# วิทยานิพนธ์

## ลักษณะ และสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินที่สูง ในบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

## CHARACTERISTICS AND FERTILITY CAPABILITY OF HIGHLAND SOILS IN KHAO KHO AREA, PHETCHABUN PROVINCE

นายบรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551

# ใบรับรองวิทยานิพนธ์

## บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)

**ปริญญา**

| ปฐพีวิทยา | ปฐพีวิทยา |
|---|---|
| **สาขา** | **ภาควิชา** |

**เรื่อง** ลักษณะ และสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินที่สูง ในบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

Characteristics and Fertility Capability of Highland Soils in Khao Kho Area, Phetchabun Province

**นามผู้วิจัย** นายบรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์

**ได้พิจารณาเห็นชอบโดย**

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก** .....

( ศาสตราจารย์เอิบ เขียวรื่นรมณ์, Ph.D. )

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม** .....

( รองศาสตราจารย์อัญชลี สุทธิประการ, Ph.D. )

**อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม** .....

( รองศาสตราจารย์สุวพงษ์ สวัสดิ์พาณิชย์, Ph.D. )

**หัวหน้าภาควิชา** .....

( รองศาสตราจารย์อัญชลี สุทธิประการ, Ph.D. )

**บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว**

.....

( รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A. )

**คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย**

**วันที่** 20 **เดือน** เมษายน **พ.ศ.** 2551

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

# ลักษณะ และสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินที่สูง ในบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

# Characteristics and Fertility Capability of Highland Soils in Khao Kho Area, Phetchabun Province


โดย

นายบรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์


เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์)
พ.ศ. 2551

บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์ 2551: ลักษณะ และสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินที่สูง ในบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาปฐพีวิทยา ภาควิชาปฐพีวิทยา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ศาสตราจารย์เอิบ เขียวรื่นรมณ์, Ph.D. 201 หน้า

การศึกษาลักษณะ และสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินที่สูง ในบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ทำโดยคัดเลือกดินที่เป็นตัวแทน 6 บริเวณ ตามระดับความสูงตั้งแต่ 724-942 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง วิธีการศึกษาประกอบด้วยการวิเคราะห์สัณฐานวิทยาของดินในสนาม และการวิเคราะห์ตัวอย่างดินทางด้านจุล-สัณฐานวิทยา ทางกายภาพ เคมี และแร่วิทยาในห้องปฏิบัติการตามวิธีมาตรฐาน กับประเมินความอุดมสมบูรณ์และสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน

ผลการศึกษาพบว่าดินเป็นดินลึกปานกลางถึงลึกมาก วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนตกค้าง และตะกอนคาดเชิงเขา ที่สลายตัวมาจากหินไรโอลิติกทัฟฟ์ แอนดีซิติกทัฟฟ์ และหินเกรย์แวก ทุกพีดอนพบคราบดินเหนียวตามผนังช่องว่าง และสะสมเป็นจุดขนาดใหญ่ในชั้นดินล่าง พัฒนาการของดินอยู่ในขั้นปานกลางถึงสูง สมบัติทางกายภาพของเนื้อดินละเอียดไม่เป็นข้อจำกัดในการใช้ทางการเกษตร ดินมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีค่าปฏิกิริยาดินอยู่ในช่วงที่เป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดปานกลาง (pH 4.2-6.0) ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำมากถึงสูง (1.8-42.1 g $kg^{-1}$) ปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง (0.25-2.38 g $kg^{-1}$) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำปานกลาง (0.02-9.31 mg $kg^{-1}$) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงมาก (10.7-249.0 mg $kg^{-1}$) ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับต่ำปานกลางถึงสูง (7.35-28.72 cmol $kg^{-1}$) ค่าความเป็นกรดที่สกัดได้อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (4.30-14.32 cmol $kg^{-1}$) ค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมินัม มีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.45-92.45 และค่าร้อยละการอิ่มตัวเบสอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (3.3-62.2%) โดยดินส่วนใหญ่มีแร่เคโอลิไนต์เป็นแร่หลักในอนุภาคขนาดดินเหนียว และแร่ควอตซ์เป็นแร่หลักในกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้ง ดินจัดอยู่ในในกลุ่มดิน Paleudults 4 บริเวณ Paleudalf และ Hapludalf กลุ่มดินละ 1 บริเวณ

ดินมีหน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ Chk 2 บริเวณ Lh, Ch, L'hk และ LCak หน่วยละ 1 บริเวณ และพบว่ามีหน่วยแบบ Cak อีก 1 หน่วย จากการเก็บตัวอย่างเพิ่มเติม ข้อจำกัดของดินเหล่านี้คือมีปฏิกิริยาเป็นกรด ขาดธาตุฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม และอะลูมินัมเป็นพิษ อาจเลือกใช้ดินทำการเกษตรได้แต่ต้องมีการจัดการเรื่องธาตุอาหารพืช และควรใช้ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมีร่วมกับการใส่ปูน สภาพการใช้ที่ดินที่เหมาะสมที่สุดคือ ให้ดินอยู่ในสภาพป่าหรือพืชตามธรรมชาติปกคลุม หรือโดยใช้ในระบบวนเกษตร และต้องมีมาตรการเชิงอนุรักษ์ดินและน้ำ กับการรักษาสภาพแวดล้อมของป่าไม้ธรรมชาติที่ดี เพื่อความยั่งยืนทางชีวกายภาพของระบบ

บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์ 24 / ก.ย. / 2551

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Bhannapitch Samrit 2008: Characteristics and Fertility Capability of Highland Soils in Khao Kho Area, Phetchabun Province. Master of Science (Agriculture), Major Field: Soil Science, Department of Soil Science. Thesis Advisor: Professor Irb Kheoruenromne, Ph.D. 201 pages.

A study on characteristics and fertility capability of highland soils in Khao Kho area, Phetchabun Province was conducted on six representative locations of soils in the elevation range of 724 to 942 meters above mean sea level. Method of study included soil field morphology analysis and laboratory analyses of soil samples on their micromorphological characteristics, physical, chemical and mineralogical properties according to standard methods and assessment of their fertility and fertility capability.

Results of the study revealed that these soils are moderately deep to very deep. The soils have developed on residuum and colluvium derived from weatherd rhyolitic tuff, andesitic tuff and greywacke. All soils have clay coatings on pore walls and as large accumulation spots in their subsoils. They are moderately to well developed. Physical properties of fine earths in these soil do not pose any problem for agricultural uses. Most of them have medium fertility with extremely to moderately acid (pH 4.2-6.0), very low to high organic matter content (1.8-42.1 g $kg^{-1}$), very low to medium total nitrogen (0.25-2.38 g $kg^{-1}$), very low to moderately low available phosphorus (0.02-9.31 mg $kg^{-1}$) very low to very high available potassium (10.7-249.0 mg $kg^{-1}$), moderately low to high CEC (7.35-28.72 cmol $kg^{-1}$), medium to high extractable acidity (4.30-14.32 cmol $kg^{-1}$). Their aluminum saturation is in the range of 0.45-92.45 percent and they have low to medium base saturation percentange (3.3-62.2 %). The major clay mineral in most of these soils is kaolinite and their silt fraction is clearly dominated by quartz. These soils are Paleudults for four areas, Paleudalf and Hapludalf each for one area.

Their Fertility Capability units include Chk for two areas and Lh, Ch, L'hk and LCak each for one area, with a unit of Cak by additional sampling. Their limitation comprises acidity, low phosphorus and potassium, and aluminum toxicity. Selective agricultural uses can be made but plant nutrients management practice and the combining use of green manure, barn manure, mineral fertilizer and liming to improve soil fertility are needed. The most suitable land use on these highland soils is forest cover, being under natural vegetation cover or agroforestry and measures for soil and water conservations and good natural forest environment protection are needed to sustain their biophysical systems.

Bhannapitch Samrit — Student's signature

Irb Kheoruenromne 24 April 2008 — Thesis Advisor's signature

# กิตติกรรมประกาศ

*"อีกหนึ่งของความสำเร็จ"* วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี ก็เนื่องด้วยความเมตตาจาก ศ. ดร. เอิบ เขียวรื่นรมณ์ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก) รศ. ดร. อัญชลี สุทธิประการ และ รศ. ดร. สุวพงษ์ สวัสดิ์พาณิชย์ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม) ดร. พิชิต พงษ์สกุล (ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก) รศ. ดร. จงรักษ์ จันทร์เจริญสุข (ประธานการสอบ) ที่กรุณาแนะนำทั้งในด้านการเรียน การทำวิทยานิพนธ์ และได้กรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น รวมถึงคณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยาทุกท่านทั้งวิทยาเขตบางเขนและกำแพงแสนที่มอบองค์ความรู้ด้านปฐพีวิทยา และขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่มอบทุนสนับสนุนงานวิจัยในการทำวิทยานิพนธ์นี้

*"อีกหนึ่งของความประทับใจ จากความเมตตา"* ขอบพระคุณสำหรับความช่วยเหลือและคำปรึกษาจาก อ. ประมวลพงษ์ สินธุเสน คุณชาญชัย ศิริภาส ดร. วันเพ็ญ วิริยะกิจนทีกุล และเจ้าหน้าที่กรมพัฒนาที่ดินทุกท่านที่ช่วยเหลือในส่วนของจุลสัณฐานวิทยาและแร่วิทยา ผศ. พิบูลย์ กังแฮ ดร. สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม ดร. ศุภิฌา ธนะจิตต์ สำหรับการช่วยเหลือในการสำรวจพื้นที่และเก็บตัวอย่างดิน ขอบพระคุณสำหรับคำแนะนำที่ดีจาก ดร. ปุญญิศา ตระกูลยิ่งเจริญ ดร. นภาพร วงษ์โพธิ์ขอม ดร. ณัฐพร ประคองเก็บ คุณจุฑามาศ แก้วมโน คุณกมลวรรณ เหล่าพูลกิจ และคุณลดาวัลย์ นักฟ้อน

*"อีกหนึ่งของความรัก ความเข้าใจ และความผูกพัน"* ขอบคุณสำหรับกำลังใจในความเป็นเพื่อนที่ช่วยเหลือ และร่วมเส้นทางกันมาจาก ยุชวงศ์ นิรันตสุข ศิริพงศ์ กุฎี ณัฐพล จิตมาตย์ ภวิศณัฏฐ์ ธนัชชายศอนันต์ โกศล เคนทะ อัญรัตน์ ทองคงหาญ บุญกาย บุญภา ดนัย อาติเกิด ฤทัย พริกมาก สรัลรัตน์ แตงบุญอยู่ อารยา นุชนารถ วรชาติ วิศวพิพัฒน์ และเพื่อน พี่ น้อง ชาวปฐพีวิทยาทุกท่านที่ไม่สามารถเขียนลงไว้ ณ ที่นี้ได้

