2	1	1	54	1	9	1	4	1	Low	6
KW-2	0-22	27	2	38	3	73	2	12	2	15	1	Medium	10
	22-42	14	1	1	1	97	3	11	2	17	1	Medium	8
KW-3	0-21	36	3	242	3	191	3	16	2	30	1	Medium	12
	21-47	17	2	2	1	87	2	10	2	15	1	Medium	8
หน่วยย่อยขุนแม่วาก 2													
KW-4	0-20	34	2	24	2	130	3	17	2	15	1	Medium	10
	0-452	14	1	1	1	39	1	8	1	15	1	Low	5
KW-5	0-20/25	31	2	25	2	95	3	14	2	7	1	Medium	10
	25-50	9	1	2	1	58	1	7	1	7	1	Low	5
KW-6	0-22	39	3	24	2	93	3	18	2	9	1	Medium	11
	22-50	12	1	4	1	103	3	12	2	19	1	Medium	8
หน่วยย่อยโป่งลมแรง-ปากกล้วย													
KW-7	0-18	12	1	141	3	95	3	6	1	16	1	Medium	9
	18-42	4	1	20	2	89	2	5	1	25	1	Low	7
KW-8	0-18	37	3	1	1	117	3	12	2	12	1	Medium	10
	18-40	10	1	1	1	59	1	9	1	9	1	Low	5
KW-9	0-19	12	1	44	3	224	3	10	2	39	2	Medium	11
	19-36	6	1	4	1	180	3	7	1	35	2	Medium	8
KW-10	0-16	28	2	4	1	123	3	10	2	22	1	Medium	9
	16-33	10	1	1	1	84	2	7	1	25	1	Low	6
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนาว													
KW-11	0-30	37	3	311	3	301	3	15	2	22	1	Medium	12
	30-53	13	1	4	1	181	3	5	1	15	1	Low	7
KW-12	0-30	30	3	81	3	82	2	14	2	3	1	Medium	11
	30-49	14	1	4	1	51	1	7	1	2	1	Low	5

ตารางที่ 12 (ต่อ)

				Avail. K		CEC		BS		Rating		Total	
	Depth	OM	Avail. P	(mg kg ⁻¹)		(cmol _c kg ⁻¹)		%		of soil		score	
Pedon	(cm)	(g kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)							fertility			
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง													
		1/	2/	1/	2/	1/	2/	1/	2/	1/	2/		
KW13	0-17	23	2	324	3	65	2	9	1	4	1	Medium	9
	17-41	7	1	1	1	26	1	4	1	4	1	Low	5
KW14	0-18	38	3	24	2	98	3	10	2	10	1	Medium	11
	18-39	11	1	3	1	50	1	5	1	7	1	Low	5
หน่วยย่อยโป่งน้อย													
KW15	0-30	35	2	282	3	91	3	14	2	17	1	Medium	11
	30-50	9	1	1	1	62	2	5	1	12	1	Low	6
KW16	0-38	59	3	3	1	49	1	16	2	3	1	Medium	8
	38-64	21	2	1	1	28	1	7	1	4	1	Low	6

^{1/} ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์

^{2/} คะแนนรวม; ≤ 7 = ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ, 8-12 = ความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง, ≥ 13 = ความอุดมสมบูรณ์สูง

ดินในหน่วยย่อยขุนแม่วาก 1 และ หน่วยย่อยขุนแม่วาก 2 ดินภายใต้สภาพป่าและภายใต้การทำการเกษตรมีระดับความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลางยกเว้นดินล่างของดินในพื้นที่ป่าดิบเขา (KW-1) พื้นที่ป่าหุติยภูมิ (KW-4) และดินในแปลงพลับ (KW-5) ที่อยู่ในปานกลางเหมือนกัน เมื่อเปรียบเทียบระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินภายใต้สภาพป่าธรรมชาติและภายใต้การทำการเกษตร พบว่าไม่มีความแตกต่างกัน

ดินในหน่วยย่อยโป่งลมแรง-ปากส้าย ดินภายใต้สภาพป่าและภายใต้การทำการเกษตรมีระดับความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลาง ยกเว้นดินล่างของแปลงผักนอกโรงเรือน (KW-7) พื้นที่ป่าดิบเขา (KW-8) และแปลงนา (KW-10) แต่เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว พบว่า ดินบนของดินภายใต้สภาพป่า (KW-8) มีคะแนนรวมสูงกว่าแปลงผัก (KW-7) และแปลงนา (KW-10) เพราะดินบนภายใต้สภาพป่ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุที่สูงกว่า สาเหตุที่ดินบนในแปลงผักในโรงเรือน (KW-9)

มีคะแนนรวมที่สูงกว่าดินบนภายใต้สภาพป่า เพราะมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่า ส่วนในดินล่างของดินภายใต้สภาพป่าและภายใต้การทำการเกษตรอยู่ในระดับต่ำ ยกเว้นแปลงผักในโรงเรือน (KW-9) ที่อยู่ในระดับปานกลาง เพราะมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่า

พื้นที่หลักของศูนย์พัฒนา โครงการหลวงขุนวาง ดินบนภายใต้สภาพป่าและภายใต้การทำการเกษตรมีระดับความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลาง และดินล่างอยู่ในระดับต่ำ เมื่อเปรียบเทียบดินภายใต้สภาพป่าและภายใต้การทำการเกษตรแล้ว พบว่า ดินบนของดินภายใต้สภาพป่าดิบเขา (KW-8) มีคะแนนรวมสูงกว่าแปลงพลับ (KW-13) เพราะดินบนภายใต้การทำการเกษตรมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ และค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำกว่าดินบนภายใต้สภาพป่า

ดินบนของดินในหน่วยย่อยโป่งน้อยภายใต้สภาพป่าและภายใต้การทำการเกษตรมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และในดินล่างอยู่ในระดับต่ำเมื่อเปรียบเทียบดินภายใต้สภาพป่าและภายใต้การทำการเกษตรแล้ว พบว่า ดินบนของดินภายใต้การทำการเกษตรมีระดับฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่ามากจึงทำให้ดินที่มีการใช้เพื่อการเกษตร มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินบนสูงกว่าในสภาพป่าเล็กน้อย

จากผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินที่ทำการศึกษา พบว่า ดินที่มีการเสื่อมความอุดมสมบูรณ์ ประกอบด้วย ดินในแปลงผักนอกโรงเรือน (KW-7) และแปลงนา (KW-10) ของหน่วยย่อยโป่งลมแรง-ปากกล้วย เช่นเดียวกับแปลงพลับ (KW-14) ที่อยู่ในพื้นที่หลักศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวางที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำกว่าดินภายใต้สภาพป่าธรรมชาติที่อยู่ข้างเคียง

2) กระบวนการเกิดกรดในดิน

กระบวนการเกิดกรดในดินนั้นเกิดขึ้นจากกระบวนการชะละลายแคตไอออน ออกไปจากหน้าตัดดิน ทำให้มี H^+ สะสมที่ผิวอนุภาคของดินเหนียว (Buol *et al.*, 1997; Brady and Weil, 2008) โดยทั่วไปแล้วการที่ H^+ เพิ่มขึ้นอาจไม่ได้มีผลเสียต่อพืชโดยตรงแต่ยังมีผลเสียทางอ้อมคือ ค่าปฏิกิริยาของดินที่ต่ำกว่า 4.5 จะส่งเสริมให้ H^+ ที่แลกเปลี่ยนได้เข้าไปไล่ที่ Al^{3+} ที่แลกเปลี่ยนได้ให้ออกมาสู่ระบบของสารละลายดินได้มากยิ่งขึ้น ทำให้พืชที่ไม่ทนต่อความเป็นพิษของอะลูมิเนียมอาจจะได้รับความเสียหายได้ ซึ่งค่าพีเอชของดินที่ต่ำกว่า 5.2 สามารถทำให้พืชหลายชนิดได้รับความเสียหายจากอะลูมิเนียมเป็นพิษ (Kamprath, 1967) ดังนั้น ดินในพื้นที่ส่วนใหญ่ซึ่งมีปฏิกิริยาของดินที่เป็นกรดจัด ดินที่ศึกษานี้ทั้งดินภายใต้สภาพป่าและดินในพื้นที่เกษตรกรรมมีปฏิกิริยา

อยู่ในระดับเป็นกรดปานกลางถึงกรดรุนแรงมาก แต่ดินที่ทำการเกษตรส่วนใหญ่จะมีค่าพีเอชสูงกว่าดินภายใต้สภาพป่าเนื่องจากการใส่ปุ๋ยและการชะละลายที่เกิดขึ้นน้อยกว่าในดินภายใต้โรงเรือน (Pearson, 1975; Sanchez, 1976; Brady and Weil, 2008) แสดงว่าการที่เปลี่ยนสภาพการใช้พื้นที่จากสภาพป่ามาใช้ในการเกษตร หากมีการจัดการที่ดีดินอาจไม่พบความเสื่อมโทรมจากการเกิดกรดในดินในทางตรงกันข้ามหากดูแลและจัดการดินที่ไม่ถูกต้องอาจทำให้เกิดความเสื่อมโทรมจากการเกิดกรดในดินได้ ซึ่ง Pearson (1975) ได้กล่าวว่า การยกระดับค่าปฏิกิริยาดินให้สูงขึ้นอยู่ที่ประมาณ 5.5 จากการใส่ปุ๋ยสามารถป้องกันความเป็นพิษของอะลูมิเนียมได้

3) ความไม่สมดุลของธาตุอาหาร

ค่าวิเคราะห์ทางเคมีที่ได้กล่าวไปแล้วในสมบัติทางเคมีของดินที่ศึกษา แสดงให้เห็นว่าดินในพื้นที่ศึกษานี้อาจเกิดความเสื่อมโทรมทางเคมีด้านความไม่สมดุลของธาตุอาหาร ซึ่งโดยทั่วไปแล้วไม่ค่อยพบตามสภาพธรรมชาติ ทั้งนี้เนื่องจากเป็นเพราะว่าในกรณีศึกษานี้ เกิดจากการที่เกษตรกรใส่ปุ๋ยมากเกินไปเกินกว่าความต้องการของพืชปลูก โดยเฉพาะปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม โดยเฉพาะการทำการเกษตรภายใต้โรงเรือนที่มีการชะละลายโดยน้ำฝนถูกจำกัด ดินภายใต้โรงเรือนส่วนใหญ่จึงมีปริมาณฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ตกค้างอยู่สูงมาก สำหรับดินที่ศึกษานี้ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่สูงมากคือ ดินในแปลงปลูกผักในโรงเรือน (KW-3) ในพื้นที่หน่วยย่อยขุนแม่วาก ดินในแปลงผักนอกโรงเรือน (KW-7) ในพื้นที่หน่วยย่อยโป่งลมแรง-ปากกล้วย ดินในแปลงไม้ดอก (KW-11) ดินในแปลงองุ่น (KW-12) และดินในแปลงพลับ (KW-13) ในพื้นที่หลักของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง และดินในแปลงผัก (KW-15) ในพื้นที่หน่วยย่อยโป่งน้อยซึ่งมีฟอสฟอรัสอยู่ในพิสัย 158.9-642.6 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงสุดที่แปลงพลับ (KW-13) และบริเวณที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ตกค้างอยู่สูงคือดินในแปลงปลูกผักในโรงเรือน (KW-3) ดินนา (KW-9) ในพื้นที่หน่วยย่อยโป่งลมแรง-ปากกล้วย และดินในแปลงไม้ดอก (KW-11) ที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในพิสัย 281.7-352.5 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงสุดที่แปลงไม้ดอก (KW-11) สอดคล้องกับการศึกษาของเล็ก (2548) และฉันทะนา และคณะ (2549) ที่ทำการวิเคราะห์ดินตัวอย่างในพื้นที่ของมูลนิธิโครงการหลวง และพบการตกค้างของธาตุทั้งสองในหลาย ๆ พื้นที่ ซึ่งการเกิดการตกค้างของธาตุทั้งสองในปริมาณสูงนี้สามารถก่อให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารในดินได้ โดยในดินที่มีการสะสมฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง อาจทำให้ความเป็นประโยชน์ของสังกะสีลดลง และในดินที่มีปริมาณโพแทสเซียมสูงจะไปลดอัตรา

การดูดแมงกนีเซียมของรากซึ่งทำให้พืชเกิดการขาดแมงกนีเซียมได้ (Mulder, 1950; Grimme, 1974; Mengel, 1982)

5.3 ลักษณะการเสื่อมโทรมของดินทางชีวภาพ

การประเมินการเสื่อมโทรมของดินทางชีวภาพ สามารถทำได้ โดยการประเมินจากปริมาณอินทรีย์วัตถุที่สะสมอยู่ในดิน โดยใช้หลักเกณฑ์ของ FAO-PNUMA-UNESCO (1980) ซึ่งใช้ผลวิเคราะห์ทางเคมี ได้แก่ ค่าร้อยละของอินทรีย์วัตถุโดยแสดงวิธีภาคคะแนนระดับการเสื่อมโทรมทางชีวภาพของดินไว้ในตารางผนวกที่ 11 ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$BDI = \frac{1}{OM}$$

OM= อินทรีย์วัตถุ (%)

ผลการประเมินการเสื่อมโทรมของดินทางชีวภาพของดินที่ทำการศึกษาแสดงไว้ในตารางที่ 13 พบว่า ดินบนภายใต้สภาพป่าการเสื่อมโทรมทางชีวภาพอยู่ในระดับต่ำมากทั้งหมด โดยค่าที่ได้จากการคำนวณ โดยใช้สูตรข้างต้น อยู่ในพิสัย 0.14-0.99 ขณะที่ดินบนในพื้นที่เกษตร (ตารางที่ 14) มีการเสื่อมโทรมทางชีวภาพอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก คือพบเฉพาะดินในบริเวณแปลงผักนอกโรงเรือน (KW-7) และแปลงผักในโรงเรือน (KW-9) ของหน่วยย่อยโป่งลมแรง-ปากกล้วยเท่านั้นที่อยู่ในระดับต่ำเนื่องจากมีปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ต่ำกว่าในพื้นที่อื่น แสดงให้เห็นว่าการจัดการด้านอินทรีย์วัตถุในพื้นที่ที่เปลี่ยนจากพื้นที่ป่าธรรมชาติมาใช้ในการเกษตรกรรมมีความเหมาะสมดี ขณะที่การอนุรักษ์ดินเพื่อการเกิดกร่อนดินมีความเหมาะสมอย่างยิ่ง ไม่ว่าจะเป็นการปลูกพืชบนชั้นบนไค และการใช้โรงเรือนในการปลูกพืช จึงทำให้การสูญเสียดิน โดยเฉพาะอินทรีย์วัตถุที่ติดไปกับดินที่ถูกพัดพาเกิดได้น้อยมากดังที่ได้กล่าวมาข้างแล้ว ส่วนการเสื่อมโทรมทางชีวภาพในดินชั้นที่ 2 และ 3 ของดินภายใต้สภาพป่าและดินภายใต้การทำการเกษตรอยู่ในระดับต่ำถึงสูงมากเหมือนกัน แต่จากการจำแนกดินพบว่าดินภายใต้สภาพป่าทั้งหมดอยู่ในอันดับย่อย Humults ทั้งหมดจะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสะสมอยู่ในระดับที่ต่ำกว่า ซึ่งจะส่งผลต่อการปลูกพืชที่มีราก ลึกกว่า เนื่องจากดินโปร่งกว่า (ในชั้นดังกล่าว) และอาจจะมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนที่สูงกว่าด้วย ซึ่งมีผลต่อการจัดการปุ๋ยที่จะสูญเสียได้ยากกว่า ดินที่อยู่ในอันดับย่อย Uduft เช่น ดินในบริเวณที่ 7 (KW-7) ซึ่งเป็นแปลงผักนอกโรงเรือนในพื้นที่หน่วยย่อยโป่งลมแรง-ปากกล้วย และดินในบริเวณที่ 13 (KW-13) ที่เป็นแปลงพลับในพื้นที่หลักของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง ที่มีระดับการเสื่อมโทรมทางชีวภาพในชั้นที่ 2 และ 3 สูงถึงสูงมาก (1.12-2.71)

ตารางที่ 13 ผลการประเมินการเสื่อมโทรมทางชีวภาพของดินภายใต้สภาพป่า

Depth (cm)	Horizon	BDI	Rating	Depth (cm)	Horizon	BDI	Rating
KW-1 Typic Palehumult				KW-14 Typic Haplohumult			
0-20	A1	0.20	ต่ำมาก	0-18	A	0.19	ต่ำมาก
20-40/49	A2	0.24	ต่ำมาก	18-39	Bt1	0.41	ต่ำ
49-75	Bt1	0.48	ต่ำ	39-67	Bt2	0.92	ปานกลาง
KW-4 Typic Haplohumult				KW-16 Typic Palehumult			
0-20	A	0.24	ต่ำมาก	0-20	A1	0.14	ต่ำมาก
20-45	Bt1	0.40	ต่ำ	20-38	A2	0.21	ต่ำมาก
45-72	Bt2	0.71	ปานกลาง	38-64	Bt1	0.47	ต่ำ
KW-8 Typic Haplohumult							
0-18	A	0.20	ต่ำมาก				
18-40	Bt1	0.42	ต่ำ				
40-66	Bt2	0.99	ปานกลาง				

ตารางที่ 14 ผลการประเมินการเสื่อมโทรมทางชีวภาพของดินภายใต้การทำเกษตร

Depth (cm)	Horizon	BDI	Rating	Depth (cm)	Horizon	BDI	Rating
KW-2: Typic Palehumult				KW-6: Typic Palehumult			
0-22	Ap _g	0.29	ต่ำมาก	0-22	Ap	0.19	ต่ำมาก
22-42	Btg1	0.54	ต่ำ	22-50	Bt1	0.39	ต่ำ
42-65	Btg2	0.72	ปานกลาง	50-77	Bt2	0.82	ปานกลาง
KW-3: Typic Haplohumult				KW-7: Typic Paleudult			
0-21	Ap	0.19	ต่ำมาก	0-18	Ap	0.53	ต่ำ
21-47	Bt1	0.49	ต่ำ	18-42	Bt1	2.14	สูง
47-78	Bt2	0.60	ปานกลาง	42-62	Bt2	2.71	สูงมาก
KW-5: Typic Palehumult				KW-9: Typic Paleudult			
0-20/25	A	0.24	ต่ำมาก	0-19	Ap	0.53	ต่ำ
25-50	Bt1	0.51	ต่ำ	19-36	Bt1	2.25	สูง
50-74	Bt2	1.07	สูง	36-63	Bt2	1.59	สูง

ตารางที่ 14 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	BDI	Rating	Depth (cm)	Horizon	BDI	Rating
KW-10: Rhodic Paleudult				KW-13: Rhodic Paleudult			
0-16	Ap	0.24	ต่ำมาก	0-17	Ap	0.27	ต่ำมาก
16-33	Bt1	0.71	ปานกลาง	17-41	Bt1	1.12	สูง
33-58	Bt2	1.04	สูง	41-70	Bt2	1.52	สูง
KW-11: Typic Palehumult				KW-15: Typic Palehumult			
0-30	Ap	0.19	ต่ำมาก	0-30	Ap	0.21	ต่ำมาก
30-53	Bt1	0.49	ต่ำ	30-50	Bt1	0.45	ต่ำ
50-80	Bt2	0.76	ปานกลาง	50-74	Bt2	1.17	สูง
KW-12: Typic Palehumult							
0-30	Ap	0.28	ต่ำมาก				
30-49	Bt1	0.40	ต่ำ				
49-73	Bt2	0.70	ปานกลาง				