และ *"อีกหนึ่งที่มากกว่าความรัก ความเข้าใจ ความห่วงใย ความปรารถนาดี และความผูกพัน"* สำหรับ อดีต ปัจจุบัน และอนาคต ที่ข้าพเจ้าไม่เคยลืมเลือนไปจากใจ ที่ทำให้ข้าพเจ้ามีความหวัง กำลัง และพลังใจอันยิ่งใหญ่ จากคุณพ่อสังเวย สัมฤทธิ์ คุณแม่สงวน สัมฤทธิ์ พี่สาวทั้งสอง ร้อยเอกหญิง จีระพร สัมฤทธิ์ และพจน์จนาฏ สัมฤทธิ์ ขอขอบพระคุณทุกสิ่งทุกอย่างที่มอบให้แก่ลูกและน้องชายคนนี้ รวมถึงยาย ลุง ป้า อา และน้า ที่คอยสนับสนุนในการศึกษาจึงทำให้ข้าพเจ้ามีวันวาน วันนี้ และวันต่อไป

บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์
เมษายน 2551

# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| สารบัญ | (1) |
| สารบัญตาราง | (2) |
| สารบัญภาพ | (4) |
| คำนำ | 1 |
| วัตถุประสงค์ | 3 |
| การตรวจเอกสาร | 4 |
| อุปกรณ์และวิธีการ | 26 |
| อุปกรณ์ | 26 |
| วิธีการ | 26 |
| ผลการศึกษาและวิจารณ์ | 40 |
| สรุปและข้อเสนอแนะ | 127 |
| สรุป | 127 |
| ข้อเสนอแนะ | 131 |
| เอกสารและสิ่งอ้างอิง | 132 |
| ภาคผนวก | 154 |
| ประวัติการศึกษา | 201 |

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**


| | | |
|---|---|---|
| 1 | ข้อมูลชุมชนบนพื้นที่สูงในประเทศไทย จำแนกรายการตามจังหวัด | 7 |
| 2 | ข้อมูลชุมชนบนพื้นที่สูงในประเทศไทย จำแนกรายการตามเผ่า | 8 |
| 3 | พื้นที่หน่วยแผนที่ดินที่ลาดชันเชิงซ้อน ซึ่งมีความลาดเทมากกว่าร้อยละ 35 ในจังหวัดต่างๆ ที่มีชุมชนบนที่สูง | 10 |
| 4 | ลักษณะทั่วไปของดินที่สูงที่ทำการศึกษา | 41 |
| 5 | สภาพแวดล้อมทั่วไปของดินที่สูงที่ทำการศึกษา | 42 |
| 6 | สัณฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่สูงในบริเวณที่ทำการศึกษา | 43 |
| 7 | จุลสัณฐานวิทยาของดินที่สูง ที่ทำการศึกษา | 76 |
| 8 | ผลการวิเคราะห์และปริมาณองค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวและทรายแป้ง ของดินที่ทำการศึกษา | 110 |
| 9 | ผลการจำแนกดินที่สูง | 118 |
| 10 | ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่สูงที่ทำการศึกษา ประเมินโดยใช้สมบัติทางเคมีบางประการ | 123 |
| 11 | สมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินที่สูงที่ทำการศึกษา จำแนกโดยใช้สมบัติทางกายภาพ เคมี และแร่วิทยาบางประการ | 124 |


**ตารางผนวกที่**


| | | |
|---|---|---|
| 1 | ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของบริเวณพื้นที่ทำการศึกษา | 176 |
| 2 | สมบัติทางกายภาพของดินที่สูงที่ทำการศึกษา | 179 |
| 3 | สมบัติทางเคมีของดินที่สูงที่ทำการศึกษา | 181 |
| 4 | ปริมาณเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีส ที่สกัดด้วยไดไธโอไนต์-ซิเตรต-ไบคาร์บอเนต, ออกซาเลต และไพโรฟอสเฟต ของดินที่สูงที่ทำการศึกษา | 185 |
| 5 | การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน | 188 |
| 6 | ข้อจำกัดต่างๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน | 189 |

# สารบัญตาราง (ต่อ)


| ตารางผนวกที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 7 | เกณฑ์การแบ่งระดับปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ | 192 |
| 8 | เกณฑ์การแบ่งระดับความหนาแน่นรวมของดิน | 193 |
| 9 | ชั้นของสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ | 193 |
| 10 | วิธีการคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการประเมินจากผลการวิเคราะห์ดิน | 194 |
| 11 | สมบัติของดินทั่วไปเปรียบเทียบกับดินเค็ม ดินเค็มโซดิก และดินโซดิก | 194 |
| 12 | X-ray diffraction spacing obtained from (001) planes of layer-silicate species as related to sample treatment | 195 |

# สารบัญภาพ


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 1 | พื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน ในประเทศไทย | 9 |
| 2 | แสดงขอบเขตบริเวณที่ทำการศึกษา และจุดเก็บตัวอย่าง | 27 |
| 3 | ปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิสูงสุดลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณการคายระเหยน้ำ ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2549 ในบริเวณจังหวัดเพชรบูรณ์ | 37 |
| 4 | แสดงลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 1 | 47 |
| 5 | แสดงลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 2 | 49 |
| 6 | แสดงลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 3 | 51 |
| 7 | แสดงลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 4 | 53 |
| 8 | แสดงลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 5 | 56 |
| 9 | แสดงลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 6 | 58 |
| 10 | แสดงลักษณะทางศิลาวรรณาของหินแอนดีซิติกทัฟฟ์ (andisitic tuff) และหินเกรย์แวก (greywacke) ในบริเวณพื้นที่ทำการศึกษา | 62 |
| 11 | แสดงลักษณะจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 1 และ 3 | 64 |
| 12 | แสดงลักษณะจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 2 | 66 |
| 13 | แสดงลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 4 | 69 |
| 14 | แสดงลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 5 | 71 |
| 15 | แสดงลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 6 | 73 |
| 16 | ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคขนาดทราย อนุภาคขนาดทรายแป้ง และอนุภาคขนาดดินเหนียว กับความลึกของดินที่สูงที่ทำการศึกษา | 82 |
| 17 | ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการแจกกระจายของขนาดอนุภาคในแต่ละชั้นดินของดินที่สูงที่ทำการศึกษา | 82 |
| 18 | การจำแนกประเภทเนื้อดิน ตามสัดส่วนโดยมวลของอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ของดินที่สูงที่ทำการศึกษา | 83 |
| 19 | ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวมกับความลึกของดินที่สูงที่ทำการศึกษา | 84 |
| 20 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำ กับชั้นกำเนิดดินตามระดับความลึกของดินที่สูงที่ทำการศึกษา | 86 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 21 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปฏิกิริยาดินที่วัดในน้ำ และในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ และผลต่างระหว่างค่าปฏิกิริยาดินที่วัดในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์กับในน้ำ กับความลึกของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา | 88 |
| 22 | ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณไนโตรเจนรวม กับความลึกของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา | 90 |
| 23 | ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์กับความลึกของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา | 92 |
| 24 | ความสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมที่สกัดได้ ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ กับความลึกของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา | 94 |
| 25 | ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้กับความลึกของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา | 95 |
| 26 | ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ ความเป็นกรดที่สกัดได้ และปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้ กับความลึกของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา | 98 |
| 27 | ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะลูมินัม และปริมาณกรดที่สกัดได้ กับ pH-KCl และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้กับปริมาณกรดที่สกัดได้ของดินที่ทำการศึกษา | 98 |
| 28 | ความสัมพันธ์ระหว่างความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนประสิทธิผล กับความลึกของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา | 100 |
| 29 | ความสัมพันธ์ระหว่างค่าการนำไฟฟ้า และค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วยอะลูมินัม กับความลึกของดินที่สูงที่ทำการศึกษา | 101 |
| 30 | ความสัมพันธ์ระหว่างเหล็กที่สกัดได้ด้วย dithionite-citrate-bicarbonate ($Fe_d$), ammonium oxalate ($Fe_o$) และ sodium pyrophosphate ($Fe_p$) กับความลึกของดินตามชั้นกำเนิดดินที่สูงที่ทำการศึกษา | 104 |
| 31 | ความสัมพันธ์ระหว่างอะลูมินัมที่สกัดได้ด้วย dithionite-citrate-bicarbonate ($Al_d$), ammonium oxalate ($Al_o$) และ sodium pyrophosphate ($Al_p$) กับความลึกของดินตามชั้นกำเนิดดินที่สูงที่ทำการศึกษา | 106 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 32 | ความสัมพันธ์ระหว่างแมงกานีสที่สกัดได้ด้วย dithionite-citrate-bicarbonate ($Mn_d$), ammonium oxalate ($Mn_o$) และ sodium pyrophosphate ($Mn_p$) กับความลึกของดินตามชั้นกำเนิดดินที่สูงที่ทำการศึกษา | 108 |
| 33 | ลักษณะภูมิประเทศ หน้าตัดดิน และรายละเอียดของพื้นที่ที่ทำการศึกษาเพิ่มเติมที่ระดับความลึก 0-100 เซนติเมตร บริเวณอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ | 119 |


**ภาพผนวกที่**


| | | |
|---|---|---|
| 1 | กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว ของดินพีดอน 1 ชั้น Bt3 ช่วงความลึก 81-103 เซนติเมตร | 196 |
| 2 | กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว ของดินพีดอน 2 ชั้น Bt1 ช่วงความลึก 51-72 เซนติเมตร | 196 |
| 3 | กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว ของดินพีดอน 3 ชั้น Bt3 ช่วงความลึก 56-81 เซนติเมตร | 197 |
| 4 | กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว ของดินพีดอน 4 ชั้น Btc ช่วงความลึก 60-82 เซนติเมตร | 197 |
| 5 | กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว ของดินพีดอน 5 ชั้น 2Bt4 ช่วงความลึก 90-115 เซนติเมตร | 198 |
| 6 | กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว ของดินพีดอน 6 ชั้น Bt ช่วงความลึก 25-39/50 เซนติเมตร | 198 |
| 7 | กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้ง ของดินพีดอน 3 ชั้น Bt5 ช่วงความลึก 25-39/50 เซนติเมตร | 199 |
| 8 | กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้ง ของดินพีดอน 4 ชั้น 2Bt2 ช่วงความลึก 112-142 เซนติเมตร | 199 |
| 9 | กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้ง ของดินพีดอน 5 ชั้น 2Bt4 ช่วงความลึก 90-115 เซนติเมตร | 200 |