6. การปรับปรุงวิธีการประเมินการเสื่อมโทรมของดินและผลการประเมินหลังการปรับปรุง

สืบเนื่องจากการประเมินการเสื่อมโทรมของดินโดยการแบ่งแยกตามสมบัติของดินทำให้ไม่สามารถแสดงสถานการณ์เสื่อมโทรมที่แท้จริงของดินได้ เนื่องจากการเสื่อมโทรมของดินโดยภาพรวมควรที่จะมีการกำหนดเกณฑ์ร่วมกันระหว่างสมบัติทางกายภาพ เคมี และชีวภาพ ซึ่งต้องมีการปรับเปลี่ยนคะแนนของระดับการเสื่อมโทรมของสมบัติดินทั้งสามให้มีน้ำหนักเท่ากัน ดังนั้น เกณฑ์ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2523) มีพิสัยต่ำถึงสูงเท่านั้น จึงปรับเกณฑ์ใหม่ให้มีพิสัยอยู่ในต่ำมากถึงสูงมากดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 เกณฑ์ประเมินความอุดมสมบูรณ์ในพิสัยต่ำมากถึงสูงมาก

คะแนนตามเกณฑ์ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2523)					
คะแนนรวม	0-3	4-6	7-9	10-12	13-15
ระดับความอุดมสมบูรณ์	ต่ำมาก	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูงมาก
ค่าดัชนี	4	3	2	1	0

ส่วนเกณฑ์ประเมินการเสื่อมโทรมทางกายภาพซึ่งใช้สมบัติทางกายภาพ 2 ชนิด ได้แก่ เกณฑ์ความหนาแน่นรวมของดิน (Snakin *et al.*, 1996) และเกณฑ์การประเมินชั้นการกร่อนดินที่มีตัวเร่ง (Soil Survey Division Staff, 1993) ที่ไม่ได้นำดินล่างมาใช้ในการประเมิน ซึ่งตัวแปรทั้งสองนำมาเฉลี่ยเป็นค่าเดียวสำหรับเป็นตัวแทนของสมบัติทางกายภาพ เกณฑ์ประเมินการเสื่อมโทรมทางเคมี คือ เกณฑ์ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2523) และเกณฑ์ประเมินการเสื่อมโทรมทางชีวภาพ (FAO-PNUMA-UNESCO, 1980) ที่ใช้ปริมาณอินทรีย์วัตถุ โดยทั้งหมดนำมาปรับปรุงใหม่ได้ดังแสดงในตารางที่ 16

ผลการประเมินหลังการปรับปรุง พบว่า ดินในหน่วยย่อยขุนแม่วาก 1 และ 2 ไม่พบการเสื่อมโทรมในดินบน ขณะที่ในดินชั้นที่อยู่ข้างใต้ดินบนมีการเสื่อมโทรมเพียงเล็กน้อย ดินในพื้นที่หน่วยย่อยโป่งลมแรง-ปากกล้วยมีการเสื่อมโทรมเล็กน้อยทั้งในดินบนและชั้นดินล่างที่อยู่ข้างใต้ โดยมีข้อยกเว้นในดินบนของแปลงป่าดิบเขา (KW-8) ที่ไม่พบการเสื่อมโทรม

ตารางที่ 16 ผลการประเมินความเสื่อมโทรมของดินที่ศึกษาทั้งหมด

Pedon	Depth (cm)	Physical		Average	Chemical	Biological	Total score ^{1/}	Rating
		Bulk density	Erosion class		Fertility	Organic		
					matter			
หน่วยย่อยขุนแม่วาก 1								
KW-1	0-40/49	0	0	0	1	1	2	none
	49-75	2	-		3	1	4	slight
KW-2	0-22	0	2	1	1	1	3	none
	22-42	3	-		2	2	4	slight
KW-3	0-21	0	2	1	1	1	3	none
	21-47	1	-		2	2	4	slight
หน่วยย่อยขุนแม่วาก 2								
KW-4	0-20	0	0	0	1	1	2	none
	0-452	0	-		3	2	5	slight
KW-5	0-20/25	0	0	0	1	1	2	none
	25-50	0	-		3	2	5	slight
KW-6	0-22	0	0	0	1	1	2	none
	22-50	0	-		2	2	4	slight

ตารางที่ 16 (ต่อ)

Pedon	Depth (cm)	Physical		Average	Chemical	Biological	Total score ^{1/}	Rating
		Bulk density	Erosion class		Fertility	Organic matter		
หน่วยย่อยโป่งลมแรง-ปากกล้วย								
KW-7	0-18	4	0	2	2	2	6	slight
	18-42	4	-		2	4	6	slight
KW-8	0-18	0	0	0	1	1	2	none
	18-40	1	-		3	2	5	slight
KW-9	0-19	1	0	0.5	1	2	3.5	slight
	19-36	0	-		2	4	6	slight
KW-10	0-16	3	1	2	2	1	5	slight
	16-33	2	-		3	3	6	slight
ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง								
KW-11	0-30	0	0	0	1	1	2	none
	30-53	1	-		2	2	4	slight
KW-12	0-30	0	0	0	1	1	2	none
	30-49	1	-		3	2	5	slight
KW13	0-17	2	1	1.5	2	1	4.5	slight
	17-41	3	-		3	4	7	moderate
KW14	0-18	1	0	0.5	1	1	2.5	none
	18-39	0	-		3	2	5	slight
หน่วยย่อยโป่งน้อย								
KW15	0-30	1	1	1	1	1	3	none
	30-50	1	-		3	2	5	slight
KW16	0-38	0	0	0	2	1	3	none
	38-64	0	-		3	1	4	slight

^{1/} total score; 0-3 = none, >3-6 = slight, >6-9 = moderate, >9 = severe

ดินในพื้นที่หลักของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง พบว่า แปลงพลับ (KW-13) มีการเสื่อมโทรมเล็กน้อยในดินบน และปานกลางในชั้นดินล่างที่อยู่ข้างใต้ชั้นดินบน ส่วนบริเวณอื่นไม่พบการเสื่อมโทรมในดินบน แต่ชั้นดินที่อยู่ถัดลงไปมีการเสื่อมโทรมเล็กน้อย เช่นเดียวกับแปลงที่ทำการศึกษาในพื้นที่ของหน่วยย่อยโป่งน้อย

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

ดินที่ทำการศึกษาทั้งหมดอยู่ในบริเวณที่เป็นภูเขา และที่ลาดชันเชิงชัน มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางระหว่าง 1,305-1,409 เมตร มีความลาดชันตั้งแต่ร้อยละ 3-35 วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นหินดาดเชิงเขาและวัสดุตกค้างของหินในสั ดินทั้งหมดเป็นดินลึกถึงลึกมาก มีการระบายน้ำตั้งแต่ช้ามากถึงเร็วมาก ดินมีสีตั้งแต่ น้ำเหลืองถึงสีแดงเข้ม พบชั้นดินล่างวินิจัยอาร์จิลิกในทุกบริเวณ แสดงให้เห็นถึงการพัฒนากการของดินในระดับค่อนข้างสูง

สมบัติทางกายภาพของดินทั้งหมดมีความแตกต่างกันเล็กน้อย โดยมีลักษณะเด่นคือ มีปริมาณดินเหนียวเพิ่มขึ้นตามความลึก และในบางดินลดลงในตอนล่างของหน้าตัดดิน โดยมีอนุภาคนาดทรายอยู่ในสัดส่วนสูงที่สุด ดินบนภายใต้การทำการเกษตรมีความหนาแน่นรวมสูงกว่าดินภายใต้สภาพป่าธรรมชาติเนื่องจากการเหยียบย่ำ หรือการปฏิบัติอื่นใดระหว่างที่มีการปลูกพืช แต่ไม่มีผลต่อความหนาแน่นรวมในดินล่างที่อยู่ใต้ชั้นดินบน เนื่องจากในบริเวณพื้นที่สูงการทำการเกษตรไม่มีการใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตรขนาดใหญ่ในการเตรียมดินจึงไม่พบชั้นดานไถพรวน สภาพน้ำของดินขณะอิ่มตัวอยู่ในระดับช้ามากถึงเร็วมาก โดยในพื้นที่ป่าดินบน จะมีสภาพน้ำน้ำดีกว่าในพื้นที่เกษตรซึ่งเป็นผลมาจากความหนาแน่นรวมที่มีค่าต่ำกว่า

สมบัติทางเคมีของดินส่วนใหญ่มีความแปรปรวนในพิสัยกว้าง ดินบนและดินล่างมีปฏิกิริยาดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงเป็นกรดปานกลาง ดินภายใต้สภาพป่าธรรมชาติส่วนใหญ่มีค่าพีเอชต่ำกว่าในพื้นที่เกษตรกรรม ขณะที่การทำการเกษตรภายใต้โรงเรือน ดินมีแนวโน้มของค่าพีเอชสูงกว่าพื้นที่เกษตรนอกโรงเรือน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินบนอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงมาก และมีปริมาณลดลงตามความลึก ส่วนใหญ่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างพื้นที่ป่าธรรมชาติและพื้นที่เกษตรกรรม เช่นเดียวกับในกรณีของปริมาณไนโตรเจนรวมที่พบในปริมาณต่ำถึงปานกลางในดินบน และต่ำถึงต่ำมากในดินล่าง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์พบสูงมากในดินบนส่วนใหญ่ของพื้นที่เกษตรกรรม ขณะที่ดินตามป่าธรรมชาติพบอยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์พบอยู่ในพิสัยกว้าง แต่ผลจากการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมมากเกินไปเกินกว่าความต้องการของพืชปลูกทำให้พื้นที่เกษตรกรรมบางบริเวณมีการสะสมในปริมาณสูงมาก ปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ในดินบนสูงถึงสูงมากและลดลงในชั้นดินล่าง ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดินบนค่อนข้างต่ำถึงสูง และมีแนวโน้มลดลงในดินล่าง ส่วนอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสต่ำกว่าร้อยละ 35

จากผลการประเมินความเสื่อมโทรมของดินที่ศึกษาทั้งหมดนี้พบว่าดินภายใต้สภาพป่าไม่พบความเสื่อมโทรมเนื่องจากมีเกณฑ์ความเสื่อมโทรมทางกายภาพ เคมี และชีวภาพต่ำ แต่จากการเปลี่ยนสภาพพื้นที่ไปใช้ทำการเกษตรมีผลทำให้ดินมีความเสื่อมโทรมเล็กน้อยในบางบริเวณ โดยเฉพาะแปลงผักนอกโรงเรือน (KW-7) ที่มีค่าดัชนีความเสื่อมโทรมของดินทั้งหมดสูงที่สุด รองลงมาคือแปลงนา (KW-10) แปลงพลับ (KW-13) และแปลงผักในโรงเรือน (KW-9)

ดินส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางและมีความเสื่อมโทรมทางชีวภาพอยู่ในระดับต่ำซึ่งเป็นเพราะดินภายใต้สภาพป่ามีอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง ดินที่ใช้ทำการเกษตรคือ แปลงผักนอกโรงเรือน (KW-7) แปลงนา (KW-10) ในหน่วยย่อยโป่งลมแรง-ปากกล้วย และแปลงพลับ (KW-13) ในพื้นที่หลักของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง มีความเสื่อมโทรมอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งเป็นเพราะความเสื่อมโทรมทางกายภาพของดิน คือมีความหนาแน่นรวมของดินสูงกว่าดินภายใต้สภาพป่า (ทั้ง 3 บริเวณ) และพบการกร่อนดินในแปลงนา (KW-10) และแปลงพลับ (KW-13) และพบความเสื่อมโทรมทางชีวภาพในแปลงผักนอกโรงเรือนเนื่องมาจากมีอินทรีย์วัตถุต่ำ

ในดินที่มีระบบการอนุรักษ์ดิน เช่น การทำขั้นบันได หรือการทำคันนา เช่นเดียวกับการมีโรงเรือนปกคลุมช่วยป้องกันไม่ให้ดินเกิดการเสื่อมโทรมในบริเวณที่ศึกษาทั้งหมดนี้พบว่ามีเหมาะสมคืออยู่แล้วเมื่อปฏิบัติร่วมกับการจัดการดินที่เหมาะสม เช่น มีการเพิ่มเติมปุ๋ยเคมีเพื่อทดแทนการสูญเสียธาตุอาหารพืช และการใช้ปุ๋ยอินทรีย์เพื่อรักษาระดับอินทรีย์วัตถุ แต่ในการปฏิบัติหากไม่เหมาะสมอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดความเสื่อมโทรมได้ ดังเช่น แปลงนาบริเวณที่ 2 (KW-2) แปลงผักในโรงเรือนบริเวณที่ 3 (KW-3) ในหน่วยย่อยขุนแม่วาก แปลงผักบริเวณที่ 9 (KW-9) แปลงไม้ดอกบริเวณที่ 11 (KW-11) และแปลงองุ่นบริเวณที่ 12 ที่พบความเสื่อมโทรมทางกายภาพที่ชั้นดินบนหายไปจากการปาดหน้าดิน และจากการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมที่มากเกินไปเกินความต้องการของพืช อาจทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารได้ดังเช่นดินในแปลงผักในโรงเรือน (KW-3) ในพื้นที่หน่วยย่อยขุนแม่วากดินในแปลงผักนอกโรงเรือน (KW-7) ดินนา (KW-10) ในพื้นที่หน่วยย่อยโป่งลมแรง-ปากกล้วย ดินในแปลงไม้ดอก (KW-11) ดินในแปลงองุ่น (KW-12) และดินในแปลงพลับ (KW-13) ในพื้นที่หลักของศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวาง และดินในแปลงผักในพื้นที่หน่วยย่อยโป่งน้อย (KW-15)

การเสื่อมโทรมของดินในพื้นที่ที่ไม่มีระบบอนุรักษ์ดิน จะพบมีการเสื่อมโทรมในลักษณะความอุดมสมบูรณ์ของดินลดลง ดังเช่น ดินบริเวณที่ 7 ที่เป็นแปลงผักนอกโรงเรือน บริเวณที่ 10 ที่เป็นแปลงนา และดินในบริเวณที่ 13 ที่เป็นแปลงพลับ ที่มีอินทรีย์วัตถุในดินบนต่ำกว่าดิน

ภายใต้สภาพป่า อาจเป็นเพราะในการจัดการดินไม่มีการเพิ่มอินทรีย์วัตถุ และในการใส่อินทรีย์วัตถุแล้วไถกลบทำได้ยาก แต่โดยรวมแล้วพบการเสื่อมโทรมของดินเพียงเล็กน้อย เนื่องจาก มีการใช้ที่ดินเฉพาะช่วงสั้น ๆ แล้วปล่อยให้หญ้าปกคลุม บางพื้นที่มีความลาดชันน้อย และใช้สำหรับการปลูกไม้ผลซึ่งช่วยอนุรักษ์ดินได้ดีในระดับหนึ่ง

จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสามารถประยุกต์ข้อมูลเพื่อการอนุรักษ์และจัดการดินได้ดังนี้

- 1) เนื่องจากรูปแบบการใช้ที่ดินในปัจจุบันมีความเหมาะสมอยู่แล้วจึงควรใช้ที่ดินร่วมกับการอนุรักษ์ดังที่ปฏิบัติอยู่
- 2) ควรระมัดระวังเรื่องการใส่ปุ๋ยเคมี อันก่อให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหาร เช่น ฟอสฟอรัส และ โพแทสเซียมมากเกินไปจนความต้องการของพืช
- 3) เพิ่มความอุดมสมบูรณ์ ให้แก่ดิน ใช้ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินและตามความต้องการ ของพืช เพื่อลดการสูญเสีย โดยการชะละลายและเป็นการลดต้นทุนการผลิต
- 4) ควรมีการยกระดับค่าพีเอชของดินในพื้นที่เพื่อเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชบางชนิด และ/หรือลดปัญหาความเป็นพิษของอะลูมิเนียม (ซึ่งอาจจะพบได้ เนื่องจากดินส่วนใหญ่มีค่าพีเอชต่ำ)

ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการเปลี่ยนสภาพที่ดินจากสภาพป่าธรรมชาติไปใช้เพื่อการเกษตรคือ แปลงผัก แปลงปลูก แปลงไม้ดอก และแปลงนา มีผลทำให้ดินที่ทำการศึกษานี้มีการเสื่อมทางกายภาพ ในลักษณะที่ความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มมากขึ้น ดินตื้นขึ้น ลักษณะการเสื่อมโทรมทางเคมีที่พบคือความอุดมสมบูรณ์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับดินในสภาพป่าธรรมชาติ และพบความไม่สมดุลของธาตุอาหารที่เกิดจากการตกค้างของปุ๋ยที่ใส่ลงไป คือ การสะสมฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และมีปริมาณโพแทสเซียมสูงเกินไปอาจมีผลกระทบต่อธาตุอื่นซึ่งทำให้พืชเกิดอาการขาดธาตุอาหารได้ และการเสื่อมโทรมทางเคมีที่เกิดจากปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ลดลง ดังนั้นในพื้นที่ ที่อาจเกิดการเสื่อมโทรมได้ง่ายจึงจำเป็นต้องป้องกันโดยจัดการที่ถูกต้อง เช่น ไม่ทำการปรับสภาพพื้นที่เป็นขั้นบันไดแล้วลาดหน้าดินทิ้ง การเพิ่มอินทรีย์วัตถุเพื่อปรับปรุงโครงสร้าง

ดินทั้งยังช่วยลดการเสื่อมโทรมทางชีวภาพอีกด้วย หรือการปลูกพืชคลุมดินเพื่อลดการกร่อนดิน หรือ วิเคราะห์ดินก่อนปลูกเพื่อลดการตกค้างของปุ๋ยที่ใส่และประหยัดต้นทุน เป็นต้น

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นแสดงให้เห็นว่า ควรให้ความสำคัญกับการป้องกันการเสื่อมโทรมของดิน เพื่อให้เกิดความยั่งยืนในการใช้พื้นที่ เพราะว่าศูนย์พัฒนาโครงการหลวงขุนวางนี้เป็นแหล่งผลิตผลไม้ ไม้ดอก และพืชผักสำคัญที่สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกรชาวเขา ทั้งนี้ก็จะเป็นการช่วยให้เกษตรกรเหล่านี้หยุดการบุกรุกพื้นที่ป่าเพิ่มเติมอีกด้วย หากสามารถใช้ที่ดินได้อย่างเหมาะสมและได้รับผลตอบแทนเป็นที่น่าพึงพอใจ

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม. 2526. **แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทยมาตราส่วน 1:500,000.**

_____. 2535ข. **แผนที่สภาพภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000, ระวางบ้านวังผาปูน (4746 III).**

กรมพัฒนาที่ดิน. 2525. **แผนที่แสดงศักยภาพของที่ดินเพื่อการเกษตรภาคเหนือของประเทศ.**
กองสำรวจดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2530. งานฟื้นฟูที่ดินเสื่อมโทรมเขาชะงุ้ม จังหวัดราชบุรีตามพระราชดำริ ต้นแบบ. การพัฒนาที่ดินภาคตะวันตก. วารสารพัฒนาที่ดิน 277(25): 40-42.

_____. 2550. **พื้นที่เสื่อมโทรมของประเทศไทย.** ส่วนจัดการพื้นที่เสื่อมโทรม: สำนักบริหารและพัฒนาการใช้ที่ดิน. ที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. มปป. **คู่มือท่องเที่ยวศูนย์วิจัยเกษตรหลวงเชียงใหม่(ขุนวาง).** กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จรุง คงเจริญ. 2510. การศึกษาความอุดมสมบูรณ์ของดินในไร่ร้าง ไร่ปัจจุบันและในป่าดิบเขาบริเวณฝั่งซ้าย ของลุ่มน้ำห้วยแม่ใน จ. เชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ฉันทะนา วิรัตน์, คำกิ่ง ป้องพาล, ปรีชา รัตนัง และนงนุช กุศล. 2549. การปรับปรุงพันธุ์โดยผลิตเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมห่อ, น.25-32. ใน รายงานการประชุมวิชาการ. **ผลงานวิจัยของมูลนิธิโครงการหลวง ประจำปี 2549.** ฝ่ายวิจัยมูลนิธิโครงการหลวง, เชียงใหม่.

ทัศนีย์ อัดตะนันท์. 2531. **ดินที่ใช้ปลูกข้าว**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นงคราญ กาญจนประเสริฐ. 2529. **การศึกษาลักษณะวินิจฉัยที่สำคัญในการพัฒนาการของดินและ
ศักยภาพของดินอันดับอัลฟิโซลส์และอินเซปติโซลส์ บริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง**. วิทยานิพนธ์
ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิวัติ อนงค์รักษ์. 2546. **ลำดับดินบนพื้นที่สูงที่ได้รับอิทธิพลจากการใช้ประโยชน์และสิ่งปกคลุม
ดินในบริเวณดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประชุม สันต์การ. 2516. **การเสื่อมคุณสมบัติของดินป่าดิบเขาภายหลังถูกแผ้วในช่วงเวลาต่างกัน
บริเวณดอยตุง เชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประพิศ แสงทอง และพิชิต พงษ์สกุล. 2539. **การปลดปล่อยอินทรีย์ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ใน
ดินไร่**. วารสารดินและปุ๋ย 18(1), 29-39.

พรเทพ ศรีสุข. 2541. **ลักษณะของดินที่สูงบริเวณลุ่มน้ำแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์
ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพบุลย์ ประพุดิธรรม. 2528. **เคมีดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
, กรุงเทพฯ.

เล็ก มอญเจริญ. 2548. **รายงานเบื้องต้นสภาพการใช้ปุ๋ยเคมีสำหรับพืชผักในพื้นที่โครงการหลวง.
ฝ่ายวิจัยโครงการหลวง, เชียงใหม่**.

วาณี อิ่มอม. 2549. **ผลกระทบทางเศรษฐกิจและสังคมจากการพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวในศูนย์
พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก และ ขุนวาง จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ .

วีระศักดิ์ อุดมโชค. 2524. การกระจายช่องว่างขนาดต่าง ๆ ของดินป่าดิบเขา และไร่เลื่อนลอย
บริเวณคอยตุง เชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วีระศักดิ์ อุดมโชค, เกษม จันทรแก้ว, นิพนธ์ ตั้งธรรม และ วิชา นิยม. 2526. การวิจัยลุ่มน้ำที่ห้วย
คอกม้า เล่มที่ 39: การกระจายช่องว่างขนาดต่าง ๆ ของดินป่าดิบเขาธรรมชาติและไร่เลื่อน
ลอย บริเวณคอยตุง เชียงใหม่. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สถาบันวิจัยและพัฒนาพื้นที่สูง. 2552. พื้นที่โครงการหลวงขุนวาง. แหล่งที่มา:
<http://www.hrdi.or.th/>, 7 เมษายน 2552.

สมเจตน์ จันทวัฒน์. 2522. การอนุรักษ์ดินและน้ำ, เล่มที่ 1. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมญา ตั้งตระกูลพงษ์. 2545. การแปลงส่วนต่าง ๆ ของอินทรีย์วัตถุในดินที่มีการใช้ที่ดินต่างกัน
ดินทรายในพื้นที่ปลูกคลื่นลอนลาดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สมญา ตั้งตระกูลพงษ์ และ ปัทมา วิทยากร. 2547. การศึกษาความเสื่อมโทรมของที่ดิน โดยใช้
อินทรีย์วัตถุในดินเป็นตัวชี้. วารสารแก่นเกษตร 32(4): 295-307.

สุวลักษณ์ เขียวสีคันธ. 2537. อิทธิพลของระบบทุ่งหญ้าต่อคุณสมบัติทางเคมีและจุลชีววิทยา
ของดินทรายและผลผลิตของพืชไร่ที่ปลูกตาม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สัมฤทธิ์ ชัยวรรณกุล. 2536. เกษตรกรรมยั่งยืนกับปัญหาดินเสื่อมโทรม. ข่าวสารเกษตรภาค
ตะวันออกเฉียงเหนือ 22 (1), 7-17.

สาโรจน์ ศักดิ์เจริญ. 2512. ลักษณะทางธรณีวิทยาในการจัดการลุ่มน้ำบนภูเขาที่ห้วยคอกม้า
คอยตุง เชียงใหม่ เล่มที่ 1. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

องอาจ วีระโสภณ. 2534. การใช้วัสดุอินทรีย์บำรุงดินไร่. *วารสารการเกษตร* 9(1): 47-54.

อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ. 2522. **ธรณีวิทยา**. บริษัทสำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช จำกัด, กรุงเทพฯ. 278 น.

อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์. 2552. **หน่วยจัดการต้นน้ำขุนวาง**. แหล่งที่มา:
<http://www.doiinthanon.com>

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2548. การสำรวจดิน, พิมพ์ครั้งที่ 2. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Abdelhakim B. and G. Tahar. 2008. Relationship between soil organic matter and aggregate stability and soil erosion in some sandy soils of Tunisia, pp. 231-235. *In* 5th **International Conference on Land Degradation 18-22 September 2008**. Valenzano, Bari, Italy.

Ahmady T. 2008. The effect of the change of the usage of forest lands on the physical and chemical specification of the forests soils in the north of Iran, p. 413 *In* 5th **International Conference on Land Degradation 18-22 September 2008**. Valenzano, Bari, Italy.

Ali, M.M. and S.M. Shaheed. 1997. Degradation of paddy soils during the period 1967-1995 in Bangladesh. *In* **International Conference on soil Quality Management, Organized by East & Southeast Asia Federation of soil Science, 1997**. Cheju Island, Korea.

Anusontpornperm, S. and I. Kheoruenromne. 1996. Soil under various conditions of land use change from tropical forest. *In* **FORTROP'96; Tropical Forestry in the 21st Century, November 25-28, 1996**, Thailand.

- Anusontpornperm, S., M. Takahashi and I. Kheoruenromne. 2004. Rejuvenation of soils after wood logging: selected areas under different sloping native forest conditions in Mae-Klong watershed, Kanchanaburi Province. *In* **SSWM 2004-Innovative Practices for Sustainable Sloping and Watershed Management, September 5-9, 2004**, Thailand.
- Arocena, JM. and, J.D. Lousier. 2000. Cation in solution from forest soils subject to forest floor removal and compaction treatments. **Forest Ecology and Management** 133(1-2): 71-80.
- Ballayan D. 2000. **Soil Degradation: Chapter Biodiversity & Land Degradation Draft February**. FAO, Rome, Italy.
- Barrow, C.J. 1991. **Land Degradation; Development and Breakdown of Terrestrial Ecosystems**. Cambridge University Press, UK.
- Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk density, pp. 363-382. *In* A. Klute, ed. **Methods of Soil Analysis, Part 1: Physical and Mineralogical Methods**. 2nd ed. Amer. Soc.of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Blatt H. and R. J. Tracy. 1996. **Petrology: Igneous, Sedimentary and Metamorphic**, 2nd ed. W H Freeman & Co. United state.
- Bloom, P.R. 2000. Soil pH and pH buffering, pp. B333-B352. *In* M.E. Summer, **Handbook of Soil Science**. CRC Press LLC.
- Bormebusch, C.H. 1930. The fauna of forest soil. **Internet. Cong. For. Expt. Stas. Proc.** 1929: 541-545.
- Brady, N.C. and R.R. Weil. 2008. **Element of the Nature and Properties of Soil**. Pearson Education INC., New Jersey.

- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. **Soil Science** 59: 39-45.
- Buckman, H.O. and N.C. Brady 1960. **The Nature and Properties of Soil**. The Macmillan company, Inc., NY.
- Buol, S.W., R.J. Southard., R.C. Graham. and P.A. McDaniel. 2003. **Soil Genesis and Classification**, 5th ed. Iowa State Press, Blackwell Publishing Company, Iowa.
- Butzer, K.W. 1976. **Geomorphology from the Earth**. Harper and Row Publishers, New York.
- Chapman, H.D. 1965. Cation exchange capacity, pp. 891-901. *In*. C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis Part II**. Monograph No.9, American Society of Agronomy Inc., Wisconsin.
- Chunkao, K., P. Santudgarn and N. Tanthem. 1974. **Effects of Shifting Cultivation on Some Physical Properties of Hill-evergreen Forest Soils**. Kog-Ma Watershed Research Bulletin No. 19. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Thailand.
- Cristiane, F. da Silva, Eliane M.R. da Silva., Willian R. da Oliveira., Maria, E.F.C. and Marco A.M. 2008. Degraded land by clay extraction reforested with *Acacia mangium*: soil fauna as rehabilitation indicator. pp. 341-345. *In* 5th **International Conference on Land Degradation, 18-22 September 2008**. Valenzano, Bari, Italy.
- Day, P.R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis, pp. 545-567. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis Part I: Physical and Mineralogical Methods**. Agronomy No.9. Soc. of Agron. Inc., Madisoin, Wisconsin.
- Dixon B. J., Amonette E. J., Bleam F. W. and D. G. Schulze. 2002. **Soil Mineralogy with Environmental Applications**. Soil Science Society of America, USA.

FAO, PNUMA, UNESCO, 1980. Anon. 1980. **Metodología Provisional Para la Evaluación de la Degradación de Los Suelos.** FAO, Rome.

Gardiner, D.T. and R.W. Miller. 2004. **Soils in Our Environment**, 10th ed. Pearson-Prentice Hall Inc., NJ

Gerold G. 2008. Soil and water degradation with forest conversion in the humid tropics (Indonesia). pp. 357-358. *In* **5th International Conference on Land Degradation, 18-22 September 2008.** Valenzano, Bari, Italy.

Grimme, H. 1974. Potassium release in relation to crop production, pp. 131-136. *In* **Proc. 10th Congr. Int. Potash Inst.** Worblaufen-Bern, Switzerland.

Hamza M. A. and W. K. Anderson. 2004. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. **J. Soil Till. Res.** 82(2): 121-145.

Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and W.L. Nelson. 2005. **Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management**, 7th ed. Pearson-Prentice Hall Inc., NJ.

Hillel, D. 1998. **Environment Soil Physic.** Academic Press, San Diego, USA

Iraj Emadodin. 2008. Effects of soil degradation on total natural resource productivity (TNRP): Case study in Iran. p. 387. *In* **5th International Conference on Land Degradation, 18-22 September 2008.** Valenzano, Bari, Italy.

Iwata, S., T. Tabushi and B. P. Warkentin. 1995. **Soil-Water Interaction; Mechanisms and Applications**, 2nd ed. Macel Dekker, Inc., New York, USA.

Jackson, M.L. 1965. **Soil Chemical Analysis-Advanced Course.** Department of Soils, University of Wisconsin.

- John, P. and K. Kelling, 2001 Soil Fertility Influences on Cation Levels in Forages. **J. Focus Forage**. 4(2): 1-3.
- José M. d. P., J. Sánchez and F. Visconti. 2006. Combine use of GIS and environment indicators for assessment of chemical, physical and biological soil degradation in Spanish Mediterranean region. **J. Environ. Manage.** 79: 150-162.
- Juma, N.G. 2001. **The Pedosphere and Its Dynamics: A Systems Approach to Soil Science**. Salman Production Inc., Edmonton, Alberta, Canada.
- Kaspar, T.C., D.C. Erbach and R.M. Cruse, 1990. Corn response to seed-row residue removal. **J. Soil Sci. Soc. Am.** 54: 1112-1117.
- Khemnark, C., S. Wacharakitti, S. Aksornkoae and T. Kaewla-iad. 1972. **Forest Production and Soil Fertility at Nikom Doi Chiangdao, Chiang Mai Province**. K.U. For.Res. Bull. No 22.
- Kittredge, J. Jr. 1939. The forest floor of the chaparral in San Gabriel mountain, California. **J. Agr. Res.** 57 (7): 521-535.
- Klute, A. 1965. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soils, pp. 210-220. In C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis, Part I: Physical and Mineralogical Methods**. Agronomy No. 9. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Lal, R., T.M. Sobecki, T. Tivari and J. M. Kimble. 2002. **Soil Degradation in the United States: Extent, Severity and Trends**. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.
- Lal, R. and B.A. Stewart. 1990. **Advanced in Soil Science Vol. 11: Soil Degradation**. Springer-Verlag. New York. USA.

Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. **Soil Interpretation Handbook for Thailand.** Dept. of Land Development, Min. of Agri. and Cooperatives., Bangkok.

Luizao, R., Costa E. S., and F.J. Luizao. 1999. Change in microbial biomass and after slash and burning of a forest in Central Amazonia. **Acta Amazonica** 29(1): 43-56.

Marafa, L.M. and K.C. Chau. 1999. Effect of hill fire on upland soil in Hong Kong. **Forest Ecol. and Manage.** 120: 97-104.

Marion, G.M., D.M. Hendricks, G.R. Dutt and W.H. Fuller. 1976. Aluminium and silica solubility in soils. **Soil Sci.** 121: 76-85.

National Soil Survey Center. 1996. **Soil Survey Laboratory Methods Manual.** Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0. Natural Conservation Service, USDA.

Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1982. **Principles of Plant Nutrition.** Potash Inst. Bern.

Mulder, D. 1950. Magnesium deficiency in fruit trees on sandy and clay soils in Holland. **Plant and Soil.** 2: 145-157.

Oldeman, L.R. *et al.* 1991. **World Map on the Status of Human Induced Soil Degradation.** ISRIC & UNEP.

Oldeman, L.R. 1988. **Guidelines for General Assessment of the Status of Human-Induced Soil Degradation.** ISRIC Working Paper 88/4, ISRIC, Wageningen.

O' Neal, A.M. 1952. **Pedology (translation from French).** George Allen and Unwin Ltd., London.

Orlov, D.S. 1992. **Soil Chemistry.** Brookfield: A.A. Balkema.

- Ozdemir T., Yakupoglu T., Ozturk E. and O. Dengiz. 2008. The effect of bio-solid and tea waste applications on erosion ratio index of eroded soils. pp. 583-587. *In* **5th International Conference on Land Degradation, 18-22 September 2008**. Valenzano, Bari, Italy.
- Pedro A. Sanchez. 1981. Soil management in the Oxisol savannahs and Ultisol jungles of tropical South America. *In* D. J. Greenland, ed. **Characterization of Soil in Relation to their Classification and Management for Crop Production: Examples from Some Areas of the Humid Tropic**. South America: [n.p.].
- Peech, M. 1945. Determination of exchangeable cation and exchange capacity of soil rapid micromethod utilizing centrifuge and spectrophotometer. **Soil Sci.** 59: 25-28.
- Peech, M. 1965. Exchange acidity, pp. 905-913. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Methods properties**. Monograph No. 9. American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin.
- Pike, J.G. 1984. The aims, objectives and procedure of the FAO investigation of lands with declining and stagnating production, pp A 1-19. *In* **The Problem of Land with Declining and Stagnating Productivity**. Technical Workshop. Dep. of Land Dev., McGowan Int. Pty. Ltd. and FAO, Pattaya, Thailand.
- Pratt, P.E. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis, Part II: Chemical and Microbiological Methods Properties**. Monograph No. 9. American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin, USA.
- Richards, L.A. 1954. **Diagnostic and Improvement of Saline and Alkaline Soils**. U.S. Salinity Laboratory, U.S. Dept. Agr., Washington, D.C.
- Rowell, D.L. 1994. **Soil Science: Methods & Applications**. Addison Wesley Longman Limited, UK.

- Sanchez, P.A. 1976. **Properties and Management of Soils in the Tropics**. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Snakin V.V., Krechetov P.P., Kuzovnikova T.A., Alyabina I.O., Gurov A.F. and A.V. Stepichev. 1996. The system of assessment of soil degradation. **Soil Tech.** 8: 331-343.
- Soil Survey Division Staff. 1993. **Soil Survey Manual**. U.S. Dep. of Agr. Handbook No. 18. U.S. Government Printing Office, Washington D.C.
- Stephen M. J. 2007. **Minerals Yearbook 2006: Phosphate Rock**. U.S. Department of the Interior. USA.
- Syed Anwarul Haque. 2008. Land degradation and its impact on crop productivity in Bangladesh. pp. 263-266. *In* **5th International Conference on Land Degradation, 18-22 September 2008**. Valenzano, Bari, Italy.
- Theocharopoulos S. P. 2008. The status of land degradation in Greece. pp. 83-87. *In* **5th International Conference on Land Degradation, 18-22 September 2008**. Valenzano, Bari, Italy.
- Thompson, L.M. and F.R. Troeh. 1978. **Soil and Soil Fertility**, 4th ed. McGraw-Hill Inc., NewYork.
- Topark-ngarm B., Suebkam R., Trelo-ge V. and Sukchan S. 2008. Changing of soil properties resulted from changing of land use on sloping land. pp. 551-555. *In* **5th International Conference on Land Degradation, 18-22 September 2008**. Valenzano, Bari, Italy.
- Ulrich, B. 1991. An ecosystem approach to soil acidification, pp. 28-79. *In* B. Ulrich and M.E. Summer, eds. **Soil Acidity**. Springer-Verlag, Berlin, Germany.

- Van Lynden. 1995. **Guidelines for the Assessment of the Status of Human-Induced Soil Degradation in South and South-East Asia.** Workshop Paper 95/02: 6-10. ISRIC, Wageningen.
- Van L., S. Mantel and A. V. Oostrum. 2004. **Guidelines for the Qualitative Assessment of Soil Degradation: With a Focus on Salinization, Nutrient Decline and Soil Pollution.** FAO, Rome. AGL/Misc/36/2004.
- Virgo, K.J. and D.A. Holmes. 1977. Soil and landform features of mountainous terrain in South Thailand. **Geoderma** 18: 207-225.
- Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter: a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Sci.** 37: 29-3.
- Watter, R.F. and L. Bascones. 1971. The influence of shifting cultivation on soil properties at Altamira-calderas, Venezuelan Andes, pp. 291-299. *In* **FAO Forestry Development Paper No 17.**
- Westermann Peter. 2004. Temperature regulation of anaerobic degradation of organic matter. **J. World Microb. Biotech.** 12(5):497-503.
- Wu, J., A.G. O'Donnell, J.K. Syers, M.A. Adeys, and P. Vitayakon. 1998. Modelling soil organic matter change in ley arable rotations in sandy soils of Northeast Thailand. **J. Soil Sci. European** 49: 463-470.
- Young, A. 1976. **Tropical Soils and Soil Survey.** Cambridge Univ. Press, London.