# สารบัญภาพ (ต่อ)


| ภาพผนวกที่ | | หน้า |
|---|---|---|
| 10 | กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้ง ของดินพีดอน 6 ชั้น Ap ช่วงความลึก 0-25 เซนติเมตร | 200 |

# ลักษณะ และสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินที่สูง ในบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

# Characteristics and Fertility Capability of Highland Soils in Khao Kho Area, Phetchabun Province

## คำนำ

ดินเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญยิ่งทางการเกษตร เพราะดินเป็นปัจจัยสำคัญของการเพาะปลูก เป็นแหล่งผลิตพืชพรรณธัญญาหาร ในการยังชีพของมวลมนุษย์ แต่ในปัจจุบันมักได้ยินอยู่เสมอว่าดินเสื่อมคุณภาพ ดินขาดความอุดมสมบูรณ์ เนื่องจากการใช้ที่ดินโดยไม่มีการบำรุงรักษา ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ประชากรร้อยละ 60 ประกอบอาชีพทางการเกษตร แต่เนื่องจากทรัพยากรดินของประเทศมีอยู่อย่างจำกัด และนับวันจะเกิดการขาดแคลนยิ่งขึ้น อันเนื่องมาจากจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้น และการเจริญเติบโตทางภาคอุตสาหกรรมขยายตัวขึ้นอย่างรวดเร็ว ทำให้มีการใช้ทรัพยากรดินเพิ่มมากยิ่งขึ้น (สถิระ, 2547) รวมไปถึงการวางแผนพัฒนาประเทศโดยขาดฐานความรู้ของการใช้ที่ดินให้ถูกต้องก่อให้เกิดปัญหาการใช้ที่ดินไม่เป็นธรรมและผิดประเภท มีการบุกรุกป่าไม้เพื่อนำมาเป็นพื้นที่เกษตรกรรม ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมของพื้นที่ป่าไม้และต้นน้ำลำธาร (ไพบูลย์, 2543) ส่งผลกระทบต่อความสัมพันธ์ระหว่างดิน น้ำ และพืช (สมเจตน์, 2532) ภาคเหนือเป็นภูมิภาคหนึ่งที่ประสบปัญหาดังกล่าว โดยเฉพาะบริเวณพื้นที่สูง ซึ่งเป็นบริเวณที่ลาดชันเชิงซ้อน มีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 35 เป็นเนินเขาหรือเทือกเขาต่าง ๆ ซับซ้อน ซึ่งมีเนื้อที่ประมาณ 54 ล้านไร่หรือร้อยละ 50.9 ของเนื้อที่ทั้งภาค (กองวางแผนการใช้ที่ดินและกองสำรวจและจำแนกดิน, 2538) และมีศักย์ในการพังทลายของดินสูงมาก (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2524) เป็นบริเวณที่มีการศึกษาดินน้อย และถูกจัดว่าเป็นดินที่มีศักยภาพต่ำ ไม่ควรนำมาใช้ (กองสำรวจดิน, 2522) มีข้อจำกัดของพื้นที่คือ มีความอุดมสมบูรณ์ของดินค่อนข้างต่ำ ความสามารถของดินที่จะรองรับการผลิตทางการเกษตรได้ต่ำ (พรเทพ, 2541) ได้มีการศึกษาดินในบางพื้นที่ของพื้นที่สูงทางภาคเหนือ (พิบูลย์, 2526; กองสำรวจดิน, 2530; สุนันท์ และเล็ก, 2530; กองสำรวจดิน, 2537; สุนทร และคณะ, 2540; พรเทพ, 2541; พิชัย, 2542; ดุสิต และคณะ, 2542; นิวัติ, 2546; Pinthong *et al.*, 1994) โดยพื้นที่บริเวณกว้างขวางเป็นที่อยู่อาศัยและที่ทำกินของชาวเขาที่มีการเคลื่อนย้ายอยู่ตลอดเวลา ทำให้พื้นที่สูงมีปัญหาหลายด้าน เช่น ปัญหาการบุกรุก

ทำลายป่าต้นน้ำลำธารเพื่อการทำไร่เลื่อนลอย ก่อให้เกิดการกร่อนของหน้าดิน และสูญเสียความอุดมสมบูรณ์ของดินอย่างต่อเนื่อง ซึ่งนับวันจะเพิ่มขึ้นอีกในอนาคต (กองวางแผนการใช้ที่ดิน และกองสำรวจและจำแนกดิน, 2538)

เขาค้อ เป็นอำเภอหนึ่งของจังหวัดเพชรบูรณ์ ที่อยู่ในโครงการพัฒนาพื้นที่สูงภาคเหนือ พื้นที่ประสบกับปัญหาดังกล่าวข้างต้นอย่างรุนแรง ซึ่งจากปัญหาดังกล่าวมีผลต่อสมบัติทางกายภาพ เคมี และแร่วิทยาของดิน (พิชัย, 2542) แต่ก็เป็นการยากที่จะเลี่ยงการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ดังกล่าวนี้ เนื่องจากความกดดันด้านการใช้ที่ดินเพิ่มขึ้นจากจำนวนประชากรบนพื้นที่สูงที่เพิ่มขึ้น (สุทธิ, 2527) การศึกษาถึงลักษณะของดินเพื่อรวบรวมข้อมูลทางกายภาพ ทางเคมี และแร่วิทยาของดิน รวมถึงสภาพแวดล้อมและการใช้ประโยชน์ของที่ดิน และประเมินสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินที่สูงในบริเวณดังกล่าวนี้น่าจะเป็นประโยชน์ในการวางแผนการใช้ที่ดินได้

การจำแนกดินออกเป็นหมวดหมู่จะทำให้การจัดการดินเพื่อการปลูกพืชเป็นไปได้ง่ายขึ้น จึงได้เลือกพื้นที่สูงในบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ เป็นพื้นที่ศึกษาเพื่อที่จะใช้ข้อมูลที่ได้กำหนดแนวทางในการวางแผนการใช้ที่ดิน และการจัดการดินทางการเกษตรอย่างเหมาะสม และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นในการปลูกพืช ตลอดจนนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นพื้นฐานในการถ่ายทอดเทคโนโลยีทางการเกษตร ตลอดจนการอนุรักษ์ดินเป็นไปอย่างรัดกุมและเหมาะสมต่อไปในอนาคต

# วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาและรวบรวมข้อมูลทางกายภาพ ทางเคมี และแร่วิทยาของดินที่สูง บริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

2. วิเคราะห์ลักษณะการเกิดดิน และความสัมพันธ์ของลักษณะดินกับสภาพภูมิประเทศและจำแนกดิน

3. เพื่อประเมินสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน และศักยภาพของดินที่สูง ในบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการพิจารณาวางแผนเพื่อการใช้ประโยชน์ที่ดินและจัดการดินในการปลูกพืชต่อไปในอนาคต

# การตรวจเอกสาร

## 1. ความหมายของพื้นที่สูง

พื้นที่สูง (highland areas) หมายถึง ภูเขา ซึ่งมีความหมายว่า พื้นที่ที่มีระดับสูงขึ้นจากบริเวณรอบ ๆ ตั้งแต่ 600 เมตรขึ้นไป (ราชบัณฑิตสถาน, 2523) เป็นบริเวณที่มีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 35 เนื่องจากเป็นพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน (กองสำรวจดิน, 2529; กองวางแผนการใช้ที่ดิน และกองสำรวจและจำแนกดิน, 2538) แต่จากรายงานผลการสัมมนาการเกษตรภาคเหนือ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2524) ได้กำหนดให้พื้นที่สูงเป็นพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 700 เมตรขึ้นไป โดยเนื่องจากมีลักษณะเด่นของพื้นที่ คือ

1) สภาพพื้นที่ที่สูงกว่า 700 เมตร จากระดับทะเลปานกลางโดยระดับความสูงนี้เป็นจุดที่ผิวหน้าภูมิประเทศที่มีลักษณะโค้งเว้า (concave) จากอิทธิพลของการกร่อนโดยน้ำเริ่มเปลี่ยนเป็นโค้งนูน (convex)

2) พื้นที่มีความลาดชันสูงกว่าร้อยละ 35 แทบทั้งสิ้น

3) ดินมีความชื้นเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของปริมาณการตกของฝนและความชื้นของดินบริเวณตอนบน

4) ดินมีพัฒนาการค่อนข้างมาก

วิชา (2530) ได้กำหนดว่าพื้นที่สูง ควรที่จะเริ่มจากความสูงจากระดับทะเลปานกลางประมาณ 800 เมตร ขึ้นไป โดยให้เหตุผลดังนี้

1) ลักษณะของดินที่มีพัฒนาการค่อนข้างมากจนเป็นดินที่มีครบทุกชั้น

2) สภาพพื้นที่มีความลาดชันสูงมากกว่าร้อยละ 35 และเป็นจุดที่มีความลาดชันเปลี่ยนจากโค้งเว้าเป็นโค้งนูน

3) เริ่มมีการแสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของข้อมูลทางลักษณะอากาศที่สำคัญ เช่น ปริมาณฝนที่ตกเพิ่มขึ้น ความชื้นสัมพัทธ์ที่สูงขึ้น อุณหภูมิของอากาศที่ลดต่ำลง ความเร็วลมที่มากขึ้น และการระเหยน้ำที่ลดลงจากพื้นที่ที่ต่ำกว่า

4) ลักษณะของป่าไม้ที่ขึ้นปกคลุมจะเริ่มมีการเปลี่ยนจากสังคมพืชที่เป็นป่าผลัดใบเป็นป่าไม่ผลัดใบ

ความหมายของพื้นที่สูงที่มีผู้เสนอไว้ข้างต้นนี้ จะใช้เป็นแนวทางในการกำหนดพื้นที่ศึกษาและเก็บตัวอย่างดิน ในการทำการศึกษาในหัวข้อเกี่ยวกับดินที่สูง บริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