ภาคผนวก

SOIL PROFILE DESCRIPTION

Khun Wang 1

I Information on the site

Profile symbol	: KW-1
Soil name	: Khun Wang 1
Classification	: Typic Palehumult
Date of examination	: 19 th March 2007
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Nakarin Sobprasonk, Chanissada Phunmuang, Naruenatre Kiatsermkajorn, Ekkarach Meewassana, Kannika Phetmak, Wattana Onsumrarn
Location	: Hill evergreen forest/Khun Mae Wark Substation; Ban Khun Mae Wark, Tambon Ban Na Chorn, Amphoe Mae Chaem, Changwat Chiang Mai
Elevation	: Approximately 1,305 m (MSL)
Map sheet number	: 4746III Co-ordinate: 47Q 0444746 UTM: 2062249
Landform	
1. Physiographic position	: Lower backslope
2. Surrounding landform	: Hilly
3. Slope on which profile site	: 30% (aspect: 190° SW Azim.)
Land use	: Natural forest
Annual rainfall	: Approximately 2,138 mm (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Mean temperature	: Approximately 23°C (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Climate	: Humid subtropical
Others	: -

II General information on the soil

Parent material	: Colluvium over residuum derived from gneiss
Drainage	: Well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: Rapid
Depth of ground water	: Deeper than 2.0 m at time of sampling
Erosion	: None

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
A1	0-20	Dark brown (10YR 3/3); sandy clay loam; strong very fine and fine subangular blocky structure; soft dry, firm moist, slightly sticky and moderately plastic; few very fine variegated sand; common very fine and few fine vesicular pores; many very fine, fine and common medium roots; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to A2
A2	20-40/49	Dark brown (7.5YR 3/3); sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; few very fine variegated sand;

		many very fine and few fine vesicular pores; many very fine, fine, common medium and few coarse roots; few traces of chacoal; few traces of dead roots; distinct, strongly acid (field pH 5.0); wavy boundary to Bt1
Bt1	49-75	Strong brown (7.5YR 4/6); sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few very fine traces of mica flakes; many very fine and common fine vesicular pores; common very fine and many medium roots; few traces of dead roots; few small holes of cricket nest; strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt2
Bt2	75-102	Strong brown (7.5YR 4/6); sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few very fine traces of mica flakes; common very fine and few fine vesicular pores; few very fine and common medium roots; few small holes of cricket nest; few large angular gravel and small angular stones of weathered gneiss; very strongly acid (field pH 4.5); gradual, smooth boundary to Bt3
Bt3	102-130	Strong brown (7.5YR 4/6); sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few very fine traces of mica flakes; common very fine and few fine vesicular pores; few very fine and common medium roots; few small holes of cricket nest; few large angular gravel and small angular stone of weathered gneiss; very strongly acid (field pH 4.5); gradual, smooth boundary to Bt4
Bt4	130-154	Strong brown (7.5YR 4/6); sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; common district clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few very fine traces of mica flakes; many very fine and common fine vesicular pores; few very fine and common medium roots; presence of rat nets, few large angular gravel and small angular stones of weathered gneiss; very strongly acid (field pH 4.5); gradual, smooth boundary to Bt5
Bt5	154-179	Yellowish red (5YR 4/6); sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; common district clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few traces of weathered feldspar, few traces of mica flakes; few very fine and fine vesicular pores; few very fine and common medium roots; common large angular gravel and few small to medium angular stones of weathered gneiss; very strongly acid (field pH 4.5); gradual, smooth boundary to Bt6
Bt6	179-200+	Yellowish red (5YR 5/6); sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; many prominent clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; common traces of mica flakes; few very fine and very few fine

vesicular pores; few very fine and fine roots; common small to medium angular pebbles and few small angular boulders of weathered gneiss; very strongly acid (field pH 4.5).

Khun Wang 2

I Information on the site

Profile symbol	: KW-2
Soil name	: Khun Wang 2
Classification	: Typic Palehumult
Date of examination	: 19 th March 2008
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Nakin Sobprasonk, Chanissada Phunmuang, Naruenatre Kiatsermkajorn, Ekkarach Meewassana, Kannika Phetmak, Wattana Onsumrarn
Location	: Paddy Field/Khun Mae Wark Substation; Ban Khun Mae Wark, Tambon Ban Na Chorn, Amphoe Mae Chaem, Changwat Chiang Mai
Elevation	: Approximately 1,298 m (MSL)
Map sheet number	: 4746III Co-ordinate: 47Q 0444724 UTM: 2062333
Landform	
1. Physiographic position	: Lower footslope
2. Surrounding landform	: Undulating
3. Slope on which profile site	: 6 % (aspect: 45° NE Azim.)
Land use	: Paddy rice using upland rice variety
Annual rainfall	: Approximately 2,138 mm (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Mean temperature	: Approximately 23 °C (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Climate	: Humid subtropical
Others	: -

II General information on the soil

Parent material	: Local alluvium over colluvium
Drainage	: Poorly drained
Permeability	: Moderate
Runoff	: Moderate
Depth of ground water	: Deeper than 1.55 m at time of sampling
Erosion	: Moderate (Class 2)

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Apg	0-22	Dark brown (10YR 3/3) (95%) and dark brown (7.5YR 3/3) (5%) mottles; sandy clay loam; strong fine and medium semi-angular blocky structure; hard dry, firm moist, slightly sticky and moderately plastic; few traces of mica flakes; common very fine and few fine pores; many very fine and fine roots; common small angular stones of highly weathered rock fragment accumulating mainly underneath this horizon; moderately acid (field pH 6.0); distinct, smooth boundary to Btg1

Btg1	22-42	Brown (7.5YR 4/3) (60%) and red (2.5YR 4/8) (5%) mottles; sandy clay loam; strong fine and medium angular blocky structure; hard dry, firm moist, slightly sticky and moderately plastic; few distinct clay coating on faces of peds and pore walls; common very fine and very few fine pores; common very fine and few fine roots; few small angular stones of fresh quartz; strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to Btg2
Btg2	42-65	Brown (7.5YR 4/4) (95%) and reddish brown (2.5YR 5/4) (5%) mottles; sandy clay loam; strong fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds and pore walls; common very fine and fine pores; common very fine roots; few small angular stones of fresh quartz; strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to Bt1
Bt1	65-97	Strong brown (7.5YR 4/6); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds; few traces of mica flakes; common very fine and few fine simple tubular pores; common very fine roots; few small angular stones of weathered gneiss; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt2
Bt2	97-127	Strong brown (7.5YR 4/6); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few traces of mica flakes; common very fine and few fine vesicular pores; few very fine roots; moderately acid (field pH 6.0); abrupt, smooth boundary to Ab
Ab	127-155+	Dark brown (10YR 3/3); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common distinct clay coating on faces of peds and pore walls; many traces of mica flakes; common very fine and few fine vesicular pores; very few very fine roots; strongly acid (field pH 5.5).

Khun Wang 3

I Information on the site

Profile symbol	: KW-3
Soil name	: Khun Wang 3
Classification	: Typic Haplohumult
Date of examination	: 19 th March 2008
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Nakarin Sobprasonk, Chanissada Phunmuang, Naruenatre Kiatsermkajorn, Ekkarach Meewassana, Kannika Phetmak, Wattana Onsumrarn
Location	: Vegetable and temperate flower production plot/Khun Mae Wark Substation; Ban Khun Mae Wark, Tambon Mae Na Chorn, Amphoe Mae Chem, Changwat Chiang Mai
Elevation	: Approximately 1,292 m (MSL)
Map sheet number	: 4746III Co-ordinate: 47Q 0444665 UTM: 2062489
Landform	
1. Physiographic position	: Middle part of footslope
2. Surrounding landform	: Undulating
3. Slope on which profile site	: 7% (aspect: 70°NE Azim.)
Land use	: Vegetables and flowers grown on terrace under cover
Annual rainfall	: Approximately 2,138 mm (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Mean temperature	: Approximately 23 °C (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Climate	: Humid subtropical
Others	: -

II General information on the soil

Parent material	: Colluvium over residuum derived from gneiss
Drainage	: Well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: Moderate
Depth of ground water	: Deeper than 2.0 m at time of sampling
Erosion	: Moderate (Class 2)

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-21	Very dark grayish brown (10YR 3/2); sandy clay loam; moderate weak fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common very fine and fine vesicular pores; few very fine and fine roots; slightly acid (field pH 6.5); abrupt, smooth boundary to Bt1
Bt1	21-47	Very dark grayish brown (10YR 3/2) (60%) and dark brown (10YR 3/3) (40%); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds; common very fine and fine vesicular pores; few very fine roots; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt2

Bt2	47-78	Dark yellowish brown (10YR 4/4) (80%) and dark brown (10YR 3/3) (20%); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, moderately sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds and pore walls; few fine krotovinas; common very fine and few fine vesicular pores; very few very fine roots; very few medium angular gravel of weathered quartz; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt3
Bt3	78-101	Dark yellowish brown (10YR 4/4); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, moderately sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds and pore wall; few traces of mica flakes; common very fine vesicular pores; very few very fine roots; strongly acid (field pH 5.5); very few medium angular gravel of weathered quartz; gradual, smooth boundary to Bt4.
Bt4	101-135	Brown (7.5YR 4/4); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, moderately sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few traces of mica flakes; common very fine vesicular pores; very few very fine roots; moderately acid (field pH 6.0); very few medium angular gravel of weathered quartz; gradual, smooth boundary to Bt5.
Bt5	135-150	Dark yellowish brown (10YR 4/4); sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few traces of mica flakes; common very fine vesicular pores; very few very fine roots; very few medium angular gravel of weathered quartz; very strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt6
Bt6	150-175	Dark yellowish brown (10YR 4/4); sandy loam; moderate weak fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, non-sticky and non-plastic; few faint clay coating on faces of peds and sand grains; few traces of mica flakes; common very fine vesicular pores; practical no roots; common medium angular gravel of weathered quartz; very strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt7
Bt7	175-200+	Yellowish brown (10YR 5/4); sandy loam; moderate weak fine subangular blocky structure; soft dry, very friable moist, non-sticky and non-plastic; few faint clay coating on faces of peds; common traces of mica flakes; common very fine vesicular pores; practical no roots; few small subrounded gravel of fresh quartz; very strongly acid (field pH 5.0).

Khun Wang 4

I Information on the site

Profile symbol	: KW-4
Soil name	: Khun Wang 4
Classification	: Typic Haplohumult
Date of examination	: 20 th March 2008
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Nakin Sobprasonk, Chanissada Phunmuang, Naruenatre Kiatsermkajorn, Ekkarach Meewassana, Kannika Phetmak, Wattana Onsumrarn
Location	: Secondary forest area/Khun Mae Wark Substation; Ban Khun Mae Wark, Tambon Mae Na Chorn, Amphoe Mae Chaem, Changwat Chiang Mai
Elevation	: Approximately 1,409 m (MSL)
Map sheet number	: 4746III Co-ordinate: 47Q 0445338 UTM: 2063186
Landform	
1. Physiographic position	: Midslope
2. Surrounding landform	: Hilly
3. Slope on which profile site	: 33% (aspect: 60°NE Azim.)
Land use	: Weeds, mainly fern/left idle
Land use	: Vegetables and flowers grown on terrace under cover
Annual rainfall	: Approximately 2,138 mm (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Climate	: Humid subtropical
Others	: -

II General information on the soil

Parent material	: Colluvium derived from weathered gneiss
Drainage	: Well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: Rapid
Depth of ground water	: Deeper than 2.0 m at time of sampling
Erosion	: None

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
A	0-20	Very dark brown (7.5YR 2.5/2); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; few traces of mica flake; common very fine vesicular pores; common very fine and few fine roots; few traces of dead root; slightly acid (field pH 6.5); abrupt, smooth boundary to Bt1
Bt1	20-45	Strong brown (7.5YR 4/6); sandy clay loam; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds and sand grains; few traces of mica flake; common very fine vesicular pores; common very fine and few fine roots; few traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); gradual,

		smooth boundary to Bt2
Bt2	45-72	Yellowish red (5YR 4/6); sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds and sand grains; few traces of mica flake; common very fine vesicular pores; common very fine, few fine and common medium roots; few traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); gradual, smooth boundary to Bt3
Bt3	72-101	Yellowish red (5YR 4/6); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few traces of mica flake; few very fine vesicular pores; few very fine, fine and medium roots; few small angular gravel of weathered gneiss; moderately acid (field pH 6.0); gradual, smooth boundary to Bt4
Bt4	101-127	Yellowish red (5YR 4/6); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridge between sand grains; few traces of mica flake; few very fine vesicular pores; common very fine, few fine and medium roots; few traces of dead roots; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt5
Bt5	127-153	Yellowish red (5YR 4/6); sandy clay loam; strong fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; common distinct clay coating on faces of peds, sand grains and clay bridges between sand grains; few traces of dead roots; few very fine vesicular pores; few very fine and medium roots; common large angular stones and small to medium angular pebbles of weathered gneiss; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt6
Bt6	153-175	Yellowish red (5YR 4/6); sandy loam; moderately weak fine semi-angular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; many prominent clay coating on faces of peds, sand grains and clay bridges between sand grains; many traces of mica and biotite flakes; very few very fine and fine vesicular pores; very few very fine and few medium roots; many small to large angular pebbles of weathered gneiss; very strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt7
Bt7	175-200+	Yellowish red (5YR 4/6); sandy loam; moderately weak fine semi-angular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; many prominent clay coating on faces of peds, sand grains and clay bridges between sand grains; many traces of mica and biotite flakes; very few very fine and fine vesicular pores; very few very fine roots; few trace of dead roots; many small to large angular pebbles of weathered gneiss; very strongly acid (field pH 5.0).

Khun Wang 5

I Information on the site

Profile symbol	: KW-5
Soil name	: Khun Wang 5
Classification	: Typic Palehumult
Date of examination	: 20 th March 2008
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Nakin Sobprasonk, Chanissada Phunmuang, Naruenatre Kiatsermkajorn, Ekkarach Meewassana, Kannika Phetmak, Wattana Onsumrarn
Location	: Farmer 's Persimmon Plot/Khun Mae Wark Substation; Ban Na Chorn, Tambon Ban Na Chorn, Amphoe Mae Chaem, Changwat Chiang Mai
Elevation	: Approximately 1,406 m (MSL)
Map sheet number	: 4746III Co-ordinate: 47Q 0445265 UTM: 2063039
Landform	
1. Physiographic position	: Midslope
2. Surrounding landform	: Hilly
3. Slope on which profile site	: 35 % (aspect: 110°SE Azim.)
Land use	: Young persimmon grown on level terrace
Annual rainfall	: Approximately 2,138 mm (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Mean temperature	: Approximately 23 °C (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Climate	: Humid subtropical
Others	: -

II General information on the soil

Parent material	: Colluvium derived from weathered gneiss
Drainage	: Well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: Rapid
Depth of ground water	: Deeper than 2.0 m at time of sampling
Erosion	: None

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-20/25	Very dark brown (7.5YR 2.5/3); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; common very fine vesicular pores; many very fine and fine roots; many fine traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); abrupt, wavy boundary to Bt1
Bt1	25-50	Dark red (2.5YR 3/6); sandy clay loam; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and slightly plastic; few faint clay coating on faces of peds; common very fine and few fine roots; common very fine and many fine roots; many medium traces of dead roots; few small subrounded stones of weathered gneiss;

		very strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt2
Bt2	50-74	Dark red (2.5YR 3/6); sandy clay loam; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds; many very fine and few fine vesicular pores; common very fine and many fine roots; many medium traces of dead roots, few small angular gravel of weathered gneiss; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt3
Bt3	74-104	Dark red (2.5YR 3/6); sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds; few large angular pebbles of weathered gneiss, many very fine and few fine vesicular pores; common very fine and fine roots; common traces of medium dead roots, few large krotovinas; few traces of mica flake; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt4
Bt4	104-130	Dark red (2.5YR 3/6); sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds; many very fine and few fine vesicular pores; few very fine and fine roots; few medium traces of dead roots, few large krotovinas; few small angular gravel of weathered gneiss; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt5
Bt5	130-153	Dark red (2.5YR 3/6); sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; hard dry, very firm moist, moderately sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds and sand grains; few fine sand pockets; many very fine and few fine vesicular pores; few very fine and fine roots; few medium traces of dead roots, few large krotovinas; few small angular gravel of weathered gneiss; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt6
Bt6	153-180	Dark red (10R 3/6); sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds; common very fine vesicular pores; few very fine and fine roots; few medium traces of dead roots, few large krotovinas; few small angular gravel and few small angular stones of weathered gneiss; strongly acid (field pH 5.5); gradual, smooth boundary to Bt7
Bt7	180-200 ⁺	Dark red (10R 3/6); sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds; common very fine vesicular pores; few very fine and fine roots; few medium traces of dead roots, few large krotovinas; few small angular gravel and few small angular stones of weathered gneiss; strongly acid (field pH 5.5).

Khun Wang 6

I Information on the site

Profile symbol	: KW-6
Soil name	: Khun Wang 6
Classification	: Typic Palehumult
Date of examination	: 20 th March 2008
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Nakin Sobprasonk, Chanissada Phunmuang, Naruenatre Kiatsermkajorn, Ekkarach Meewassana, Kannika Phetmak, Wattana Onsumrarn
Location	: Farmer's temporary vegetable production plot/Khun Mae Wark Substation; Ban Khun Mae Wark, Tambon Mae Na Chorn, Amphoe Mae Chaem, Changwat Chiang Mai
Elevation	: Approximately 1,390 m (MSL)
Map sheet number	: 4746III Co-ordinate: 47Q 0445207 UTM: 2062932
Landform	
1. Physiographic position	: Lower midslope
2. Surrounding landform	: Rolling
3. Slope on which profile site	: 20% (aspect: 105° SE Azim.)
Land use	: Left fallow after growing cabbage in the rainy season
Annual rainfall	: Approximately 2,138 mm (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Mean temperature	: Approximately 23 °C (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Climate	: Humid subtropical
Others	: -

II General information on the soil

Parent material	: Colluvium over residuum derived from gneiss
Drainage	: Well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: Rapid
Depth of ground water	: Deeper than 2.0 m at time of sampling
Erosion	: None

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap1	0-22	Very dark brown (7.5YR 2.5/2); sandy clay loam; moderately weak fine subangular blocky structure partly breaking into single grains; soft dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; many very fine vesicular pores; many very fine and fine roots; very strongly acid (field pH 5.0); abrupt, smooth boundary to Bt1
Bt1	22-50	Dark reddish brown (5YR 3/4); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; few faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine and few fine vesicular pores; many very fine and fine roots; few of traces of dead roots; very strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt2
Bt2	50-77	Yellowish red (5YR 4/6); sandy clay loam; moderate fine

		subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; few faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few traces of mica flakes, many fine and common fine vesicular pores; many very fine and common fine roots; few small subrounded gravel of fresh quartz; strongly acid (field pH 5.5); diffuse, smooth boundary to Bt3
Bt3	77-107	Yellowish red (5YR 4/6); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; few faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few traces of mica flakes and weathered feldspar; common very fine vesicular pores; many very fine and few fine roots; moderately acid (field pH 6.0); diffuse, smooth boundary to Bt4
Bt4	107-124	Yellowish red (5YR 4/6); sandy clay loam; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, moderately sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few traces of mica flakes and weathered feldspar; common very fine vesicular and few fine simple tubular pores; many very fine and few fine roots; few traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); diffuse, smooth boundary to Bt5
Bt5	124-150	Dark reddish brown (5YR 3/4); sandy clay loam; moderately weak fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds pore walls and clay bridges between sand grains; few traces of mica flakes and weathered feldspar; common very fine, few fine vesicular and common fine dendritic tubular pores; many very fine and few fine roots; few medium angular gravel of weathered gneiss; moderately acid (field pH 6.0); diffuse, smooth boundary to Bt6
Bt6	150-172	Yellowish red (5YR 4/6); sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common distinct clay coating on faces of peds, sand grains and pore walls; few traces of mica flakes and weathered feldspar; common very fine, few fine vesicular and few fine simple tubular pores; many very fine and few medium roots; few medium angular gravel of weathered gneiss; moderately acid (field pH 6.0); gradual, smooth boundary to Bt7
Bt7	172-200+	Red (2.5YR 4/6) (90%) and yellowish red (5YR 4/6) (10%); sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common distinct clay coating on faces of peds, sand grains and pore walls; common very fine and few fine vesicular pores; many very fine roots; few medium angular gravel of weathered gneiss; moderately acid (field pH 6.0).