**2. ความสำคัญและการใช้ประโยชน์ของพื้นที่สูง**

พื้นที่สูงในปัจจุบันมีความสำคัญต่อมนุษย์มาก ทั้งในด้านการใช้พื้นที่ทางการเกษตร แหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังน้ำ สถานที่ท่องเที่ยวและที่สำคัญเป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร ปัจจุบันมีการใช้พื้นที่สูงเพื่อการเกษตรกันมาก ซึ่งก่อให้เกิดความเสื่อมโทรมกับดินในพื้นที่สูงเองจากการกร่อนดินที่เกิดขึ้นง่ายและรุนแรง และยังก่อให้เกิดผลเสียหายที่ต่อเนื่องสู่พื้นที่ต่ำที่อยู่ตอนล่าง เช่นเกิดน้ำท่วม แผ่นดินถล่มและความแห้งแล้ง ทำให้เกิดความเสียหายทั้งชีวิตและทรัพย์สินมากมายมหาศาลในแต่ละปี โดยเกิดขึ้นบ่อยครั้ง และก่อความเสียหายในพื้นที่กว้างขวางมากขึ้นทุกปี (พิบูลย์, 2549) โดยส่วนใหญ่พื้นที่สูงจะเป็นพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งการบุกรุกทำลายป่าไม้เพื่อการใช้ประโยชน์ที่ดินดังกล่าวจะมีผลต่อสมดุลของน้ำ และเกิดความเสื่อมโทรมทั้งสมบัติทางกายภาพ และเคมีของดิน (Siebert, 1987; Gibson *et al.,* 1988; Saunders *et al.,* 1991; Ojima *et al.,* 1994) นอกจากปัญหาดินเสื่อมโทรมแล้ว การทำลายป่าต้นน้ำลำธารนี้จะทำให้ไม่มีป่าไม้ปกคลุมพื้นผิวดิน ทำให้เกิดการพังทลายของดินลงสู่ลำห้วย ลำธาร แม่น้ำ ลำคลอง ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เป็นลูกโซ่ (chain-environmental problems) ติดตามมาอย่างมากมาย (เกษม และคณะ, 2531) เช่น 1) คุณภาพของน้ำในลำธารเสียทั้งทางด้านกายภาพ ด้านเคมีและด้านชีวภาพไม่สามารถใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภคได้ตามปกติ 2) สัตว์น้ำล้มตายสูญพันธุ์ไปหรือทำลายอาชีพการประมงหรือเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำมีผลทำให้ผลผลิตทางด้านสัตว์น้ำลดลง 3) ทำให้เกิดการสะสมของตะกอนมากขึ้น และรวดเร็วมากขึ้นในเขื่อนทำให้มีปริมาณน้ำในเขื่อนน้อย ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพของการผลิตไฟฟ้าหรือชลประทาน รวมทั้งยังทำให้อายุของการใช้เขื่อนลดลงอย่างรวดเร็ว 4) ลำห้วย ลำธารตื้นเขินไม่สามารถให้น้ำระบายได้ทันในช่วงฤดูฝนทำให้เกิดอุทกภัยได้ง่ายขึ้นและรุนแรงมากขึ้น 5) ทำให้เกิดภาวะแห้งแล้ง

เนื่องจากความสามารถในการกักเก็บน้ำของดินบริเวณต้นน้ำลำธารลดน้อยลง จนไม่สามารถปลดปล่อยน้ำให้ไหลในช่วงฤดูแล้งอีกด้วย เป็นต้น เป็นการยากที่จะเลี่ยงการใช้พื้นที่สูงดังกล่าว เนื่องจากมีจำนวนประชากรบนพื้นที่สูงเพิ่มมากขึ้น สำหรับในประเทศไทย กรมประชาสงเคราะห์รายงานไว้ในปี พ.ศ. 2540 มีประชากรทั้งชาวเขาและชาวไทยพื้นราบอาศัยอยู่บนพื้นที่สูงถึง 853,274 คน ดังแสดงในตารางที่ 1 และ 2 และจากการสำรวจในปี พ.ศ. 2545 กรมพัฒนาสังคมและสวัสดิการ รายงานว่ามีผู้อาศัยอยู่บนพื้นที่สูงถึง 1,203,194 คน ด้วยเหตุนี้เองจึงอาจจำเป็นต้องมีการใช้พื้นที่สูงเพื่อการเกษตรต่อไป เพื่อให้ประชากรบนพื้นที่สูงได้มีอาชีพเลี้ยงตนเอง

ในการศึกษาดินที่สูงของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ และภาควิชาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (พิบูลย์, 2549) กำหนดให้ดินที่อยู่ระดับความสูง 700 เมตรจากระดับทะเลปานกลางขึ้นไปเป็นพื้นที่สูง (highland areas) ส่วนในบริเวณพื้นที่ที่มีความลาดชันมากกว่า ร้อยละ 35 และมีความสูงน้อยกว่า 700 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง กำหนดให้เป็นพื้นที่ไหล่เขาและเรียกดินในพื้นที่นี้ว่าดินไหล่เขา (hillslope soils) และดินไหล่เขานี้ก็อยู่ในขอบเขตของการศึกษาดินที่สูงในปัจจุบันด้วย จากการรายงานของกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ซึ่งรายงานไว้ในการศึกษาวางแผนการใช้ประโยชน์พื้นที่สูงเมื่อปี พ.ศ. 2536-2538 พบว่ามีการใช้พื้นที่ในพื้นที่สูงและพื้นที่ไหล่เขามากกว่า 12.8 ล้านไร่

จากผลสำรวจของกรมพัฒนาที่ดินได้รวมพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อนที่มีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 35 ซึ่งจัดว่าเป็นพื้นที่สูงและพื้นที่ไหล่เขาในประเทศไทยด้วย พบว่าจากพื้นที่ของประเทศไทยทั้งหมด 320.7 ล้านไร่ มีพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อนมีความลาดชันมากกว่าร้อยละ 35 ประมาณ 97 ล้านไร่ หรือร้อยละ 30 ของพื้นที่ประเทศ ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งส่วนใหญ่มีศักยภาพทางการเกษตรต่ำ และง่ายจากการเสื่อมโทรมจากการกร่อนดิน (พรเทพ, 2541) ดังรายละเอียดการกระจายของพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อนของจังหวัดต่าง ๆ ที่มีชุมชนบนพื้นที่สูง ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งโดยส่วนใหญ่อยู่บริเวณภาคเหนือ สำนักการเกษตรภาคเหนือ รายงานว่าภาคเหนือซึ่งมีพื้นที่ทั้งหมด 106.25 ล้านไร่นั้น มีพื้นที่ที่อยู่สูงจากระดับทะเลปานกลาง 700 เมตรขึ้นไปถึง 40.68 ล้านไร่ ซึ่งมีการทำการเกษตรมาก โดยเฉพาะในเขตที่สูงตอนกลางบริเวณเขาค้อ จังเพชรเพชรบูรณ์ และภูเรือของจังหวัดเลย (พิบูลย์, 2549)

ปัจจุบันพบว่าได้มีหน่วยงานของภาครัฐบาล ได้เข้ามามีส่วนร่วมในการพัฒนาการเกษตรบนพื้นที่สูง เนื่องจากว่าอุณภูมิบนพื้นที่สูงมีอุณหภูมิอากาศต่ำลง มีผลต่อช่วงฤดูปลูกพืชตามปกติ

**ตารางที่ 1** ข้อมูลชุมชนบนพื้นที่สูงในประเทศไทย จำแนกรายการตามจังหวัด

| จังหวัด | กลุ่มบ้าน | ครัวเรือน | ชาย | หญิง | ประชากรรวม |
|---|---|---|---|---|---|
| กาญจนบุรี | 97 | 5,935 | 14,726 | 14,007 | 28,733 |
| ประจวบคีรีขันธ์ | 3 | 261 | 722 | 609 | 1,331 |
| เพชรบุรี | 12 | 651 | 1,975 | 1,684 | 3,659 |
| ราชบุรี | 29 | 1,785 | 4,282 | 4,025 | 8,307 |
| สุพรรณบุรี | 15 | 885 | 1,990 | 1,941 | 3,931 |
| กำแพงเพชร | 28 | 1,254 | 4,344 | 4,269 | 8,613 |
| เชียงราย | 513 | 25,398 | 75,657 | 75,727 | 151,384 |
| เชียงใหม่ | 1,502 | 52,533 | 139,194 | 133,633 | 272,827 |
| ตาก | 465 | 17,950 | 49,195 | 48,594 | 97,789 |
| น่าน | 233 | 11,754 | 42,035 | 40,106 | 82,141 |
| พิษณุโลก | 7 | 799 | 2,830 | 2,703 | 5,533 |
| เพชรบูรณ์ | 17 | 1,658 | 5,624 | 6,211 | 11,835 |
| แพร่ | 22 | 2,134 | 5,406 | 5,134 | 10,540 |
| แม่ฮ่องสอน | 576 | 19,408 | 52,428 | 50,037 | 102,465 |
| ลำปาง | 68 | 2,306 | 6,655 | 6,425 | 13,080 |
| ลำพูน | 64 | 5,447 | 12,571 | 12,138 | 24,709 |
| สุโขทัย | 10 | 320 | 1,029 | 955 | 1,984 |
| อุทัยธานี | 36 | 1,353 | 3,124 | 2,961 | 6,085 |
| พะเยา | 52 | 2,863 | 8,799 | 8,731 | 17,530 |
| เลย | 2 | 127 | 385 | 373 | 758 |
| รวม | 3,751 | 154,821 | 432,971 | 420,303 | 853,274 |

**ที่มา**: กองสงเคราะห์ชาวเขา (2540)

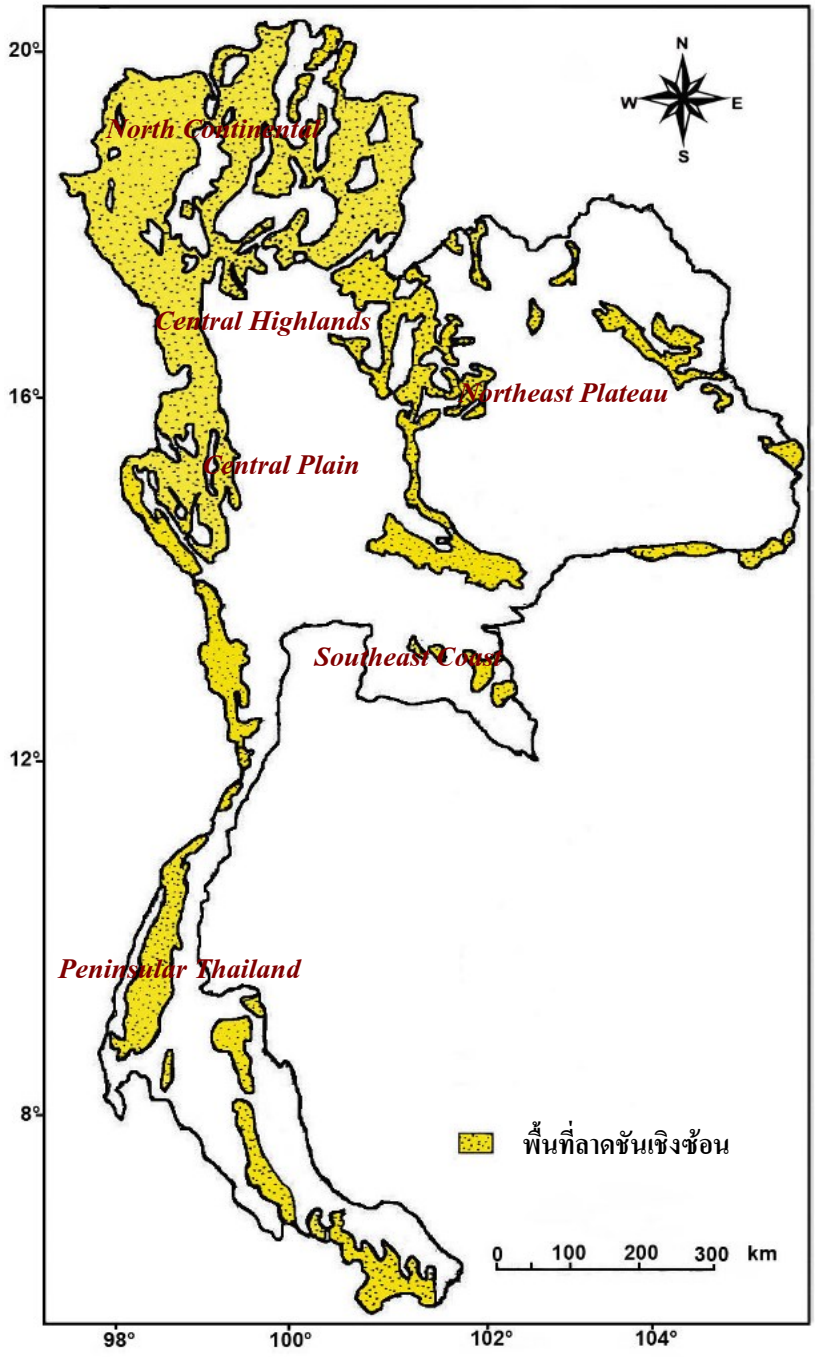
ช่วงฤดูเพาะปลูกจะสั้นลง และทางเลือกชนิดพืชจะน้อยลงเมื่อพื้นที่มีระดับสูงขึ้น (อิสรา, 2535) แต่สำหรับพื้นที่สูงของประเทศไทยถึงแม้ว่าช่วงฤดูปลูกพืชเมืองร้อนจะสั้นลง แต่สามารถใช้ปลูกพืชกึ่งเมืองร้อนหรือพืชเมืองหนาวในช่วงที่มีอากาศหนาวเย็นบางชนิดได้ผลดี ด้วยเหตุนี้เองทั้งภาครัฐบาล และเอกชนจึงให้ความสำคัญของพื้นที่สูงมากขึ้น จึงได้นำเทคโนโลยีต่าง ๆ เข้ามาใช้ทางเกษตรบนพื้นที่สูง และมีมาตรการอนุรักษ์ดินและน้ำควบคู่กันไป

**ตารางที่ 2** ข้อมูลชุมชนบนพื้นที่สูงในประเทศไทย จำแนกรายการตามเผ่า

| ชาติพันธุ์ | กลุ่มบ้าน | ครัวเรือน | ชาย | หญิง | ประชากรรวม |
|---|---|---|---|---|---|
| กะเหรี่ยง | 2,017 | 70,046 | 179,909 | 173,201 | 353,110 |
| แม้ว | 242 | 14,430 | 99,957 | 55,719 | 155,676 |
| เย้า | 184 | 5,737 | 20,990 | 20,707 | 41,697 |
| อีก้อ | 256 | 8,484 | 24,987 | 24,916 | 49,903 |
| มูเซอ | 447 | 15,025 | 41,663 | 40,945 | 82,608 |
| ลีซอ | 149 | 5,403 | 15,668 | 15,795 | 31,463 |
| ลัวะ | 67 | 3,308 | 8,794 | 8,552 | 17,346 |
| ถิ่น | 152 | 6,940 | 24,498 | 23,527 | 48,025 |
| ขมุ | 33 | 1,934 | 5,297 | 4,901 | 10,198 |
| มลาบรี (ผีตองเหลือง) | 1 | 10 | 31 | 26 | 57 |
| ปะหล่อง | 4 | 347 | 988 | 949 | 1,937 |
| ตองซู | 4 | 53 | 145 | 131 | 276 |
| จีนฮ่อ | 65 | 3,414 | 10,232 | 9,541 | 19,773 |
| ไทยใหญ่ | 57 | 2,799 | 7,129 | 6,681 | 13,810 |
| ไทยลื้อ | 14 | 860 | 1,980 | 1,924 | 3,904 |
| ไทยพื้นราบ | 472 | 15,921 | 34,327 | 32,864 | 67,191 |
| อื่น ๆ | 9 | 110 | 375 | 374 | 749 |
| รวม | 4,173 | 154,821 | 432,971 | 420,303 | 853,274 |

**ที่มา**: กองสงเคราะห์ชาวเขา (2540)

การใช้ประโยชน์ที่ดินบนพื้นที่สูง โดยส่วนใหญ่จะทำไร่เลื่อนลอย โดยปลูกพืชไร่ ไม้ผล และพืชผัก ไม้ดอกเมืองหนาว พืชที่ปลูกประกอบด้วย ข้าว ข้าวไร่ ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ ถั่วต่าง ๆ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ชา กาแฟ ขิง (อิสรา, 2535) ไม้ดอก เช่น เบญจมาศ กุหลาบ ซ่อนกลิ่น เก๊กฮวย และไม้ดอกเมืองหนาวอื่น ๆ (อรดี, 2535) มีการเพาะเห็ดหอม และปลูกผักต่าง ๆ เช่น กะหล่ำปลี ผักกาดขาวปลีและเขียวปลี หอมญี่ปุ่น หน่อไม้ฝรั่ง แครอท แตงโม แคนตาลูป และผักเมืองหนาวอื่น ๆ อีกหลายชนิด (เกษม, 2535) ในส่วนของไม้ผลนั้น ที่ระดับความสูงน้อยกว่า 600 เมตร จะปลูกลิ้นจี่ ส้ม โลควัท (loquat) ในพื้นที่ 600-1,000 เมตร ปลูกพลับและบ๊วย ในช่วงระดับความสูง 1,000-1,500 เมตร ปลูกพลับ ท้อ สาลี และแอปเปิลบางพันธุ์ และในพื้นที่สูงกว่า 1,500 เมตร จะปลูกท้อ สาลี่ และแอปเปิล (สุรนันต์, 2535)




**ภาพที่ 1** พื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน ในประเทศไทย

**ที่มา**: ดัดแปลงจาก เอิบ (2530)

**ตารางที่ 3** พื้นที่หน่วยแผนที่ดินที่ลาดชันเชิงซ้อน ซึ่งมีความลาดเทมากกว่าร้อยละ 35 ในจังหวัดต่าง ๆ ที่มีชุมชนบนที่สูง

| จังหวัด | พื้นที่หน่วยดินที่ลาดชันเชิงซ้อน (ไร่) | พื้นที่จังหวัด (ไร่) | ร้อยละของพื้นที่จังหวัด |
|---|---|---|---|
| เชียงราย | 6,313,871 | 11,220,670 | 56.27 |
| เชียงใหม่ | 11,134,662 | 14,362,562 | 77.53 |
| พิษณุโลก | 2,688,330 | 6,759,909 | 39.77 |
| ลำปาง | 4,398,315 | 7,833,152 | 56.15 |
| ตาก | 7,215,342 | 10,254,156 | 70.37 |
| พะเยา | 2,163,027 | 3,959,413 | 54.63 |
| แม่ฮ่องสอน | 7,531,875 | 7,925,787 | 95.01 |
| สุโขทัย | 1,132,234 | 4,298,536 | 26.34 |
| แพร่ | 2,179,103 | 3,656,213 | 59.60 |
| น่าน | 6,568,222 | 7,674,950 | 85.58 |
| ลำพูน | 1,345,449 | 2,754,810 | 48.84 |
| กำแพงเพชร | 1,067,148 | 5,379,681 | 19.84 |
| อุทัยธานี | 1,202,069 | 4,206,404 | 28.58 |
| เลย | 4,177,449 | 6,829,244 | 61.17 |
| เพชรบูรณ์ | 3,248,698 | 6,983,443 | 46.52 |
| กาญจนบุรี | 6,507,237 | 12,176,968 | 43.44 |
| ราชบุรี | 1,043,266 | 3,208,074 | 32.52 |
| เพชรบุรี | 2,079,409 | 3,964,555 | 52.45 |
| ประจวบคีรีขันธ์ | 1,702,679 | 3,999,252 | 42.58 |
| รวม | 73,698,385 | 12,447,779 | 57.83 |

**ที่มา**: กองสำรวจดิน (2520)

**3. กระบวนการเกิดดินที่สูง**

กระบวนการเกิดดินบนพื้นที่สูงที่สำคัญมี 2 กระบวนการ คือ

1. Podzolization

เป็นกระบวนการที่มีการเคลื่อนย้ายพวกเซสควิออกไซด์ออกจากชั้นดิน (Stobbe and Wright, 1959; เอิบ, 2542ก) มีการเคลื่อนย้ายภายในหน้าตัดดินบางครั้งเกิดจากการละลายของเฟร์รัสและเฟร์ริกในดินล่างหรือชั้นสะสม (อภิสิทธิ์, 2527) หรือการเคลื่อนย้ายพวกอินทรียวัตถุทำให้เกิดการสะสมของซิลิกา หรือมีความเข้มข้นของซิลิกาเพิ่มขึ้นในชั้นที่มีสารต่าง ๆ เคลื่อนย้ายออกไป (เอิบ, 2542ก) ซึ่งกระบวนการนี้จะทำให้เกิดดินพวก Podzol ที่วัตถุต้นกำเนิดดินมีซิลิกาสูง และในดินชั้นล่างจะมีสีแดง แดงปนเหลือง หรือสีเหลือง และมีการสะสมอนุภาคดินเหนียวในดินล่าง ส่วนใหญ่พบในบริเวณอากาศหนาวจนไปถึงบริเวณที่อบอุ่นที่มีความชื้นสูง โดยปกติจะมีอุณหภูมิต่ำ ฝนตกชุก มีการสะสมอินทรียวัตถุสูงกว่าการผุพังสลายตัว และในการสลายตัวของอินทรียวัตถุ ทำให้ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรดสูง (อภิสิทธิ์, 2527; McCaleb, 1959; Stobbe and Wright, 1959; Buol *et al*., 2003)