Khun Wang 7

I Information on the site

Profile symbol	: KW-7
Soil name	: Khun Wang 7
Classification	: Typic Paleudult
Date of examination	: 21 st March 2008
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Nakarin Sobprasonk, Chanissada Phunmuang, Naruenatre Kiatsermkajorn, Ekkarach Meewassana, Kannika Phetmak, Wattanai Onsumrarn
Location	: Vegetable production plot/Ban Pa Kluay, Tambon Mae Win, Amphoe Mae Wang, Changwat Chiang Mai
Elevation	: Approximately 1,059 m (MSL)
Map sheet number	: 4746III Co-ordinate: 47Q 0450889 UTM: 2063004
Landform	
1. Physiographic position	: Erosional footslope
2. Surrounding landform	: Undulating
3. Slope on which profile site	: 3%
Land use	: Left fallow after usually being used for growing vegetables
Annual rainfall	: Approximately 2,138 mm (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Mean temperature	: Approximately 23 °C (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Climate	: Humid subtropical
Others	: -

II General information on the soil

Parent material	: Local alluvium of colluviated materials over residuum derived from gneiss
Drainage	: Moderately well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: Moderate
Depth of ground water	: Deeper than 2.0 m at time of sampling
Erosion	: None

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-18	Very dark grayish brown (10YR 3/2); sandy clay loam; moderately weak fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, moderately sticky and slightly plastic; many very fine vesicular pores; few very fine roots; very strongly acid (field pH 5.0); abrupt, smooth boundary to Bt1
Bt1	18-42	Dark yellowish brown (10YR 4/4); sandy clay loam; strong fine semi-angular blocky structure; hard dry, firm moist, slightly sticky and moderately plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine and very few fine vesicular pores; very few fine roots; few pockets of organic material accumulation; very strongly acid (field pH 5.0); clear, smooth boundary to Bt2

Bt2	42-62	Strong brown (7.5YR 5/8); sandy clay loam; strong fine medium subangular blocky structure; very hard dry, firm moist, slightly sticky and moderately plastic; common faint clay coating on faces of peds, sand grains and clay bridges between sand grains; many very fine vesicular pores; few very fine roots; few traces of dead roots few pockets of organic material accumulation, common medium traces of dead root; very strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt3
Bt3	62-94	Strong brown (7.5YR 5/6) (95%) and light gray (10YR 7/1) weathered material mottles (5%); sandy clay loam; strong fine and medium angular blocky structure; very hard dry, firm moist, slightly sticky and moderately plastic; many distinct clay coating on faces of peds, sand grains and clay bridges between sand grains; few sand pockets; common very fine vesicular pores; few very fine roots; few traces of dead roots few pockets of organic material accumulation, common medium traces of dead root, few trace of charcoal; few traces of weathered materials; very strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt4
Bt4	94-121	Strong brown (7.5YR 5/8) (97%) and red (2.5YR 4/8) (3%) mottles; sandy clay loam; strong fine medium subangular blocky structure; hard dry, firm moist, slightly sticky and moderately plastic; many prominent clay coating on faces of peds, sand grains and clay bridges between sand grains; common very fine and very few fine vesicular pores; few very fine roots; few pockets of organic material accumulation, few large krotovinas; very strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt5
Bt5	121-145	Reddish brown (10YR 5/6) (85%) and yellowish brown (10YR 5/8) (10%) with dark red (2.5YR 3/6) (5%) mottles; sandy clay loam; strong fine medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; many prominent clay coating on faces of peds, sand grains and clay bridges between sand grains; few traces of mica flakes; few very fine and fine vesicular pores; few very fine roots; few large angular gravel of fresh quartz; few traces of weathered feldspar; very strongly acid (field pH 4.5); clear, smooth boundary to Btg1
Btg1	145-170	Light yellowish brown (2.5YR 6/4) (80%) and yellowish brown (10YR 5/8) (15%) and red (2.5YR 4/6) (5%) mottles; sandy clay loam; strong fine medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; many prominent clay coating on faces of peds, sand grains and clay bridges between sand grains; few very fine and fine vesicular pores; few very fine roots; few medium angular gravel of weathered gneiss; few medium subangular gravel of fresh quartz; very strongly acid (field pH 4.5); clear, smooth boundary to Btg2
Btg2	170-200+	Light brownish gray (2.5YR 6/2) (70%) and yellowish brown (10YR 5/8) 25% with red (2.5YR 4/6) (5%) mottles; sandy clay loam; strong fine medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; common distinct clay coating on faces of peds, sand grains and

clay bridges between sand grains; few pockets of organic material accumulation; few very fine and very fine vesicular pores; few very fine roots; few medium angular gravel of weathered gneiss, few traces of dead roots; very strongly acid (field pH 4.5).

Khun Wang 8

I Information on the site

Profile symbol	: KW-8
Soil name	: Khun Wang 8
Classification	: Typic Haplohumult
Date of examination	: 21 st March 2008
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Nakarin Sobprasonk, Chanissada Phunmuang, Naruenatre Kiatsermkajorn, Ekkarach Meewassana, Kannika Phetmak, Wattana Onsumrarn
Location	: Hill Evergreen forest area/Pong Lom Laeng substation, Ban Pong Lom Laeng, Tambon Mae win, Amphoe Mae Wang, Changwat Chiang Mai
Elevation	: Approximately 1,097 m (MSL)
Map sheet number	: 4746III Co-ordinate: 47Q 0450163 UTM: 2062158
Landform	
1. Physiographic position	: Midslope
2. Surrounding landform	: Hilly
3. Slope on which profile site	: 23% (aspect: 10°NE Azim.)
Land use	: Hill evergreen forest
Annual rainfall	: Approximately 2,138 mm (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Mean temperature	: Approximately 23 °C (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Climate	: Humid subtropical
Others	: -

II General information on the soil

Parent material	: Colluvium derived from weathered gneiss
Drainage	: Well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: Rapid
Depth of ground water	: Deeper than 2.0 m at time of sampling
Erosion	: None

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
A	0-18	Very dark brown (10YR 2/2); sandy clay; strong fine subangular blocky structure; hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds; few very fine shifted sands; many very fine vesicular pores; many very fine, common fine and medium roots; moderately acid (field pH 6.0); abrupt, smooth boundary to Bt1
Bt1	18-40	Red (2.5YR 4/6); sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; very hard dry, firm moist, slightly

		sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds and pore walls; few pockets of organic material accumulation; common very fine and few fine vesicular pores; common very fine, few fine, common medium and many coarse roots; few traces of charcoal; strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to Bt2
Bt2	40-66	Red (2.5YR 4/6); sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; very hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; common very fine vesicular pores; few very fine, fine, medium and many coarse roots; few traces of mica flake; very strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt3
Bt3	66-87	Red (2.5YR 4/6); sandy clay; strong fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains, few traces of mica flake; common very fine and few fine vesicular pores; few very fine, fine and common medium roots; common coarse traces of dead root, few medium angular gravel of fresh quartzite; few medium angular gravel and few small stones of weathered gneiss; very strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt4.
Bt4	87-113	Red (2.5YR 4/6); sandy clay; strong fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds, sand grains and clay bridges between sand grains; few traces of mica flake; few very fine vesicular pores; few very fine, fine and medium roots; common traces of coarse dead roots, few medium angular gravel of fresh quartzite, few small to medium angular gravel of weathered gneiss; very strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt5
Bt5	113-118/146	Red (2.5YR 4/8); sandy clay; strong fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds, sand grains and clay bridges between sand grains; common traces of mica flake; few very fine vesicular pores; few very fine and fine roots; few traces of dead roots, common small to medium angular gravel and few small angular stones of weathered gneiss; very strongly acid (field pH 5.0); clear, smooth boundary to Bt6
Bt6	146-160/170	Red (2.5YR 4/8) (25%) and Red (2.5YR 5/6) (75%); sandy clay; strong fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and sand grains; many traces of mica flake; few very fine vesicular pores; few very fine and fine roots; few traces of dead roots; common small to medium angular gravel and few small angular stones of weathered gneiss; common small angular gravel of fresh quartz; very strongly acid (field pH 4.5); clear, smooth boundary to Bt7
Bt7	170-200+	Red (2.5YR 4/6) (70%) and Red (2.5YR 5/6) (30%); sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; few faint

clay coating on faces of peds and sand grains; many traces of mica flake; few very fine vesicular pores; few very fine roots; few traces of dead roots; many small to medium angular gravel of fresh quartz; many small to medium angular gravel and common small to medium angular stones of weathered gneiss; very strongly acid (field pH 4.5).

Khun Wang 9

I Information on the site

Profile symbol	: KW-9
Soil name	: Khun Wang 9
Classification	: Typic Paleudult
Date of examination	: 21 st March 2008
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Nakin Sobprasonk, Chanissada Phunmuang, Naruenatre Kiatsermkajorn, Ekkarach Meewassana, Kannika Phetmak, Wattana Onsumrarn
Location	: Vegetable under greenhouse plot/Pong Lom Laeng Substation; Ban Pong Lom Laeng, Tambon Mae Win, Amphoe Mae Wang, Changwat Chiang Mai
Elevation	: Approximately 1,107 m (MSL)
Map sheet number	: 4746III Co-ordinate: 47Q 0450126 UTM: 2061909
Landform	
1. Physiographic position	: Mid slope of low hill
2. Surrounding landform	: Rolling
3. Slope on which profile site	: 11% (aspect: 240° SW Azim.)
Land use	: Various vegetable such as tomato, sweet pepper and some leaf grown on broad and level terrace under green house
Annual rainfall	: Approximately 2,138 mm (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Mean temperature	: Approximately 23 °C (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Climate	: Humid subtropical
Others	: -

II General information on the soil

Parent material	: Colluvium derived from weathered gneiss
Drainage	: Well drained
Permeability	: Slow
Runoff	: Slow
Depth of ground water	: Deeper than 1.20 m at time of sampling
Erosion	: None

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-19	Very dark brown (7.5YR 2.5/3); sandy clay; strong coarse subangular blocky structure; slightly hard dry, very firm moist, slightly sticky and very plastic; many very fine and few fine pores; few very fine roots; few traces of charcoal, few traces of subsoil materials; moderately acid (field pH 6.0); abrupt, smooth boundary to Bt1
Bt1	19-36	Dark red (2.5YR 3/6); sandy clay; strong medium subangular blocky structure; hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds; few pockets of

		organic material accumulation; very few very fine and fine vesicular pores; very few very fine roots; few traces of mica flake; slightly acid (field pH 6.5); diffuse, smooth boundary to Bt2
Bt2	36-63	Red (10R 4/8); sandy clay; strong medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds; few traces of mica flakes; common very fine and few fine vesicular pores; very few very fine roots; slightly acid (field pH 6.5); diffuse, smooth boundary to Bt3
Bt3	63-89	Red (10R 4/8); sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds and pore walls; few traces of mica flake; few very fine vesicular and simple tubular pores; very few very fine roots; few pockets of organic material accumulation; few small angular gravel of fresh quartz; slightly acid (field pH 6.5); diffuse, smooth boundary to Bcrt
Bcrt	89-120	Red (10R 4/8); sandy clay; strong fine subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds and pore walls; few very fine vesicular and dendritic tubular pores; very few very fine roots; few small to large angular gravel of fresh quartz; moderately acid (field pH 6.0).

Khun Wang 10

I Information on the site

Profile symbol	: KW-10
Soil name	: Khun Wang 10
Classification	: Rhodic Paleudult
Date of examination	: 22 nd March 2008
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Nakin Sobprasonk, Chanissada Phunmuang, Naruenatre Kiatsermkajorn, Ekkarach Meewassana, Kannika Phetmak, Wattana Onsumrarn
Location	: Paddy field/Pong Lom Laeng Substation; Ban Pong Lom Laeng, Tambon Mae Win, Amphoe Mae Wang, Changwat Chiang Mai
Elevation	: Approximately 1,101 m (MSL)
Map sheet number	: 4746III Co-ordinate: 47Q 0450094 UTM: 2062024
Landform	
1. Physiographic position	: Mid slope of low hill
2. Surrounding landform	: Rolling
3. Slope on which profile site	: 9% (aspect: 210°SW Azim.)
Land use	: Transplanted paddy rice
Annual rainfall	: Approximately 2,138 mm (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Mean temperature	: Approximately 23 °C (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Climate	: Humid subtropical
Others	: -

II General information on the soil

Parent material	: Colluvium
Drainage	: Somewhat poorly drained
Permeability	: Slow
Runoff	: Moderate
Flooding	: Depth 20 cm
Duration	: 1 month
Frequency	: Once per year
Depth of ground water	: Deeper than 1.60 m at time of sampling
Erosion	: low (Class 1)

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-16	Very dark brown (7.5YR 2.5/3) (95%) and dark red (2.5YR 3/6) (5%); sandy clay loam; strong fine and medium subangular blocky structure; very hard dry, firm moist, slightly sticky and moderately plastic; common very fine and few fine vesicular pores; common very fine and fine roots; moderately acid (field pH 6.0); abrupt, smooth boundary to Bt1
Bt1	16-33	Dark red (2.5YR 3/6); sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds; few pockets of organic material accumulation; many

		very fine and few fine vesicular pores; few very fine and very few fine roots; strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to Bt2
Bt2	33-58	Dark red (2.5YR 3/6); sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds; common very fine, few fine vesicular and few very fine simple tubular pores; very few, very fine roots; few small angular gravel of fresh quartz; slightly acid (field pH 6.5); gradual, smooth boundary to Bt3
Bt3	58-79	Dark red (2.5YR 3/6); sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; few distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few traces of mica flake; common very fine and very few fine vesicular pores; very few very fine roots; few small angular gravel of fresh quartz; moderately acid (field pH 6.0); diffuse, smooth boundary to Bt4
Bt4	79-107	Red (10R 3/8); sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; few distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; common very fine and very few fine vesicular pores; very few very fine roots; few small angular gravel of fresh quartz; moderately acid (field pH 6.0); diffuse, smooth boundary to Bt5
Bt5	107-128	Dark red (10R 3/6); moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; many distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; common very fine and very few fine vesicular pores; practical no roots; few small angular gravel of fresh quartz; few medium to large spots of highly weathered gneiss; moderately acid (field pH 6.0); diffuse, smooth boundary to Bt6
Bt6	128-160	Dark red (10R 3/6); sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; many distinct clay coating on faces of peds, sand grains and clay bridges between sand grains; few traces of mica flake; common very fine and very few fine vesicular pores; practical no roots; few small angular gravel of fresh quartz; common medium to large spots of highly weathered gneiss; moderately acid (field pH 6.0).

Whun Wang 11

I Information on the site

Profile symbol	: KW-11
Soil name	: Khun Wang 11
Classification	: Typic Palehumult
Date of examination	: 22 nd March 2008
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Nakarin Sobprasonk, Chanissada Phunmuang, Naruenatre Kiatsermkajorn, Ekkarach Meewassana, Kannika Phetmak, Wattana Onsumrarn
Location	: Farmer's chrysanthemum farm 18 near Khun Wang Royal Project Development Centre's main station; Ban Khun Wang, Tambon Mae Win, Amphoe Mae Wang, Changwat Chiang Mai
Elevation	: Approximately 1,257 m (MSL)
Map sheet number	: 4746III Co-ordinate: 47Q 0449695 UTM: 2059099
Landform	
1. Physiographic position	: Upper footslope
2. Surrounding landform	: Undulating
3. Slope on which profile site	: 7% (aspect: 280°NW Azim.)
Land use	: Mainly chrysanthemum grown on board and level terrace
Annual rainfall	: Approximately 2,138 mm (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Mean temperature	: Approximately 23 °C (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Climate	: Humid subtropical
Others	: -

II General information on the soil

Parent material	: Colluvium over residuum derived from gneiss
Drainage	: Well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: Slow
Depth of ground water	: Deeper than 2.0 m at time of sampling
Erosion	: None

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-30	Very dark brown (7.5YR 2.5/2); sandy clay loam; weak very fine and fine subangular blocky structure; very soft dry, very friable moist, slightly sticky and moderately plastic; many very fine vesicular pores; common very fine roots; moderately acid (field pH 6.0); abrupt, smooth boundary to Bt1
Bt1	30-53	Dark reddish brown (2.5YR 2.5/3) (80%) and very dark brown (7.5YR 2.5/2) (20%); sandy clay loam; moderately weak fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds; many very fine vesicular pores; very few very fine roots; few small angular gravel of fresh quartz; very strongly acid (field

		pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt2
Bt2	50-80	Dark red (2.5YR 3/6); sandy clay; moderately weak fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; few clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine vesicular pores; very few very fine roots; few small angular gravel of fresh quartz; very strongly acid (field pH 5.0); diffuse, smooth boundary to Bt3
Bt3	80-107	Dark red (2.5YR 3/6); sandy clay; moderately weak fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine, few fine vesicular and few very fine dendritic tubular pores; very few very fine roots; few small angular gravel of fresh quartzite; very strongly acid (field pH 5.0); diffuse, smooth boundary to Bt4
Bt4	107-132	Dark red (10R 3/6); sandy clay; moderately weak fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine and few fine vesicular pores; very few very fine roots; few small angular gravel of fresh quartz; strongly acid (field pH 5.5); diffuse, smooth boundary to Bt5
Bt5	132-156	Dark red (10R 3/6); sandy clay; moderately fine and medium subangular structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine and few fine vesicular pores; very few very fine roots; few small angular gravel of fresh quartz; strongly acid (field pH 5.5); diffuse, smooth boundary to Bt6
Bt6	156-177	Dark red (10R 3/6); sandy clay; moderately fine and medium structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common distinct clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine, common fine vesicular and few very fine simple tubular pores; very few very fine roots; few small angular gravel of fresh quartz; strongly acid (field pH 5.5); diffuse, smooth boundary to Bt7
Bt7	177-200+	Dark red (10R 3/6); sandy clay; moderately fine and medium structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; many distinct clay coating on faces of peds, quartz grains and clay bridges between sand grains; many very fine, common fine vesicular and few very fine simple tubular pores; very few very fine roots; few small angular gravel of fresh quartz; strongly acid (field pH 5.5).

Khun Wang 12

I Information on the site

Profile symbol	: KW-12
Soil name	: Khun Wang 12
Classification	: Typic Palehumult
Date of examination	: 22 nd March 2008
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Nakin Sobprasonk, Chanissada Phunmuang, Naruenatre Kiatsermkajorn, Ekkarach Meewassana, Kannika Phetmak, Wattana Onsumrarn
Location	: Wine grape production plot/ Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, Tambon Mae Win, Amphoe Mae Wang, Changwat Chiang Mai
Elevation	: Approximately 1,250 m (MSL)
Map sheet number	: 4746III Co-ordinate: 47Q 0449648 UTM: 2058955
Landform	
1. Physiographic position	: Upper middle footslope
2. Surrounding landform	: Rolling
3. Slope on which profile site	: 11% (aspect: 250°SW Azim.)
Land use	: Wine grape plantation
Annual rainfall	: Approximately 2,138 mm (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Mean temperature	: Approximately 23 °C (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Climate	: Humid subtropical
Others	: -

II General information on the soil

Parent material	: Colluvium over residuum
Drainage	: Well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: moderate
Depth of ground water	: Deeper than 2.0 m at time of sampling
Erosion	: None

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-30	Very dark brown (7.5YR 2.5/2); sandy clay loam; weak very fine subangular blocky structure; very soft dry, very friable moist, slightly sticky and moderately plastic; few very fine variegated sands; many medium vesicular pores; few very fine and very few medium roots; strongly acid (field pH 5.0); abrupt, smooth boundary to Bt1.
Bt1	30-49	Dark reddish brown (2.5YR 2.5/4) (90%) and dark red (2.5YR 3/3) (10%); sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and moderate plastic; few faint clay coating on faces of peds; many very fine and few fine vesicular pores; very few very fine and medium fine roots; very strongly acid (field pH

		4.5); gradual, smooth boundary to Bt2
Bt2	49-73	Dark red (2.5YR 3/6); sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and pore walls; many very fine and few fine vesicular pores; very few very fine and medium roots; few small angular gravel of highly weathered gneiss; very strongly acid (field pH 4.5); diffuse, smooth boundary to Bt3
Bt3	73-94	Dark red (2.5YR 3/6); sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and pore walls; many very fine, few fine vesicular and few very fine simple tubular pores; very few very fine roots; very strongly acid (field pH 4.5); diffuse, smooth boundary to Bt4
Bt4	94-122	Dark red (2.5YR 3/6); sandy clay; moderate fine subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds, pore walls and sand grains; few pockets of organic material accumulation; many very fine, few fine vesicular and few very fine simple tubular pores; very few very fine roots; very strongly acid (field pH 4.5); diffuse, smooth boundary to Bt5
Bt5	122-150	Dark red (10YR 3/6); sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and sand grains; few clay pockets; many very fine and few fine vesicular pores; very few very fine roots; very strongly acid (field pH 4.5); diffuse, smooth boundary to Bt6
Bt6	150-173	Dark red (10YR 3/6); sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and sand grains; few clay pockets; common very fine, few fine vesicular and few fine simple tabular pores; very few very fine roots; extremely acid (field pH 4.0); gradual, smooth boundary to Bt7.
Bt7	173-200 ⁺	Dark red (10YR 3/6); sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure, partly retaining original rock structure; slightly hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; common district clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few traces of mica flake; many very fine, common fine vesicular and few fine simple tabular pores; very few very fine roots; few small angular gravel of fresh quartz; extremely acid (field pH 4.0).