2. Latosolization

เป็นกระบวนการที่เกิดในเขตร้อนที่มีฝนตกชุก อุณหภูมิสูง การผุพังสลายตัวของแร่ธาตุและสลายตัวของอินทรียวัตถุสูง สารต่าง ๆ เหล่านี้จะละลายและทำปฏิกิริยากับน้ำ (solution and hydrolysis) ถูกชะละลายเคลื่อนย้ายออกไป สิ่งที่เหลืออยู่เป็นสารพวกเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีส ถ้าสภาพการละลายน้ำดีจะเกิดออกซิเดชัน (oxidation) เป็นเซสควิออกไซด์ ทำให้ดินมีสีแดงหรือเหลือง และการสลายตัวของหินและแร่เป็นไปอย่างรวดเร็วมาก ทำให้ดินพวกนี้มีชั้น B หนามาก และถ้าหากเซสควิออกไซด์ จับตัวกันเป็นก้อน เรียกว่า ลูกรังหรือศิลาแลง ซึ่งเกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อมที่มีระยะดินเปียกและแห้งสลับกัน กระบวนการนี้เรียกว่า laterization (เอิบ, 2542ก; Buol *et al*., 2003)

**4. การศึกษาดินที่สูงในเขตร้อน**

ดินที่สูงในเขตร้อนมีปัจจัยเด่นในการสร้างตัวของดิน คือ สภาพภูมิอากาศ และระดับความสูง ซึ่งดังกล่าวทำให้มีความชื้นที่ต่อเนื่อง และมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าดินทั่วไปที่อยู่ในระดับต่ำกว่า ทำให้

ปฏิกิริยาทางเคมี และการชะละลายเกิดขึ้นได้อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งในภาวะเช่นนี้ทำให้เกิดปฏิกิริยาภายในดินปลดปล่อยธาตุประจุบวกออกมา โดยการแทนที่ของไฮโดรเจนไอออน และมีการชะละลายออกไปจากดินได้ง่าย ส่วนปัจจัยในการสร้างตัวของดินตัวอื่น คือ วัตถุต้นกำเนิดดิน พืชพรรณ สภาพภูมิประเทศ และเวลา มีลักษณะคล้ายคลึงกันในพื้นที่อื่น ๆ จึงเป็นปัจจัยที่รองลงมา (อภิสิทธิ์, 2527; อัญชลี, 2534; เอิบ, 2534; Butzer, 1976; Calvert *et al*., 1980; Buol *et al*., 2003)

จากการรวบรวมผลการศึกษาดินที่สูงในเขตร้อน พบว่าเป็นดินที่พัฒนามาจากตะกอนดาดเชิงเขา (colluvium) และวัสดุตกค้าง (residuum) (กองวางแผนการใช้ที่ดิน และกองสำรวจดิน, 2537ก, ข, ค, ง; พิบูลย์, 2526; ธีราวุธ, 2530; พรเทพ, 2541; นิวัติ, 2546; Dudal and Moormann, 1964) มีทั้งดินตื้น และดินลึก บางแห่งมีก้อนกรวด และชิ้นส่วนของหินปะปนอยู่ในเนื้อดินหรือกระจายอยู่ผิวหน้าดิน ดินมีการระบายน้ำดีจนถึงการระบายน้ำดีมาก ลักษณะของเนื้อดิน สีดิน และปฏิกิริยาของดินแตกต่างกันออกไปแล้วแต่ชนิดของหินที่เป็นวัตถุต้นกำเนิดและพัฒนาการของดิน (กองสำรวจดิน, 2522; Oughton, 1972) ส่วนใหญ่เป็นดินค่อนข้างลึก มีพัฒนาการปานกลางถึงสูง (พิบูลย์, 2526; พรเทพ, 2541; พิชัย, 2542; นิวัติ, 2546) และเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ อยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงต่ำ เพราะเนื่องจากดินเหล่านี้มีการชะละลาย และการกร่อน (พิบูลย์, 2526; พรเทพ, 2541) ไม่เหมาะสมต่อการใช้ทางการเกษตร (พิบูลย์, 2526; พรเทพ, 2541; นิวัติ, 2546; Klankamsorn and Charuppat, 1980)

4.1 ลักษณะทางกายภาพของดิน

จากการศึกษาของ เสวียน (2538) พรเทพ (2541) และนิวัติ (2546) ที่ศึกษาดินที่สูงในบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ พบว่าส่วนใหญ่มีอนุภาคทรายสูงในดินชั้นบน และมีปริมาณลดลงในชั้นดินล่าง อนุภาคทรายแป้งมีปริมาณปานกลาง สม่ำเสมอทั้งหน้าตัดดิน ส่วนอนุภาคดินเหนียวมีปริมาณเพิ่มขึ้นในชั้นดินล่าง เนื่องจากมีการสะสมในชั้นดิน B โดยมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ดินร่วน ดินร่วนเหนียว จนถึงดินเหนียว ดินที่สูงส่วนใหญ่มีโครงสร้างดินดี เม็ดดินมีเสถียร โดยทั่วไปดินชั้นบนมีความหนาแน่นรวมต่ำกว่าดินชั้นล่าง เนื่องจากดินมีอินทรียวัตถุสูง ส่วนการกระจายของช่องว่างในดินนั้น จากการศึกษาของ วีรศักดิ์ (2526) ที่ศึกษาสมบัติทางกายภาพของดินบางประการ บริเวณป่าดิบเขาและไร่เลื่อนลอย บริเวณลุ่มน้ำห้วยคอกม้า ดอยปุย จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากมนุษย์จากป่าดิบเขาเป็นไร่เลื่อนลอยนั้น ทำให้การกระจายขนาดช่องว่างขนาดใหญ่ของดินชั้นบนลดลง และเกิดเป็นช่องว่างขนาดเล็กเพิ่มขึ้น และคาดว่าจะก่อให้เกิดปัญหากับสภาพแวดล้อม

4.2 ลักษณะทางเคมีของดิน

ลักษณะทางเคมี และความอุดมสมบูรณ์ของดินที่สูงนั้น มีความแตกต่างกันออกไป ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศ และวัตถุต้นกำเนิดดินที่แตกต่างกัน (ดุสิต และคณะ, 2528) โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นที่ที่มีหินที่ให้วัตถุต้นกำเนิดดินที่แตกต่างกันจะมีความแปรปรวนสูงในเรื่องความอุดมสมบูรณ์ของดิน ส่วนลักษณะภูมิอากาศโดยเฉพาะปริมาณน้ำฝน ความชื้น และลักษณะภูมิประเทศโดยเฉพาะความลาดชันและทิศทางความลาดชัน มีอิทธิพลต่อการเกิดของดินและการเจริญเติบโตของพืชพรรณ (Handricks, 1981) และสมบัติทางเคมีของดินยังมีความผันแปรแตกต่างกันตามชนิดของป่าไม้ด้วย ซึ่งจากการศึกษาลักษณะของดินกับความหลากหลายของชนิดป่าจตุรงค์บริเวณสวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ จังหวัดเชียงใหม่ (จตุรงค์, 2543) พบว่าดินมีปฏิกิริยาดินอยู่ในช่วงกรดปานกลางถึงกรดจัด ปริมาณอินทรียวัตถุและไนโตรเจนรวมในชั้นดินลึกหนึ่งเมตรมีมากที่สุดในป่าดิบเขา รองลงมา คือ ในป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง ตามลำดับ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรัง ที่มีไม้พลวงเด่นมีค่าต่ำกว่าป่าชนิดอื่น แต่กลับมีปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้มากกว่า ปริมาณโพแทสเซียม และโซเดียมที่สกัดได้มีค่าแตกต่างกันไม่ชัดเจน และค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินอยู่ในช่วงปานกลางถึงสูง

ปัจจุบันมีการบุกรุกพื้นที่สูงนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตร จึงส่งผลทำให้มีการสูญเสียธาตุอาหารในดินอย่างรวดเร็วและมีการลดลงของระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Yemefack, 1995) ด้วยเหตุนี้ดินที่สูงโดยส่วนใหญ่มีลักษณะทางเคมีของดินที่แสดงว่ามีมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (พิบูลย์, 2526; พรเทพ, 2541)

4.3 ลักษณะองค์ประกอบทางแร่วิทยา

แร่วิทยาของดินที่สูงมีการศึกษาน้อยมาก เนื่องจากพื้นที่สูงจัดเป็นบริเวณที่มีศักยภาพทางการเกษตรต่ำ ข้อมูลเกี่ยวกับแร่วิทยาเกือบทั้งหมดได้จากการศึกษาเพื่อทำวิทยานิพนธ์ และงานวิจัยบางส่วน โดยแร่ที่เป็นองค์ประกอบในอนุภาคขนาดดินเหนียวส่วนใหญ่เป็นแร่เคโอลิไนต์ และแร่กิบบ์ไซต์ แร่ดินเหนียวประเภทอื่น ๆ ที่พบได้แก่แร่อิลไลต์ แร่เวอร์มิคิวไลต์ แร่มอนต์มอริล-โลไนต์ และแร่คลอไรต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของหินและแร่ดั้งเดิมในวัตถุต้นกำเนิดดิน (พิบูลย์, 2549) นอกจากนี้ชนิดของแร่ดินเหนียวในดินยังขึ้นอยู่กับระดับความสูงของพื้นที่ และตามลำดับภูมิประเทศด้วย เพราะระดับความสูงของพื้นที่มีผลต่อความรุนแรงของการชะละลายที่เกิดขึ้นในดิน

(นิวัติ, 2544; พิบูลย์, 2549; Koppi, 1981; Ovalles and Collins, 1986; Miller and Birkeland, 1992; Norfleet *et al*., 1993; Jianfei *et al*., 1999; Allen *et al*., 2001) ในบริเวณยอดเขาหรือยอดเนินในพื้นที่ที่อยู่สูงกว่า 1,000 เมตร แร่ในอนุภาคดินเหนียวเป็นแร่เคโอลิไนต์ หรือกิบบ์ไซต์เป็นส่วนใหญ่ และในบริเวณเชิงเขา หรือเชิงเนินแร่ในอนุภาคดินเหนียวเป็นแร่เคโอลิไนต์ กิบบ์ไซต์ และเกอไทต์เป็นส่วนใหญ่ (นิวัติ, 2544; พิบูลย์, 2549) ส่วนในพื้นที่ที่อยู่ต่ำกว่า 1,000 เมตร ลงมา พบว่าบริเวณยอดเขาหรือยอดเนินอนุภาคดินเหนียวในดินส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่เคโอลิไนต์ และมีแร่ในอนุภาคดินเหนียวชนิดอื่น ๆ บ้าง (สุนันท์ และเล็ก, 2530; นิวัติ, 2544; พิบูลย์, 2549) บริเวณเชิงเขาหรือเชิงเนินแร่ในอนุภาคดินเหนียวเป็นแร่เคโอลิไนต์ หรือแร่มอนต์มอริลโลไนต์เป็นส่วนใหญ่ และอาจพบแร่อื่น ๆ ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว ได้อีกหลายชนิด สำหรับแร่ในอนุภาคทรายแป้งมีองค์ประกอบเชิงแร่โดยส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ (พรเทพ, 2541; นิวัติ, 2544; พิบูลย์, 2549) แร่อื่น ๆ ที่พบได้บ้าง เช่น แร่เฟลด์สปาร์ แร่ไมกา และแร่กิบบ์ไซต์ (นิวัติ, 2544; พิบูลย์, 2549) และอาจพบแร่เคโอลิไนต์ได้ด้วย (นิวัติ, 2544; Nwadialo and Lietzdke, 1989)

จากการรวบรวมข้อมูลทางแร่วิทยาในอนุภาคทรายแป้งและดินเหนียวของดินในพื้นที่สูง แสดงให้เห็นว่าแร่ในดินมีการผุพังสลายตัวสูงมาก มีการชะละลายเกิดขึ้นในดินสูง เพราะพบแร่กิบบ์ไซต์ ซึ่งเกิดขึ้นในสภาพที่มีการชะละลายสูง และสูญเสียด่างออกไปจากระบบดินเร็วมาก (อัญชลี, 2534) ดินจะมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ เพราะแร่วิทยาในอนุภาคดินเหนียวเป็นแร่ดินเหนียวกิจกรรมต่ำ และประจุของดินผันแปรตามพีเอชของดิน (วิภาวรรณ, 2544)

**5. การประเมินสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน**

ระบบการจำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Fertility Capability Soil Classification System: FCC) (Sanchez *et al*., 1982; Sanchez *et al*., 2003; Buol, 1987; เอิบ, 2542ก) เป็นระบบที่รวบรวมกลุ่มดินที่มีสมบัติทางกายภาพและทางเคมีที่เป็นปัญหาต่อการจัดการด้านการเกษตร มาใช้ในการจำแนกดิน เน้นถึงคุณภาพของดินบนและดินล่าง ที่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับการเจริญเติบโตของพืช (Kheoruenromne, 1989; เอิบ, 2542ก) วัตถุประสงค์ของระบบการจำแนกระบบนี้ คือ ต้องการจำแนกดินออกเป็นหมวดหมู่ โดยการรวบรวมชนิดดินที่มีความต้องการหรือมีข้อจำกัดในการจัดการด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินที่คล้ายคลึงกันให้เข้ามาอยู่ด้วยกัน โดยอาศัยข้อมูลจากการสำรวจดินและผลการวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ การจำแนกเน้นที่ชั้นดินบนเป็นหลัก และชั้นดินล่างลึกไม่เกิน 50 เซนติเมตร (หรือ 60 เซนติเมตร) จากผิวดิน (Sanchez *et al*., 1982; Couto, 1988; เอิบ, 2542ก)

การจำแนกแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ ประเภท (type) ประเภทของชั้นดินล่าง (substrata type) และหน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยใช้ตัวแปรขยาย (modifier) (Buol *et al*., 1989; เอิบ, 2542ก)

1. การจำแนกระดับประเภท ใช้เนื้อดินของชั้นดินไถพรวน หรือชั้นดินบนหนา 20 เซนติเมตร แล้วแต่ชั้นไหนจะตื้นกว่ากันก็ใช้ชั้นนั้นเป็นเกณฑ์ ประเภทของเนื้อดินใช้ตามระบบการจำแนกเนื้อดินของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (Soil Survey Staff, 2006) และใช้อักษรอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่เป็นสัญลักษณ์ ได้แก่

S = ดินบนเป็นทราย (sandy topsoils) : เนื้อดินที่จัดจำแนกเป็นทราย (sand) และดินทรายปนดินร่วน (loamy sand)

L = ดินบนเป็นดินร่วน (loamy topsoils) : เนื้อดินมีปริมาณดินเหนียวเป็นองค์ประกอบน้อยกว่า 350 กรัมต่อกิโลกรัม แต่ต้องไม่เป็นทราย หรือทรายปนดินร่วน

C = ดินบนเป็นดินเหนียว (clayey topsoils) : เนื้อดินมีปริมาณดินเหนียวเป็นองค์ประกอบมากกว่า350กรัมต่อกิโลกรัม

O = ดินอินทรีย์ (organic soils) : เป็นดินที่มีอินทรียวัตถุเป็นองค์ประกอบมากกว่า 300 กรัมต่อกิโลกรัม ในช่วงความลึกอย่างน้อย 50 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน

2. การจำแนกประเภทของชั้นดินล่าง ใช้ลักษณะของเนื้อดินของชั้นดินล่าง การจำแนกประเภทย่อยลงไปในประเภทชั้นดินล่าง ใช้เฉพาะกรณีที่เนื้อดินล่างแตกต่างจากเนื้อดินบนอย่างชัดเจน หรือมีชั้นแข็งที่ขัดขวางการเจริญของรากพืช เกิดขึ้นในระยะความลึก 50 เซนติเมตร ถ้าดินบนและดินล่างมีเนื้อดินเหมือนกัน ไม่ต้องใส่สัญลักษณ์ของเนื้อดินล่างลงไปในหน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน (FCC-unit)

ดินล่างที่ใช้ในการจำแนกระดับประเภทดินล่าง เป็นดินที่อยู่ในช่วงความลึกระหว่างดินบนไปจนถึงความลึก 50 เซนติเมตร (หรือ 60 เซนติเมตร) (Sanchez *et al*., 1982; Couto, 1988) อักษรที่ใช้ซึ่งจำแนกระดับประเภทดินล่างมี ดังนี้

S = ดินล่างเป็นทราย (sandy subsoils) : ใช้เช่นเดียวกับในประเภท

L = ดินล่างเป็นดินร่วน (loam subsoils) : ใช้เช่นเดียวกับในประเภท

C = ดินล่างเป็นดินเหนียว (clayey subsoils) : ใช้เช่นเดียวกับในประเภท

R = ชั้นล่างเป็นหินแข็ง (rock) ชั้นหินแข็ง หรือชั้นที่มีการเชื่อมตัวเป็นแผ่นแข็ง ทำให้รากพืชไม่สามารถชอนไชผ่านลงไปได้

3. หน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน เป็นการจำแนกที่เฉพาะเจาะจงยิ่งขึ้น โดยใช้สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี ทางแร่วิทยา และสภาพแวดล้อมบางประการที่แสดงถึงข้อจำกัดในด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน มาประกอบกับลักษณะของเนื้อดิน ค่าจำกัดที่กำหนดไว้จะเป็นค่ากลางที่ใช้กับพืชทั่ว ๆ ไป ตัวแปรขยายที่ระบุหน่วยใช้ต่อจากประเภทหรือประเภทชั้นดินล่าง ซึ่งอาจมีตัวแปรมากกว่าหนึ่งตัวก็ได้ ขึ้นอยู่กับปัญหาของดินที่พบ โดยตัวแปรจะเรียงลำดับความสำคัญจากมากไปหาน้อย และใช้ตัวอักษรอังกฤษตัวเล็กเป็นสัญลักษณ์ตัวแปรต่าง ๆ มีดังนี้

g’ = ขังน้ำถาวร (constant saturation) : ดินมีการขังน้ำอย่างถาวร ทำให้ไม่เกิดจุดประที่มีสีออกไปทางน้ำตาลหรือแดงในระยะความลึก 50 เซนติเมตรจากผิวดิน ยกเว้นในบริเวณรอบ ๆ รากพืช

g = ขังน้ำ (gley) : ดินหรือจุดประที่มีค่ารงค์ (chroma) เท่ากับ 2 หรือน้อยกว่าภายในระดับความลึก 60 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน และใต้ชั้นดิน A ทั้งหมด หรือดินอิ่มตัวด้วยน้ำมากกว่า 60 วันในส่วนใหญ่ของรอบปี

d = แห้ง (dry) : ดินมีระบอบความชื้นเป็นอัสติก (ustic), แอริดิก (aridic) หรือเซอริก (xeric) โดยดินล่างลึก 20-60 เซนติเมตร จะแห้งนานมากกว่า 90 วันสะสมในรอบปี

e = ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ (low cation exchange capacity) : ใช้เฉพาะชั้นดินบนลึก 20 เซนติเมตร หรือชั้นไถพรวนแล้วแต่ว่าชั้นไหนตื้นกว่ากัน ดินมีค่าความจุแลกเปลี่ยน