Khun Wang 13

I Information on the site

Profile symbol	: KW-13
Soil name	: Khun Wang 13
Classification	: Rhodic Paleudult
Date of examination	: 23 rd June 2008
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Nakin Sobprasonk, Wittaya Jindaluang
Location	: Persimmon Demonstration Plot/ Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, Ban Khun Wang, Tambon Mae Wang, Amphoe Mae Wang, Changwat Chiang Mai
Elevation	: Approximately 1,269 m (MSL)
Map sheet number	: 4746III Co-ordinate: 47Q 0449534 UTM: 2058938
Landform	
1. Physiographic position	: Upper footslope
2. Surrounding landform	: Undulating
3. Slope on which profile site	: 6% (aspect: 251°W Azim.)
Land use	: Persimmon plantation
Annual rainfall	: Approximately 2,138 mm (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Mean temperature	: Approximately 23 °C (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Climate	: Humid subtropical
Others	: -

II General information on the soil

Parent material	: Colluvium over residuum derived from gneiss
Drainage	: Well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: Moderate
Depth of ground water	: Deeper than 2.0 m at time of sampling
Erosion	: low (Class 1)

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-17	Reddish brown (5YR 4/4); sandy clay loam; moderate very fine and fine subangular blocky structure mainly breaking into strong very fine and fine angular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and Moderately plastic; few faint clay coating on faces of peds; common very fine and fine coated sands, few traces of dead roots; many very fine vesicular pores; many very fine and few fine roots; very strongly acid (field pH 5.0); abrupt, smooth boundary to Bt1
Bt1	17-41	Red (10R 3/8); sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; common very fine and fine coated sands; many very fine and common fine

		vesicular pores; common very fine and few fine roots; few traces of dead roots; strongly acid (field pH 5.5); diffuse, smooth boundary to Bt2
Bt2	41-70	Dark red (10YR 3/6); sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine, few fine vesicular and few fine simple tubular pores; common very fine, few fine and medium roots; few traces of dead roots, few large krotovinas; very strongly acid (field pH 4.5); diffuse, smooth boundary to Bt3
Bt3	70-95	Dark red (10YR 3/6); sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common distinct clay coating and clay bridges between sand grains; many very fine, few fine vesicular and few fine simple tubular pores; common very fine, few fine and medium roots; few traces of dead roots; few small angular gravel of fresh quartz; very strongly acid (field pH 5.0); diffuse, smooth boundary to Bt4
Bt4	95-121	Dark red (10YR 3/6); sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common distinct clay coating and clay bridges between sand grains; many very fine, few fine vesicular and few fine simple tubular pores; few very fine, fine and medium roots; few traces of dead roots; very few traces of weathered rock fragments; very few small angular gravel of fresh quartz; strongly acid (field pH 5.5); diffuse, smooth boundary to Bt5
Bt5	121-144	Dark red (10YR 3/6); sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine and common fine vesicular pores; few very fine, fine and medium roots; few traces of dead roots few medium krotovinas; strongly acid (field pH 5.5); diffuse, smooth boundary to Bt6
Bt6	144-170	Dark red (10YR 3/6); sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds, pore walls and clay bridges between sand grains; many very fine, common fine vesicular and few fine simple tubular pores; few very fine, fine and common medium roots; few traces of dead roots; few medium krotovinas; few traces of weathered rock fragments; moderately acid (field pH 6.0); diffuse, smooth boundary to Bt7
Bt7	170-200 ⁺	Dark red (10YR 3/6); sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds, pore walls and clay bridges between sand grains; many very fine, common fine vesicular and few fine simple tubular pores; few very fine, fine and medium roots; common traces of dead roots; very strongly acid (field pH 4.5).

Khun Wang 14

I Information on the site

Profile symbol	: KW-14
Soil name	: Khun Wang 14
Classification	: Typic Haplohumult
Date of examination	: 23 rd June 2008
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Nakin Sobprasonk, Wittaya Jindaluang
Location	: Hill evergreen forest/Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, Ban Khun Wang, Tambon Mae Win, Amphoe Mae Wang, Changwat Chiang Mai
Elevation	: Approximately 1,483 m (MSL)
Map sheet number	: 4746III Co-ordinate: 47Q 0449520 UTM: 2058840
Landform	
1. Physiographic position	: Midslope
2. Surrounding landform	: Very steep
3. Slope on which profile site	: 40% (aspect: 15° NE Azim.)
Land use	: Hill evergreen forest
Annual rainfall	: Approximately 2,138 mm (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Mean temperature	: Approximately 23 °C (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Climate	: Humid Subtropical
Others	: -

II General information on the soil

Parent material	: Colluvium over residuum derived from gneiss
Drainage	: Well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: Rapid
Depth of ground water	: Deeper than 2.0 m at time of sampling
Erosion	: None

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
A	0-18	Dark reddish brown (5YR 3/2) (80%) and reddish brown (5YR 4/3) (20%); sandy clay loam; moderately weak fine subangular blocky structure mainly breaking into stones very fine and fine granular structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; few very fine and fine coated sands; many very fine, few fine vesicular and many very fine dendritic tubular pores; common very fine, many fine and medium roots; few fine traces of dead roots, few traces of charcoal; strongly acid (field pH 5.5); distinct, smooth boundary to Bt1
Bt1	18-39	Reddish brown (5YR 4/4) (70%) and dark reddish brown (5YR 3/3) (30%); sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure partly breaking into very fine strong granular structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; few faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few traces of mica flake,

		few fine coated sands; many very fine and few fine vesicular pores; common very fine, fine and medium roots; few traces of charcoal; very strongly acid (field pH 5.0); clear, smooth boundary to Bt2
Bt2	39-67	Red (2.5YR 4/6); sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common distinct of clay coating on faces of peds, pore walls and clay bridges between and sand grains; few fine coated sands; few traces of dead roots; common very fine, few fine vesicular and few medium simple tubular pores; common very fine very fine, fine, medium and coarse roots; very strongly acid (field pH 4.5); gradual, smooth boundary to Bt3
Bt3	67-96	Red (2.5YR 4/8); sandy clay; moderately weak fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common distinct of clay coating on faces of peds, pore walls and clay bridges between and sand grains; few traces of dead roots, few fine coated sands; common very fine and few fine vesicular pores; common very fine, fine, medium and coarse roots; very strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt4
Bt4	96-126	Red (2.5YR 4/8); sandy clay; moderately weak fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common distinct of clay coating on faces of peds, pore walls and clay bridges between sand grains; many very fine and few fine vesicular pores; few very fine, common fine, medium and coarse roots; few traces of charcoal; very strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt5
Bt5	126-150	Red (10R 5/8) (95%) and reddish brown (7.5YR 7/6) (5%); sandy clay; moderately weak fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common distinct clay coating on faces of peds, pore walls and clay bridges between and sand grains; common very fine, fine vesicular and few fine simple tabular pores, very few very fine, fine and common medium roots; few traces of mica flake; few fragments of highly weathered gneiss; very strongly acid (field pH 4.5); gradual, smooth boundary to Bt6
Bt6	150-175	Red (2.5YR 5/8) (90%) and reddish brown (7.5YR 7/6) (10%); sandy clay; moderately weak fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common faint of clay coating on faces of peds, pore walls and clay bridges between sand grains; common very fine, fine vesicular and few fine simple tabular pores; very few very fine, fine and common medium roots; few traces of mica flake; few fragments of highly weathered gneiss; few small angular gravel of fresh quartz; very strongly acid (field pH 4.5); clear, smooth boundary to Bt7
Bt7	175-200+	Red (2.5YR 5/8) (80%) and reddish brown (7.5YR 7/6) (20%); sandy clay; moderately fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common faint of clay coating on faces of peds, pore walls and clay bridges between sand grains; common very

fine and few fine vesicular pores, very few very fine, fine and few medium roots; few traces of mica flake; common fragments of highly weathered gneiss; few small angular and gravel stones of fresh quartz; very strongly acid (field pH 4.5)

Khun Wang 15

I Information on the site

Profile symbol	: KW-15
Soil name	: Khun Wang 15
Classification	: Typic Palehumult
Date of examination	: 12 th June 2007
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Nakin Sobprasonk, Wittaya Jindaluang
Location	: Vegetable production plot/Pong Noi substation; Ban Pong Noi, Tambon Mae Win, Amphoe Mae Wang, Ghangwat Chiang Mai
Elevation	: Approximately 1,025 m (MSL)
Map sheet number	: 4746III Co-ordinate: 47Q 0452504 UTM: 2060914
Landform	
1. Physiographic position	: Terraced lower concave midslope
2. Surrounding landform	: Hilly before terracing
3. Slope on which profile site	: 30% (aspect: 130° SE Azim.)
Land use	: Vegetables under green house
Annual rainfall	: Approximately 1,975.8 mm (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Mean temperature	: Approximately 26.37 °C (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Climate	: Humid subtropical
Others	: -

II General information on the soil

Parent material	: Colluvium over residuum derived from gneiss
Drainage	: Well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: Rapid
Depth of ground water	: Deeper than 2.0 m at time of sampling
Erosion	: low Class 1)

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0-30	Very dark grayish brown (10YR 3/2); sandy loam; strong fine subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; few very fine and fine coated sands; many very fine and few fine vesicular pores; few very fine roots; slightly acid (field pH 6.5); abrupt, smooth boundary to Bt1
Bt1	30-50	Red (2.5 YR 4/6) (70%) and dark reddish brown (2.5 YR 3/4) (30%); sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few small pockets of organic material accumulation; many very fine vesicular pores; few very fine and medium roots; few traces of dead roots, few fine krotovinas;

		strongly acid (field pH 5.5); clear, smooth boundary to Bt2
Bt2	50-74	Dark red (2.5 YR 3/6); sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine, few fine vesicular and few very fine simple tubular pores; very few very fine roots; very strongly acid (field pH 5.5); diffuse, smooth boundary to Bt3
Bt3	74-101	Dark red (2.5 YR 3/6); sandy clay; moderately weak fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds, pore walls and clay bridges between sand grains; many very fine, common fine vesicular and few fine simple tubular pores; very few very fine roots; few medium channel of dead root filled up with topsoil materials; very strongly acid (field pH 5.0); diffuse, smooth boundary to Bt4
Bt4	101-126	Dark red (10YR 3/6); sandy clay; moderately weak fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine vesicular pores; very few very fine and few medium roots; very strongly acid (field pH 5.0); diffuse, smooth boundary to Bt5.
Bt5	126-152	Dark red (10YR 3/6); sandy clay; moderately weak fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; many faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine vesicular pores; very few very fine roots; very strongly acid (field pH 4.5); diffuse, smooth boundary to Bt6.
Bt6	152-172	Red (10YR 4/6); sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; many faint clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; many very fine and few fine vesicular pores; very few very fine roots; very strongly acid (field pH 4.5); diffuse, smooth boundary to Bt7
Bt7	172-200+	Red (10YR 3/6); sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; many faint clay coating on faces of peds, pore walls and clay bridges between sand grains; many very fine, few fine vesicular and few very fine simple tubular pores; practical no roots; very strongly acid (field pH 4.5).

Khun Wang 16

I Information on the site

Profile symbol	: KW-16
Soil name	: Khun Wang 16
Classification	: Typic Palehumult
Date of examination	: 24 th June 2008
Described by	: Somchai Anusontpornperm, Nakin Sobprasonk, Wittaya Jindaluang
Location	: Secondary forest near Pong Noi Substation; Ban pong Noi, Tambon Mae Win, Amphoe Mae Wang, Changwat Chiang Mai
Elevation	: Approximately 1,035 m (MSL)
Map sheet number	: 4746III Co-ordinate: 47Q 0452545 UTM: 2060876
Landform	
1. Physiographic position	: Midslope
2. Surrounding landform	: Very steep
3. Slope on which profile site	: 20% (aspect: 130°SE Azim.)
Land use	: Formerly dry evergreen forest
Annual rainfall	: Approximately 1,975.8 mm (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Mean temperature	: Approximately 26.37 °C (from Khun Wang Royal Project Development Centre's main station, yr. 49-50)
Climate	: Humid subtropical
Others	: -

II General information on the soil

Parent material	: Colluvium over residuum derived from gneiss
Drainage	: Well drained
Permeability	: Rapid
Runoff	: Rapid
Depth of ground water	: Deeper than 2.0 m at time of sampling
Erosion	: None

III Profile description

Horizon	Depth (cm)	Description
A1	0-20	Very dark brown (7.5YR 2.5/2); sandy loam; moderately weak fine subangular blocky structure mainly breaking into strong very fine and fine granular structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and slightly plastic; few very fine coated sands; many very fine and very few fine vesicular pores; many very fine, fine and common medium roots; few traces of charcoal; strongly acid (field pH 5.5); distinct, smooth boundary to A2
A2	20-38	Dark reddish gray (5YR 4/2) (10%) and reddish brown (5YR 4/3) (90%); sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and moderately plastic; few very fine coated sands; many very fine and very few fine vesicular pores; common very fine, fine and medium roots; few traces of charcoal, few medium spots of subsoil materials; very strongly acid (field pH 5.0);

		clear, smooth boundary to Bt1
Bt1	38-64	Red (2.5YR 4/6); sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common faint, clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few very fine coated sands, few small termite nests; many very fine vesicular pores; common very fine, fine and many medium roots; few traces of dead roots; very strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt2
Bt2	64-91	Red (2.5YR 4/8); sandy clay; strong fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common faint, clay coating on faces of peds and clay bridges between sand grains; few small spots of organic material accumulation, few small termite nests; many very fine vesicular and few fine simple tubular pores; common very fine, fine and medium roots; few traces of dead roots; very strongly acid (field pH 5.0); diffuse, smooth boundary to Bt3
Bt3	91-118	Red (10R 4/8); sandy clay; strong medium subangular blocky structure; hard dry, firm moist, slightly sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds; few termite nests, few small spots of organic material accumulation; common very fine, few fine vesicular and few fine simple tubular pores; few very fine common fine medium and coarse roots; few traces of dead roots; very strongly acid (field pH 5.0); diffuse, smooth boundary to Bt4
Bt4	118-148	Red (10R 4/6); sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; few faint clay coating on faces of peds; few small termite nests; common very fine, few fine vesicular and few fine simple tubular pores; few very fine, medium coarse and common fine roots; few traces of dead roots; very strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt5
Bt5	148-170	Red (10R 4/8); sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; soft dry, friable moist, slightly sticky and very plastic; common distinct f clay coating on faces of peds, pore walls and clay bridges between sand grains; common small spots of organic material accumulation; common very fine, few fine vesicular, few very fine and fine simple tubular pores; few very fine, fine and medium root; few traces of dead roots; very strongly acid (field pH 5.0); gradual, smooth boundary to Bt6
Bt6	170-200+	Red (10R 4/8); sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, friable moist, moderately sticky and very plastic; many distinct clay coating on faces of peds, pore walls and clay bridges between sand grains; common very fine vesicular, and few very fine simple tubular pores; few very fine, fine and medium root; few traces of dead roots; very strongly acid (field pH 5.0).

Depth (cm)	Horizon	Particle size distribution			Textural class	Bulk density (Mg m ⁻³)	Hydraulic conductivity (cm hr ⁻¹)
		Sand	Silt	Clay			
		(-----g kg ⁻¹ -----)					
KW-1 Typic Palehumult							
0-20	A1	431	303	266	CL	0.95	94.21
20-40/49	A2	442	351	207	CL	0.90	52.34
49-75	Bt1	434	372	194	CL	1.22	1.86
75-102	Bt2	461	375	164	SC	1.28	4.35
102-130	Bt3	484	340	176	SCL	1.24	31.84
130-154	Bt4	469	323	208	SCL	1.35	1.83
154-179	Bt5	481	302	216	SCL	1.46	0.11
179-200+	Bt6	498	308	194	SCL	1.51	1.11
KW-2 Typic Palehumult							
0-22	Apg	410	147	443	L	1.10	3.46
22-42	Btg1	553	284	163	SCL	1.32	1.21
42-65	Btg2	513	319	168	SCL	1.13	4.69
65-97	Bt1	534	303	162	SCL	1.24	4.36
97-127	Bt2	527	294	179	SCL	1.24	1.72
127-155+	Ab	527	252	221	SCL	1.39	0.31
KW-3 Typic Haplohumult							
0-21	Ap	509	219	272	SCL	1.01	55.21
21-47	Bt1	533	275	192	SCL	1.17	4.29
47-78	Bt2	517	311	171	SCL	1.08	0.97
78-101	Bt3	516	287	197	SCL	1.22	0.82
101-135	Bt4	568	195	237	SL	1.29	2.13
135-150	Bt5	569	211	219	SCL	1.57	0.07
150-175	Bt6	733	140	127	LS	1.49	2.13
175-200+	Bt7	794	100	107	LS	1.41	1.80

Depth (cm)	Horizon	Particle size distribution			Textural class	Bulk density (Mg m ⁻³)	Hydraulic conductivity (cm hr ⁻¹)
		Sand	Silt	Clay			
		(-----g kg ⁻¹ -----)					
KW-4 Typic Haplohumult							
0-20	A	539	163	297	SL	0.85	66.99
20-45	Bt1	491	251	258	SCL	1.03	54.13
45-72	Bt2	508	308	184	SCL	1.23	7.04
72-101	Bt3	575	248	177	SCL	1.14	27.18
101-127	Bt4	620	227	153	SCL	1.33	8.57
127-153	Bt5	653	200	147	SL	1.32	13.81
153-175	Bt6	682	183	135	SL	1.31	11.96
175-200+	Bt7	713	172	116	SL	1.46	5.37
KW-5 Typic Palehumult							
0-20/25	Ap	493	239	268	SCL	0.99	67.29
25-50	Bt1	443	399	158	CL	1.04	45.77
50-74	Bt2	433	447	120	C	1.05	32.50
74-104	Bt3	437	442	121	C	0.95	100.49
104-130	Bt4	436	451	114	C	1.25	1.22
130-153	Bt5	425	458	116	C	1.28	2.07
153-180	Bt6	460	439	101	C	1.42	0.43
180-200+	Bt7	453	447	100	C	1.41	0.52
KW-6 Typic Palehumult							
0-22	Ap	478	243	280	SCL	1.05	14.91
22-50	Bt1	431	382	187	CL	0.95	71.18
50-77	Bt2	415	435	150	C	1.07	12.16
77-107	Bt3	452	391	157	CL	1.13	2.58
107-124	Bt4	461	392	148	CL	1.20	5.23
124-150	Bt5	484	375	141	SCL	1.18	5.26
150-172	Bt6	494	364	142	SCL	1.37	2.45

Depth (cm)	Horizon	Particle size distribution			Textural class	Bulk density (Mg m ⁻³)	Hydraulic conductivity (cm hr ⁻¹)
		Sand	Silt	Clay			
		(-----g kg ⁻¹ -----)					
KW-7 Typic Paleudult							
0-18	Ap	686	204	110	SL	1.43	19.79
18-42	Bt1	639	259	102	SCL	1.47	17.22
42-62	Bt2	608	292	100	SCL	1.58	6.08
62-94	Bt3	579	327	94	SCL	1.51	5.18
94-121	Bt4	574	324	102	SCL	1.55	4.22
121-145	Bt5	577	316	108	SCL	1.63	0.92
145-170	Btg1	609	284	108	SCL	1.65	3.84
170-200+	Btg2	614	264	122	SCL	1.78	0.40
KW-8 Typic Haplohumult							
0-18	A	353	415	232	CL	1.05	5.85
18-40	Bt1	318	467	215	C	1.18	4.54
40-66	Bt2	314	464	222	C	1.14	11.28
66-87	Bt3	317	443	239	C	1.36	1.54
87-113	Bt4	320	395	285	CL	1.52	0.07
113-118/146	Bt5	327	347	325	CL	1.43	0.07
146-160/170	Bt6	390	276	334	CL	1.54	0.07
170-200+	BCrt	425	252	323	L	1.45	0.15
KW-9 Typic Paleudult							
0-19	Ap	411	476	113	C	1.13	125.61
19-36	Bt1	391	531	79	C	0.86	0.91
36-63	Bt2	370	558	72	C	1.12	1.96
63-89	Bt3	376	556	68	C	1.22	0.14
89-120	BCrt	390	567	43	C	1.27	0.04

Depth (cm)	Horizon	Particle size distribution			Textural class	Bulk density (Mg m ⁻³)	Hydraulic conductivity (cm hr ⁻¹)
		Sand	Silt	Clay			
		(-----g kg ⁻¹ -----)					
KW-10 Rhodic Paleudult							
0-16	Ap	451	387	162	SCL	1.39	0.07
16-33	Bt1	440	472	88	C	1.27	4.16
33-58	Bt2	421	492	88	C	1.16	1.63
58-79	Bt3	402	527	71	C	1.18	12.89
79-107	Bt4	400	515	85	C	1.24	0.65
107-128	Bt5	409	531	60	C	1.27	0.13
128-160	Bt6	429	516	55	C	1.25	0.02
KW-11 Typic Palehumult							
0-30	Ap	595	203	201	SL	0.87	19.05
30-53	Bt1	409	483	108	C	1.17	0.96
50-80	Bt2	394	499	107	C	1.09	2.41
80-107	Bt3	396	486	118	C	1.08	0.81
107-132	Bt4	396	483	121	C	1.09	4.10
132-156	Bt5	409	493	98	C	1.22	0.13
156-177	Bt6	395	514	91	C	1.26	0.06
177-200+	Bt7	398	530	73	C	1.19	0.25
KW-12 Typic Palehumult							
0-30	Ap	635	131	234	SL	1.04	21.57
30-49	Bt1	433	436	131	SC	1.15	5.99
49-73	Bt2	415	479	106	C	1.13	0.81
73-94	Bt3	390	486	124	C	1.12	2.67
94-122	Bt4	390	490	120	C	1.17	0.20
122-150	Bt5	394	482	124	C	1.23	0.28
150-173	Bt6	417	475	109	C	1.24	0.06
173-200+	Bt7	411	503	87	C	1.14	3.94

Depth (cm)	Horizon	Particle size distribution			Textural class	Bulk density (Mg m ⁻³)	Hydraulic conductivity (cm hr ⁻¹)
		Sand	Silt	Clay			
		(-----g kg ⁻¹ -----)					
KW-13 Rhodic Paleudult							
0-17	Ap	467	271	262	SCL	1.25	3.52
17-41	Bt1	394	493	113	C	1.33	2.35
41-70	Bt2	399	487	114	C	1.15	8.90
70-95	Bt3	402	499	99	C	1.21	0.33
95-121	Bt4	407	495	98	C	1.23	0.05
121-144	Bt5	396	491	113	C	1.28	0.08
144-170	Bt6	395	502	103	C	1.26	0.45
170-200+	Bt7	413	487	100	C	1.30	0.02
KW-14 Typic Haplohumult							
0-18	A	541	248	211	SCL	1.12	13.43
18-39	Bt1	535	287	178	SCL	1.09	20.98
39-67	Bt2	515	339	145	SCL	1.26	15.08
67-96	Bt3	514	315	172	SCL	1.32	9.65
96-126	Bt4	537	271	191	SCL	1.41	4.69
126-150	Bt5	543	263	194	SCL	1.52	0.40
150-175	Bt6	533	251	216	SCL	1.55	0.13
175-200+	Bt7	534	244	222	SCL	1.49	0.73
KW-15 Typic Palehumult							
0-30	Ap	555	251	194	SCL	1.19	1.94
30-50	Bt1	492	422	86	SC	1.14	1.58
50-74	Bt2	485	448	67	SC	1.13	3.40
74-101	Bt3	444	492	64	C	1.22	0.42
101-126	Bt4	423	518	59	C	1.24	0.11
126-152	Bt5	381	577	42	C	1.18	0.02
152-172	Bt6	375	585	40	C	1.14	0.02
172-200+	Bt7	410	523	67	C	1.17	0.03

Depth (cm)	Horizon	Particle size distribution			Textural class	Bulk density (Mg m ⁻³)	Hydraulic conductivity (cm hr ⁻¹)
		Sand	Silt	Clay			
		(-----g kg ⁻¹ -----)					
KW-16 Typic Palehumult							
0-20	A1	477	308	216	SCL	1.07	5.44
20-38	A2	417	426	157	C	0.99	13.54
38-64	Bt1	404	475	122	C	1.00	12.40
64-91	Bt2	394	496	110	C	1.12	1.19
91-118	Bt3	379	510	111	C	1.20	0.40
118-148	Bt4	352	559	89	C	1.18	0.05
148-170	Bt5	346	575	79	C	1.17	0.01
170-200+	Bt6	352	573	76	C	1.22	0.16

ตารางผนวกที่ 2 ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษา

Depth	Horizon	pH 1:1		OM	Total	Avai.P	Avai.K	Extractable base				Sum	Extr.	CEC		BS
					N							bases	acidity			by sum
(cm)		H ₂ O	KCl					Ca	Mg	Na	K			by sum	NH ₄ OAc	
(-----g kg ⁻¹ -----) (-----mg kg ⁻¹ -----) (-----cmol _c kg ⁻¹ -----) (%)																
KW-1 Typic Palehumult																
0-20	A1	4.8	3.8	49.6	2.07	4.43	195.2	2.47	1.09	0.60	0.50	4.65	22.7	27.4	20.2	10.8
20-40/49	A2	4.4	3.7	41.1	1.41	4.56	79.8	0.46	0.18	0.43	0.21	1.28	22.7	24.0	14.9	3.4
49-75	Bt1	4.6	3.6	20.9	0.83	0.69	54.1	0.18	0.06	0.23	0.14	0.62	16.1	16.7	8.7	2.5
75-102	Bt2	4.6	3.5	20.7	0.55	0.55	48.8	0.16	0.06	0.35	0.13	0.70	14.2	14.9	11.0	2.8
102-130	Bt3	4.5	3.5	6.3	0.48	0.69	28.8	0.11	0.04	0.58	0.07	0.81	13.2	14.0	9.9	3.5
130-154	Bt4	4.5	3.6	6.7	0.41	0.56	25.5	0.10	0.04	0.14	0.07	0.34	11.4	11.7	8.2	1.8
154-179	Bt5	4.5	3.5	5.4	0.35	0.55	25.2	0.17	0.05	0.07	0.07	0.35	9.4	9.8	7.6	2.0
179-200+	Bt6	4.4	3.6	3.7	0.31	0.29	26.3	0.24	0.08	0.46	0.07	0.84	9.5	10.3	7.5	5.0
KW-2 Typic Palehumult																
0-22	Apg	5.2	4.0	34.4	1.47	73.38	48.1	1.98	0.20	0.20	0.12	2.50	18.0	20.5	11.8	8.4
22-42	Btg1	5.0	4.0	18.7	0.79	1.92	97.6	1.59	0.29	0.74	0.25	2.88	13.2	16.1	11.6	11.6
42-65	Btg2	5.3	4.1	13.9	0.80	1.11	97.1	1.97	0.45	0.13	0.25	2.80	14.2	17.0	10.9	11.2
65-97	Bt1	5.6	4.1	9.1	0.66	1.11	93.8	2.02	0.63	0.08	0.24	2.96	13.3	16.2	10.5	12.5
97-127	Bt2	5.6	4.1	10.3	0.59	1.11	112.3	1.94	0.56	0.26	0.29	3.05	14.2	17.2	11.6	11.8
127-155+	Ab	5.4	4.0	14.4	0.48	4.81	92.6	1.33	0.41	0.30	0.24	2.28	18.9	21.2	12.6	7.2

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	pH 1:1		OM	Total N	Avai.P	Avai.K	Extractable base				Sum bases	Extr. acidity	CEC		BS by sum
		H ₂ O	KCl					Ca	Mg	Na	K			by sum	NH ₄ OAc	
				(-----g kg ⁻¹ -----)	(-----mg kg ⁻¹ -----)	(-----cmol _c kg ⁻¹ -----)										(%)
KW-3 Typic Haplohumult																
0-21	Ap	5.9	5.1	51.6	2.17	475.57	281.7	10.12	1.89	0.28	0.72	13.02	17.0	30.0	22.1	33.3
21-47	Bt1	4.9	4.0	20.3	0.98	7.94	100.4	1.53	0.39	0.90	0.26	3.08	16.2	19.2	10.6	11.5
47-78	Bt2	4.9	4.0	16.6	0.79	2.20	86.9	1.39	0.35	0.19	0.22	2.16	14.2	16.4	10.1	8.9
78-101	Bt3	5.0	4.0	9.6	0.61	0.33	111.5	1.64	0.33	0.58	0.29	2.83	13.3	16.1	7.2	13.8
101-135	Bt4	5.0	4.0	7.9	0.45	0.58	83.4	1.31	0.40	0.39	0.21	2.31	10.4	12.7	9.5	11.6
135-150	Bt5	4.8	3.9	6.5	0.35	0.33	77.1	1.23	0.33	0.46	0.20	2.22	7.6	9.8	6.4	6.5
150-175	Bt6	4.9	4.0	3.7	0.24	3.32	44.3	0.69	0.20	0.06	0.11	1.06	6.6	7.7	3.9	10.1
175-200+	Bt7	4.7	3.9	2.0	0.14	4.69	30.4	0.51	0.13	0.22	0.08	0.94	4.7	5.7	7.4	7.7
KW-4 Typic Haplohumult																
0-20	A	5.6	4.5	42.2	2.59	45.83	188.3	3.68	0.45	0.19	0.48	4.80	20.9	25.7	19.9	11.8
20-45	Bt1	5.0	4.2	25.1	1.32	2.49	72.1	1.35	0.22	0.30	0.19	2.05	16.1	18.1	13.9	6.9
45-72	Bt2	5.3	4.2	14.1	0.63	0.84	38.8	1.43	0.15	0.18	0.10	1.86	10.4	12.2	8.3	10.0
72-101	Bt3	5.2	4.1	6.0	0.41	1.38	23.2	1.51	0.19	0.34	0.06	2.10	6.6	8.7	7.1	15.3
101-127	Bt4	5.7	4.0	4.0	0.24	5.14	25.8	1.42	0.18	0.33	0.07	1.99	6.6	8.6	5.9	16.0
127-153	Bt5	5.3	3.9	3.3	0.24	7.76	28.4	1.21	0.14	0.12	0.07	1.54	6.6	8.2	6.6	11.7
153-175	Bt6	5.3	3.8	1.3	0.14	11.48	30.3	1.03	0.11	0.44	0.08	1.65	5.7	7.4	5.7	14.5
175-200+	Bt7	5.0	3.8	2.0	0.14	18.5	36.1	0.74	0.10	0.39	0.09	1.32	7.6	8.9	6.4	9.5

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	pH 1:1		OM	TotalN	Avai.P	Avai.K	Extractable base				Sum bases	Extr. acidity	CEC		BS by sum
		H ₂ O	KCl					Ca	Mg	Na	K			by sum	NH ₄ OAc	
(-----g kg ⁻¹ -----) (----mg kg ⁻¹ ----) (-----cmol _c kg ⁻¹ -----) (%)																
KW-5 Typic Palehumult																
0-20/25	Ap	4.9	4.1	42.4	2.33	48.70	122.7	0.95	0.29	0.13	0.32	1.68	24.6	26.3	18.2	3.9
25-50	Bt1	4.8	4.1	19.8	0.86	2.19	68.2	0.58	0.13	0.19	0.18	1.08	15.2	16.3	10.7	4.2
50-74	Bt2	4.9	4.1	9.3	0.74	2.47	58.3	0.62	0.18	0.27	0.15	1.21	14.2	15.4	7.5	5.6
74-104	Bt3	4.9	4.2	7.8	0.51	1.82	37.5	0.77	0.20	0.41	0.10	1.48	11.3	12.8	8.0	7.7
104-130	Bt4	5.0	4.3	6.0	0.48	1.53	32.3	0.77	0.18	0.29	0.08	1.33	11.3	12.7	5.6	7.9
130-153	Bt5	5.0	4.6	4.6	0.41	1.10	21.9	0.75	0.20	0.33	0.06	1.34	8.5	9.9	4.9	10.0
153-180	Bt6	5.0	4.6	3.3	0.17	1.38	16.1	0.68	0.24	0.68	0.04	1.64	9.5	11.1	4.4	11.9
180-200+	Bt7	4.9	4.6	3.3	0.14	0.97	16.9	0.49	0.23	0.16	0.04	0.92	7.6	8.5	5.5	7.1
KW-6 Typic Palehumult																
0-22	Ap	4.6	4.0	51.6	2.33	42.04	106.6	0.55	0.10	0.28	0.27	1.21	27.4	28.6	20.8	2.5
22-50	Bt1	5.0	4.2	25.7	1.25	5.45	79.7	1.86	0.29	0.28	0.20	2.64	16.1	18.8	16.0	8.2
50-77	Bt2	5.5	4.6	12.2	0.83	3.66	103.1	2.49	0.60	0.06	0.26	3.41	11.3	15.8	11.7	23.1
77-107	Bt3	5.7	4.7	8.4	0.59	4.56	122.5	2.34	0.66	0.30	0.31	3.61	11.3	14.9	8.1	18.6
107-124	Bt4	5.8	4.7	9.2	0.59	4.23	90.7	2.36	0.76	0.31	0.23	3.67	11.4	15.0	10.0	17.2
124-150	Bt5	5.7	4.7	7.2	0.48	3.92	83.0	1.98	0.77	0.49	0.21	3.45	10.4	13.9	8.4	18.4
150-172	Bt6	5.5	4.4	7.8	0.31	2.77	72.1	1.38	0.73	0.25	0.19	2.54	10.4	13.0	8.0	13.8
172-200+	Bt7	5.3	4.3	4.9	0.31	1.98	48.3	1.05	0.68	0.38	0.12	2.23	9.5	11.7	6.1	14.3

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	pH 1:1		OM	Total N	Avai.P	Avai.K	Extractable base				Sum bases	Extr. acidity	CEC		BS by sum
		H ₂ O	KCl					Ca	Mg	Na	K			by sum	NH ₄ OAc	
(-----g kg ⁻¹ -----) (-----mg kg ⁻¹ -----) (-----cmol _c kg ⁻¹ -----) (%)																
KW-7 Typic Paleudult																
0-18	Ap	5.2	4.0	18.7	0.81	238.05	120.2	1.32	0.27	0.12	0.31	2.02	10.4	12.4	7.0	11.6
18-42	Bt1	5.0	3.9	4.7	0.38	44.11	70.6	0.81	0.22	0.07	0.18	1.27	6.6	7.9	4.5	11.5
42-62	Bt2	5.0	4.0	3.7	0.21	19.71	88.8	0.91	0.36	0.46	0.23	1.95	3.8	5.8	4.7	22.9
62-94	Bt3	4.9	4.1	2.0	0.2	3.35	93.5	0.86	0.58	0.14	0.24	1.83	6.6	8.4	5.4	15.3
94-121	Bt4	4.7	3.9	2.0	0.17	1.92	61.9	0.62	0.50	0.11	0.16	1.39	6.6	8.0	5.9	11.2
121-145	Bt5	4.4	3.9	0.7	0.17	1.24	36.5	0.17	0.19	0.07	0.09	0.53	4.7	9.1	3.5	10.1
145-170	Btg1	4.7	3.9	1.3	0.1	1.25	46.1	0.31	0.33	0.22	0.12	0.97	4.7	5.7	3.9	11.3
170-200+	Btg2	4.5	3.8	1.0	0.1	1.52	34.0	0.15	0.15	0.56	0.09	0.95	3.8	4.7	3.2	13.5
KW-8 Typic Haplohumult																
0-18	A	5.2	4.0	49.88	1.27	0.16	133.30	1.45	1.21	0.32	0.342	3.32	19.91	23.23	14.97	9.53
18-40	Bt1	5.0	3.9	23.80	0.66	1.68	99.88	0.64	0.30	0.07	0.256	1.27	11.37	12.63	9.23	6.15
40-66	Bt2	5.0	3.9	10.10	0.38	0.55	59.47	0.33	0.12	0.19	0.152	0.79	8.49	9.28	9.10	4.49
66-87	Bt3	5.0	3.9	5.24	0.31	0.96	19.26	0.26	0.08	0.44	0.049	0.83	3.78	4.61	7.24	7.55
87-113	Bt4	5.1	3.9	2.34	0.24	0.42	9.33	0.35	0.09	0.44	0.024	0.91	3.78	4.68	6.24	9.06
113-118/146	Bt5	5.1	3.9	3.31	0.20	1.11	8.97	0.59	0.14	0.37	0.023	1.12	4.73	5.85	4.73	11.86
146-160/170	Bt6	5.2	3.9	0.66	0.10	0.96	4.83	0.52	0.11	0.18	0.012	0.83	3.79	4.62	3.49	11.42
170-200+	BCrt	5.3	3.9	0.66	0.10	0.42	5.15	0.24	0.03	0.73	0.013	1.02	3.80	4.81	3.74	13.49

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	pH 1:1		OM	Total N	Avai.P	Avai.K	Extractable base				Sum bases	Extr. acidity	CEC		BS by sum
		H ₂ O	KCl					Ca	Mg	Na	K			by sum	NH ₄ OAc	
		(-----g kg ⁻¹ -----) (----mg kg ⁻¹ ----) (-----cmol _c kg ⁻¹ -----) (%)														
KW-9 Typic Paleudult																
0-19	Ap	5.9	5.3	18.9	0.92	84.39	311.6	6.12	0.65	0.20	0.80	7.78	10.4	18.2	13.0	33.2
19-36	Bt1	5.9	4.7	4.4	0.37	2.76	136.7	3.52	0.65	0.15	0.35	4.67	8.5	13.2	7.5	29.1
36-63	Bt2	6.0	5.0	6.3	0.31	3.96	179.6	3.63	0.64	0.31	0.46	5.05	9.5	14.5	7.5	29.7
63-89	Bt3	5.9	5.0	3.4	0.27	1.24	134.8	2.92	0.78	0.35	0.35	4.40	10.4	14.8	8.9	22.8
89-120	BCrt	5.6	5.0	3.0	0.24	0.96	81.2	2.56	0.51	0.34	0.21	3.61	6.6	10.2	6.9	26.8
KW-10 Rhodic Paleudult																
0-16	Ap	5.1	4.3	41.5	1.62	6.09	151.8	2.72	0.37	0.11	0.39	3.60	17.1	20.7	11.6	12.5
16-33	Bt1	5.3	4.4	14.1	0.58	1.39	94.7	2.70	0.38	0.30	0.24	3.62	10.4	14.0	8.5	19.2
33-58	Bt2	5.5	4.5	9.6	0.47	0.69	83.5	2.64	0.46	0.06	0.21	3.37	10.4	13.8	6.7	19.6
58-79	Bt3	5.7	5.0	5.6	0.35	0.42	86.4	2.42	0.49	0.41	0.22	3.54	5.7	9.2	6.9	28.2
79-107	Bt4	5.7	5.0	5.0	0.45	0.42	88.4	2.29	0.50	0.19	0.23	3.21	11.3	14.6	6.5	18.0
107-128	Bt5	5.8	5.0	3.3	0.28	0.42	83.1	2.20	0.49	0.08	0.21	2.99	5.7	8.7	6.3	25.0
128-160	Bt6	5.8	5.0	3.0	0.21	0.96	80.3	2.24	1.14	0.46	0.21	4.04	5.7	9.7	6.3	33.9

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	pH 1:1		OM	Total N	Avai.P	Avai.K	Extractable base				Sum bases	Extr. acidity	CEC		BS by sum
		H ₂ O	KCl					Ca	Mg	Na	K			by sum	NH ₄ OAc	
(-----g kg⁻¹-----) (----mg kg⁻¹----) (-----cmol_c kg⁻¹-----) (%)																
KW-11 Typic Palehumult																
0-30	Ap	5.4	4.8	52.9	2.05	612.44	352.5	7.26	0.51	0.56	0.90	9.23	23.7	32.9	20.9	20.7
30-53	Bt1	4.8	4.4	20.6	0.81	9.59	249.4	2.18	0.42	0.12	0.64	3.35	17.0	20.4	8.4	13.2
50-80	Bt2	4.7	4.4	13.2	0.58	3.93	180.9	1.49	0.20	0.12	0.46	2.28	14.2	16.5	5.2	11.7
80-107	Bt3	4.9	4.6	8.5	0.47	2.21	165.1	1.52	0.21	0.09	0.42	2.24	8.5	10.8	4.2	17.5
107-132	Bt4	5.7	4.9	7.0	0.38	1.94	179.4	1.33	0.20	0.18	0.46	2.17	9.5	11.6	3.6	16.6
132-156	Bt5	5.6	4.9	5.8	0.24	1.92	145.3	1.28	0.23	0.53	0.37	2.42	8.5	11.0	3.1	20.8
156-177	Bt6	5.5	4.9	4.3	0.24	1.91	128.7	1.33	0.31	0.07	0.33	2.04	8.5	10.6	3.1	17.5
177-200+	Bt7	5.5	5.0	4.4	0.24	1.92	127.4	1.41	0.34	0.33	0.33	2.40	10.4	12.8	4.9	15.7
KW-12 Typic Palehumult																
0-30	Ap	4.9	4.1	35.4	1.62	158.95	106.8	0.65	0.06	0.04	0.27	1.03	21.8	22.8	17.0	2.7
30-49	Bt1	4.3	3.9	24.7	0.90	3.47	57.0	0.12	0.02	0.36	0.15	0.64	28.4	29.1	10.7	1.6
49-73	Bt2	4.2	3.9	14.3	0.49	4.24	50.7	0.14	0.02	0.10	0.13	0.39	16.1	16.4	6.8	1.7
73-94	Bt3	4.4	4.0	10.3	0.49	1.75	49.0	0.15	0.02	0.15	0.13	0.45	13.2	13.7	5.2	2.4
94-122	Bt4	4.2	4.0	7.9	0.48	1.25	38.8	0.09	0.01	0.27	0.10	0.47	11.4	11.8	6.1	2.7
122-150	Bt5	4.3	4.3	6.0	0.41	0.82	41.4	0.09	0.01	0.28	0.11	0.49	9.4	9.9	4.1	3.6
150-173	Bt6	4.3	4.3	4.7	0.31	0.82	44.8	0.18	0.02	0.09	0.12	0.40	17.9	18.3	4.1	1.8
173-200+	Bt7	4.4	4.3	4.4	0.30	0.55	52.2	0.32	0.03	0.12	0.13	0.61	10.4	11.0	3.4	4.5

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	pH 1:1		OM	Total N	Avai.P	Avai.K	Extractable base				Sum bases	Extr. acidity	CEC		BS by sum
		H ₂ O	KCl					Ca	Mg	Na	K			by sum	NH ₄ OAc	
(-----g kg ⁻¹ -----) (-----mg kg ⁻¹ -----) (-----cmol _c kg ⁻¹ -----) (%)																
KW-13 Typic Palehumult																
0-30	Ap	4.7	3.6	37.7	1.36	642.65	99.6	0.76	0.15	0.45	0.26	1.62	27.5	29.1	13.5	4.0
30-50	Bt1	4.2	3.7	8.9	0.40	5.47	29.5	0.09	0.02	0.16	0.08	0.35	10.5	10.8	4.5	2.3
50-74	Bt2	4.2	3.7	6.6	0.34	1.24	25.8	0.08	0.01	0.44	0.07	0.60	13.3	13.9	4.1	3.4
74-101	Bt3	4.8	4.0	6.3	0.28	0.82	56.1	0.45	0.06	0.21	0.14	0.87	8.5	9.4	3.4	7.3
101-126	Bt4	4.7	4.4	4.7	0.27	0.55	51.3	0.15	0.02	0.30	0.13	0.60	7.5	8.1	3.5	5.4
126-152	Bt5	4.5	4.4	4.4	0.24	0.29	27.8	0.11	0.02	0.61	0.07	0.81	7.6	8.4	5.0	6.4
152-172	Bt6	4.9	4.5	3.7	0.24	0.42	36.8	0.15	0.02	0.11	0.09	0.37	9.4	9.8	3.9	2.8
172-200+	Bt7	4.6	4.4	3.9	0.17	0.42	39.9	0.25	0.03	0.77	0.10	1.16	7.6	8.7	3.6	10.4
KW-14 Typic Palehumult																
0-20	A	4.9	4.2	51.5	1.76	41.50	128.1	1.39	0.77	0.34	0.33	2.83	16.1	18.9	13.0	9.7
20-38	Bt1	4.6	4.1	24.3	0.82	5.80	68.1	0.26	0.15	0.14	0.18	0.73	16.1	16.8	7.2	3.1
38-64	Bt2	4.3	3.9	10.9	0.45	2.89	49.8	0.33	0.17	0.37	0.13	1.00	8.5	9.5	5.5	7.1
64-91	Bt3	4.5	3.8	7.4	0.31	0.82	38.7	0.14	0.07	0.17	0.10	0.47	2.8	3.3	4.4	6.6
91-118	Bt4	4.2	3.9	2.7	0.24	0.69	24.4	0.20	0.08	0.24	0.06	0.58	4.7	5.3	3.9	6.7
118-148	Bt5	4.3	3.9	2.4	0.24	0.69	14.4	0.13	0.08	0.33	0.04	0.58	3.8	4.4	3.7	7.6
148-170	Bt6	4.4	3.9	2.3	0.10	0.69	17.3	0.11	0.09	0.45	0.04	0.69	4.7	5.4	4.5	7.5
170-200+	Bt7	4.3	3.9	2.4	0.10	0.55	25.1	0.21	0.11	0.29	0.06	0.68	5.7	6.3	3.1	7.7

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

Depth (cm)	Horizon	pH 1:1		OM	Total N	Avai.P	Avai.K	Extractable base				Sum bases	Extr. acidity	CEC		BS by sum
		H ₂ O	KCl					Ca	Mg	Na	K			by sum	NH ₄ OAc	
(-----g kg ⁻¹ -----) (-----mg kg ⁻¹ -----) (-----cmol _c kg ⁻¹ -----) (%)																
KW-15 Typic Palehumult																
0-30	Ap	5.4	4.5	47.5	1.67	560.24	105.4	6.45	0.82	0.19	0.27	7.73	23.6	31.3	18.1	18.5
30-50	Bt1	4.6	3.8	22.0	0.68	2.90	76.0	0.92	0.13	0.49	0.20	1.74	18.0	19.7	9.5	6.3
50-74	Bt2	4.5	3.7	8.6	0.37	1.10	62.1	0.80	0.13	0.24	0.16	1.32	7.6	8.9	5.2	10.3
74-101	Bt3	4.5	3.6	4.7	0.31	0.96	140.7	0.80	0.17	0.41	0.36	1.74	7.6	9.3	4.6	14.2
101-126	Bt4	4.7	3.8	3.6	0.17	0.68	138.0	1.08	0.28	0.42	0.35	2.14	7.6	9.7	4.9	17.2
126-152	Bt5	4.4	3.8	1.7	0.17	0.42	82.4	0.22	0.04	0.15	0.21	0.62	5.7	6.3	6.0	5.3
152-172	Bt6	4.2	3.8	2.6	0.10	0.36	68.7	0.24	0.03	0.24	0.18	0.69	6.6	7.3	4.7	6.0
172-200+	Bt7	4.1	3.8	2.0	0.13	0.55	68.9	0.21	0.03	0.41	0.18	0.83	4.7	5.6	10.4	5.5
KW-16 Typic Palehumult																
0-20	A1	4.9	4.0	69.7	2.45	3.22	56.1	0.10	0.08	0.92	0.14	1.25	35.1	36.4	18.9	2.3
20-38	A2	4.6	3.9	48.0	1.52	2.27	41.0	0.07	0.05	0.12	0.11	0.35	19.0	19.3	13.7	1.1
38-64	Bt1	4.6	3.8	21.3	0.62	1.37	28.3	0.09	0.04	0.27	0.07	0.47	11.4	11.9	6.8	2.6
64-91	Bt2	4.8	3.9	14.1	0.44	1.09	20.2	0.17	0.12	0.37	0.05	0.71	6.7	7.4	6.0	5.6
91-118	Bt3	5.0	3.9	7.9	0.31	0.42	17.4	0.22	0.16	0.51	0.05	0.93	7.6	8.5	4.7	7.5
118-148	Bt4	5.0	4.0	4.6	0.28	0.82	15.9	0.16	0.10	0.07	0.04	0.38	7.6	8.0	4.2	3.2
148-170	Bt5	4.9	4.0	2.0	0.17	0.56	16.4	0.20	0.12	0.48	0.04	0.84	6.6	7.5	4.0	7.9
170-200+	Bt6	4.9	4.2	3.0	0.17	0.82	13.8	0.19	0.08	0.11	0.04	0.41	7.6	8.0	3.5	3.7

คำเรียกทั่วไป	ลักษณะเนื้อดิน	ชั้นเนื้อดินต่างๆ (texture classes)
ดินทราย (sandy soils)	เนื้อหยาบ (coarse textured)	ได้แก่ ทรายชนิดต่าง ๆ (ทรายหยาบ ทรายละเอียด ทรายละเอียดมาก) ทรายปนดินร่วนชนิดต่าง ๆ (ทรายหยาบปนดินร่วน ทรายปนดินร่วน ทรายละเอียดปนดินร่วน และทรายละเอียดมากปนดินร่วน)
ดินร่วน (loamy soils)	เนื้อหยาบปานกลาง (moderately coarse-textured)	ได้แก่ ดินร่วนปนทราย หยาบ ดินร่วนปนทราย ดินร่วนปนทรายละเอียด
	เนื้อปานกลาง (medium-textured)	ได้แก่ดิน ร่วน ปน ทรายละเอียดมาก ดินร่วน ดินร่วนปนทรายแป้ง และทรายแป้ง
	เนื้อละเอียดปานกลาง (moderately fine-textured)	ได้แก่ ดินร่วนเหนียว ดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง
ดินเหนียว (clayey soils)	เนื้อละเอียด (fine textured)	ได้แก่ ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนทรายแป้ง และดินเหนียว

ตารางผนวกที่ 4 ข้อจำกัดต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความ
อุดมสมบูรณ์ของดิน (Land Classification Division และ FAO Project Staff,
1973; Soil Survey Division Staff, 1993)

1. ปฏิกริยาของดิน (soil reaction), pH (ดิน : น้ำ = 1:1)

ระดับ (rating)	พิสัย (range)
เป็นกรดรุนแรงมากที่สุด (ultra acid)	< 3.5
เป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid)	3.5-4.4
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)	> 9.0

2. อินทรีย์วัตถุ (organic matter) (% organic carbon x 1.724)

ระดับ (rating)	พิสัย (g kg ⁻¹)
ต่ำมาก (VL)	< 5
ต่ำ (L)	5-10
ค่อนข้างต่ำ (ML)	10-15
ปานกลาง (M)	15-25
ค่อนข้างสูง (MH)	25-35
สูง (H)	35-45
สูงมาก (VH)	> 45

3. ปริมาณไนโตรเจนรวม (total nitrogen) (กองวางแผนการใช้ที่ดิน, 2535)

ระดับ (rating)	พิสัย (g kg^{-1})
ต่ำมาก (VL)	< 1.0
ต่ำ (L)	1.0-2.0
ปานกลาง (M)	2.0-5.0
สูง (H)	5.0-7.5
สูงมาก (VH)	> 7.5

4. ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available P) (Bray II)

ระดับ (rating)	พิสัย (mg kg^{-1})
ต่ำมาก (VL)	< 3
ต่ำ (L)	3-6
ค่อนข้างต่ำ (ML)	6-10
ปานกลาง (M)	10-15
ค่อนข้างสูง (MH)	15-25
สูง (H)	25-45
สูงมาก (VH)	> 45

5. ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available K) (NH_4OAc)

ระดับ (rating)	พิสัย (mg kg^{-1})
ต่ำมาก (VL)	< 30
ต่ำ (L)	30-60
ปานกลาง (M)	60-90
สูง (H)	90-120
สูงมาก (VH)	> 120

6. ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (extractable bases) (NH_4OAc)

ระดับ (rating)	พิสัย ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)				
	extr. Ca	extr. Mg	extr. K	extr. Na	extr. bases
ต่ำมาก (VL)	< 2.0	< 0.3	< 0.2	< 0.1	< 2.6
ต่ำ (L)	2-5	0.3-1.0	0.2-0.3	0.1-0.3	2.6-6.6
ปานกลาง (M)	5-10	1.0-3.0	0.3-0.6	0.3-0.7	6.6-14.3
สูง (H)	10-20	3.0-8.0	0.6-1.2	0.7-2.0	14.3-31.2
สูงมาก (VH)	> 20	> 8.0	> 1.2	> 2.0	> 31.2

หมายเหตุ VL = ต่ำมาก (Very Low)

L = ต่ำ (Low)

ML = ค่อนข้างต่ำ (Moderately Low)

M = ปานกลาง (Medium)

MH = ค่อนข้างสูง (Moderately High)

H = สูง (High)

VH = สูงมาก (Very High)

7. ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC)

ระดับ (rating)	พิสัย ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)
ต่ำมาก (VL)	< 3
ต่ำ (L)	3-5
ค่อนข้างต่ำ (ML)	5-10
ปานกลาง (M)	10-15
ค่อนข้างสูง (MH)	15-20
สูง (H)	20-30
สูงมาก (VH)	> 30

8. การอิ่มตัวด้วยด่าง (base saturation)

ระดับ (rating)	พิสัย (%)
ต่ำ (L)	<35
ปานกลาง (M)	35-75
สูง (H)	>75

ตารางผนวกที่ 5 เกณฑ์การแบ่งระดับปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้

ระดับ (rating)	ปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)
ต่ำมาก (VL)	< 1.0
ต่ำ (L)	1.0-2.0
ปานกลาง (M)	2.0-5.0
ค่อนข้างสูง (MH)	5.0-10.0
สูง (H)	10.0-20.0
สูงมาก (VH)	> 20.0

ที่มา: นงคราญ (2529)

ตารางผนวกที่ 6 เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดิน

ระดับ (rating)	ความหนาแน่นรวม (Mg m^{-3})
ต่ำ	< 1.2
ค่อนข้างต่ำ	1.2-1.4
ปานกลาง	1.4-1.6
ค่อนข้างสูง	1.6-1.8
สูง	1.8-2.0
สูงมาก	> 2.0

ที่มา: นงคราญ (2529)

ตารางผนวกที่ 7 ระดับชั้นของค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินอิ่มตัวด้วยน้ำ

ระดับชั้น	ค่าสภาพนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว (cm hr^{-1})
ช้ำมาก	< 0.125
ช้ำ	0.125-0.50
ช้ำปานกลาง	0.50-2.00
ปานกลาง	2.00-6.25
เร็วปานกลาง	6.25-12.50
เร็ว	12.50-25.00
เร็วมาก	> 25.00

ที่มา: O' Neal (1952)

ตารางผนวกที่ 8 วิธีคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการประเมินจากผลการวิเคราะห์ดิน (กองตำ รวจดิน, 2523)

ระดับความ อุดมสมบูรณ์ ของดิน	ปริมาณ อินทรีย์วัตถุ (g kg^{-1})	ปริมาณ ฟอสฟอรัสที่เป็น ประโยชน์ (mg kg^{-1})	ความจุ แลกเปลี่ยน ไอออนบวก ($\text{cmol}_c \text{ kg}^{-1}$)	อัตราร้อยละ ความ อิ่มตัวเบส (%)	ปริมาณ โพแทสเซียม ที่เป็นประโยชน์ (mg kg^{-1})
ต่ำ	<15 (1)	<10 (1)	<10 (1)	<35 (1)	<60 (1)
ปานกลาง	15 - 35 (2)	10 - 25 (2)	10 - 20 (2)	35 - 75 (2)	60 - 90 (2)
สูง	>35 (3)	>25 (3)	>20 (3)	>75 (3)	>90 (3)

หมายเหตุ

วิธีคิดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ใช้วิธีให้คะแนน

(ตัวเลขคะแนนอยู่ในวงเล็บในตาราง)

ถ้าคะแนนเท่ากับ 7 หรือน้อยกว่า ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

ถ้าคะแนนอยู่ระหว่าง 8-12 ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง

ถ้ามีคะแนนเท่ากับ 13 หรือมากกว่า ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์สูง

ตารางผนวกที่ 9 เกณฑ์การประเมินการเสื่อมโทรมทางกายภาพของดิน

Indicator	ระดับความเสื่อมโทรม				
	0 Non-degraded	1 Weakly degraded	2 Moderately degraded	3 Highly degraded	4 Very Highly degraded
ความหนาแน่นของดิน (Mg m^{-3})	<1.10	1.10-1.20	1.21-1.30	1.31-1.40	>1.40

ที่มา: Snakin *et al.* (1996)

ตารางผนวกที่ 10 เกณฑ์การประเมินชั้นการกร่อนดิน (erosion class)

ชั้นการกร่อนดิน	ความหนาของชั้นดินบนที่เหลืออยู่
1	100%
2	>75%
3	25-75%
4	25%

ที่มา: Soil Survey Division Staff (1993)

ตารางผนวกที่ 11 การจำแนกดินตามระดับการเสื่อมโทรมทางชีวภาพ

	ระดับความเสื่อมโทรม				
	Very low	Low	Moderate	High	Very High
BDI	0-0.3	0.3-0.6	0.6-1	1-2.5	>2.5

ที่มา: José *et al.* (2006)

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นาย นครินทร์ สบประสงค์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	10 กันยายน 2526
สถานที่เกิด	จังหวัดนครสวรรค์
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี 2549