แคตไอออน (CEC) เมื่อวิเคราะห์โดยวิธีผลรวมของเบส (sum of bases) กับปริมาณอะลูมินัมที่สกัดด้วยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl-extractable Al) (ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนประสิทธิผล : effective CEC) น้อยกว่า 4 เซนติโมลต่อดิน 1 กิโลกรัม หรือความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนน้อยกว่า 7 เซนติโมลต่อดิน 1 กิโลกรัม เมื่อทำการวิเคราะห์โดยผลรวมของเบส ที่ pH 7 หรือดินมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนน้อยกว่า 10 เซนติโมลต่อดิน 1 กิโลกรัม เมื่อทำการวิเคราะห์โดยผลรวมแคตไอออนกับปริมาณธาตุอะลูมินัมและไฮโดรเจนที่สกัดได้ที่ pH 8.2

a = อะลูมินัมเป็นพิษ (aluminum toxicity) : ดินมีค่าความอิ่มตัวของธาตุอะลูมินัม (Al-saturation) มากกว่าร้อยละ 60 ของค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนประสิทธิผล หรือดินมีค่าความอิ่มตัวด้วยกรด (acidity saturation) มากกว่าร้อยละ 67 ของค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนที่วิเคราะห์โดยผลรวมของเบส ที่ pH 7 หรือดินมีค่าความอิ่มตัวด้วยกรดมากกว่าร้อยละ 86 ของค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนที่วิเคราะห์โดยผลรวมของเบสที่ pH 8.2 หรือดินมีปฏิกิริยาดินต่ำกว่า 5.0 เมื่อใช้อัตราส่วนของดินต่อน้ำ 1:1 ยกเว้นดินอินทรีย์ที่ใช้ค่าปฏิกิริยาของดินต่ำกว่า 4.7 ค่าทั้งหมดนี้ใช้เฉพาะในระยะความลึก 50 เซนติเมตรจากผิวดินเท่านั้น

h = กรด (acid) : ดินมีค่าอิ่มตัวด้วยธาตุอะลูมินัมร้อยละ 10-60 ของค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนประสิทธิผล หรือมีค่าปฏิกิริยาดิน (pH) อยู่ระหว่าง 5.0-6.0 เมื่อวัดในอัตราส่วน ดิน:น้ำ เป็น 1:1 ใช้เฉพาะในระยะความลึก 50 เซนติเมตรจากผิวดินเท่านั้น

i = เหล็กตรึงฟอสฟอรัสได้สูง (high P-fixation by iron) : ดินมีอัตราส่วนของร้อยละของเหล็กอิสระ (% free $Fe_2O_3$) ต่อร้อยละของอนุภาคดินเหนียว (% clay) มากกว่า 0.15 และต้องมีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวเป็นองค์ประกอบในเนื้อดินมากกว่า 350 กรัมต่อกิโลกรัม หรือดินมีสีสัน (hue) เป็น 7.5YR หรือแดงกว่า และมีโครงสร้างดินเป็นแบบเม็ดกลม (granular structure) ตัวแปรขยายนี้จะใช้เฉพาะในกรณีที่การจำแนกระดับประเภทเป็นดินเหนียว (C) เท่านั้น และใช้เฉพาะกับชั้นดินไถพรวนหรือภายในความลึก 20 เซนติเมตรจากผิวดิน แล้วแต่ว่าชั้นไหนจะตื้นกว่ากัน

x = สารอสัณฐาน (X-ray amorphous) : ดินมีปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้ด้วยสารละลายออกซาเลต (oxalate extractable Al) มากกว่าร้อยละ 1.4 หรือในตอนบน 20 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน มีค่าปฏิกิริยาดินมากกว่า 10 เมื่อวัดในน้ำยา 1 N NaF หรือมีค่าเป็นบวกเมื่อใช้ NaF ในสนาม หรือมีหลักฐานอื่นๆ ที่บอกได้ว่า ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวมีสารประกอบอัลโลเฟน(allophone) เป็นลักษณะเด่น

v = เวอร์ติซอลส์ (Vertisols) : เนื้อดินเป็นดินเหนียวจัดมาก มีปริมาณดินเหนียวในเนื้อดินมากกว่า 350 กรัมต่อกิโลกรัม และมากกว่าร้อยละ 50 ของอนุภาคดินเหนียวจะเป็นแร่ดินเหนียวประเภท 2:1 ที่สามารถขยายตัวได้ หรือดินบนมีการยืดหดตัวอย่างรุนแรง หรือมีค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวเชิงเส้น (coefficient of linear extensibility; COLE) มากกว่า 0.09

k = โพแทสเซียมสำรองต่ำ (low K reserves) : ดินมีแร่ที่สามารถสลายตัวได้ง่าย (weatherable minerals) ในอนุภาคขนาดทรายแป้งและทราย น้อยกว่าร้อยละ 10 ภายในความลึก 50 เซนติเมตร จากผิวหน้าดิน หรือมีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.20 เซนติโมลต่อดิน 1 กิโลกรัม หรือมีปริมาณโพแทสเซียมน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 2 ในผลรวมของเบสถ้าดินมีเบสน้อยกว่า 10 เซนติโมลต่อดิน 1 กิโลกรัม

b = ค่าปฏิกิริยาดินเป็นด่าง (basic reaction) : ดินที่มีสารประกอบแคลเซียมคาร์บอเนตอิสระภายในความลึก 50 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน ซึ่งเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดเกลือเจือจางจะเกิดฟองฟู่ หรือมีค่าปฏิกิริยาดินเท่ากับ 7.3 หรือสูงกว่า

s = ความเค็ม (salinity) : ดินมีค่าสภาพการนำไฟฟ้าของสารละลายดินที่สกัดจากดินซึ่งอิ่มตัวด้วยน้ำเท่ากับหรือมากกว่า 4 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ภายในความลึก 1 เมตรจากผิวหน้าดิน

n = เนทริก (natric) : ดินมีค่าความอิ่มตัวด้วยโซเดียมเท่ากับหรือมากกว่าร้อยละ 15 ของค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ภายในความลึก 50 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน

c = ดินกรดจัด (cat clay): ดินมีค่าปฏิกิริยาดินที่วัดเมื่อดินแห้งมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 3.5 เมื่อใช้อัตราส่วนของดินต่อน้ำเป็น 1:1 และมีจุดประสีเหลืองฟางข้าวของสารประกอบจาร์โรไซต์ที่มีค่าสีสัน เท่ากับ 2.5 Y หรือเหลืองกว่า และค่ารงค์ (chroma) เท่ากับ 6 หรือสูงกว่า ภายในความลึก 60 เซนติเมตรจากผิวหน้าดิน (ใช้กับประเภทที่จำแนกเป็น Cg และ Cg' เท่านั้น)

' = ก้อนกรวด (gravel) : สัญลักษณ์ (') หมายถึง ดินมีอนุภาคขนาดก้อนกรวดหรืออนุภาคที่หยาบมากกว่า (>2 มม.) อยู่ในเนื้อดินบนหรือเนื้อดินล่างร้อยละ 15-35 โดยปริมาตร (ตัวอย่างเช่น SL = gravelly sand over loamy; SL = sandy over gravelly loam) สัญลักษณ์ (")

หมายถึง เนื้อดินในการจำแนกระดับประเภทหรือระดับประเภทดินล่าง มีอนุภาคขนาดก้อนกรวดหรืออนุภาคที่หยาบกว่า (>2 มม.) ปะปนอยู่เป็นประมาณร้อยละ 35 โดยปริมาตร (ตัวอย่าง เช่น LC" = loamy over clayey skeletal; LC" = gravelly loam over clayey skeletal)

% = ร้อยละของความลาดชัน (slope) : ใช้กรณีที่มีความประสงค์จะแสดงค่าร้อยละของความลาดชันในระบบการจำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งค่าพิสัยร้อยละของความลาดชันจะเป็นค่าที่อยู่ในวงเล็บต่อจากสัญลักษณ์ของตัวแปรขยายสุดท้าย (ตัวอย่างเช่น Lb = (3-8%) = ดินมีเนื้อดินเป็นดินร่วนสม่ำเสมอ มีปฏิกิริยาดินเป็นด่าง ค่าพิสัยของความลาดชันเท่ากับ 3-8%)

การแปลความหมายระดับประเภท และประเภทของชั้นดินล่าง

S : อัตราการแทรกซึมน้ำผ่านผิวหน้าดินสูง ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ต่ำ ดินส่วนใหญ่เป็นทรายที่ไม่มีธาตุอาหารพืช

L : อัตราการแทรกซึมน้ำผ่านผิวหน้าดินปานกลาง ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ปานกลาง ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำดี

C : อัตราการแทรกซึมน้ำผ่านผิวหน้าดินต่ำ ดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำดี มีศักยภาพสูงในการที่จะเกิดการไหลบ่าของน้ำบนผิวดิน ถ้าพื้นที่มีความลาดชัน การไถพรวนจะทำได้ยากเมื่อดินแห้งหรือเปียกเกินไป ดินอาจมีน้ำขังได้ เมื่อมีสัญลักษณ์ของตัวแปรขยาย i รวมอยู่ด้วย (Ci) ดินนี้จะไถพรวนง่าย มีอัตราการแทรกซึมน้ำผ่านผิวหน้าดินสูง และความสามารถในการอุ้มน้ำได้ต่ำ

O : ต้องทำการระบายน้ำออกจากพื้นที่ และเมื่อทำการระบายน้ำออก ดินจะเกิดการทรุดตัว อาจเกิดการขาดธาตุอาหารจุลภาค เช่น สังกะสี และทองแดง มีความจำเป็นที่จะต้องใช้ยากำจัดวัชพืชในอัตราที่สูง

SC, LC, LR, SR : ดินมีโอกาสที่จะสูญเสียผิวหน้าดินเนื่องจากการกร่อนได้ง่าย ทำให้ชั้นดินล่างปรากฏให้เห็น ควรพิจารณาป้องกันการเกิดการกร่อนดินเป็นกรณีพิเศษ

การแปลความหมายระดับหน่วย

ถ้าตัวแปรขยายเพียงตัวเดียวในหน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน การแปลความหมายของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับข้อจำกัด หรือความต้องการในการจัดการดิน จะเป็นไปตามที่จะกล่าวต่อไปนี้ หากมีตัวแปรขยายมากกว่าหนึ่งขึ้นไป การจัดการดินก็จะแตกต่างกันออกไปบ้าง (อภิสิทธิ์, 2526; เอิบ, 2542ก; Couto, 1988; Eiumnoh, 1984; Kheoruenromne, 1989; Sanchez *et al*., 1982)

g' : ดินมีความเปียกชื้น มีน้ำขังมากเกินไปสำหรับการปลูกพืชไร่ ยกเว้นจะมีการลงทุนอย่างสูงในการป้องกันความเปียกชื้นที่มากเกินไปของดิน จึงจะปลูกพืชไร่ได้

g : การสูญเสียธาตุไนโตรเจนของดิน จะเกิดขึ้นในชั้นดินล่างที่ขาดออกซิเจน การไถพรวนต้องให้เป็นไปตามความชื้นของดิน พืชหรือรากพืชอาจจะแช่ขังน้ำตายได้ ยกเว้นข้าวหรือพืชที่ต้องการน้ำมากบางชนิด ควรมีการระบายน้ำ การป้องกันน้ำท่วมในช่วงเวลาหนึ่งของปี เหมาะสำหรับเป็นดินปลูกข้าว

d : ความชื้นในดินจะจำกัดการใช้ดินปลูกพืช โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง ควรมีการชลประทานหรือให้น้ำแบบอื่น ๆ ควรมีการกำหนดเวลาปลูกพืชให้เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ และชนิดของพืช ควรจะคำนึงถึงปริมาณธาตุไนโตรเจนที่จะสูญเสียไปกับน้ำฝนเมื่อเวลาฝนตก ปัญหาเกี่ยวกับการงอกของเมล็ดพืชจะเกิดขึ้นเสมอ ๆ ถ้าหากว่าการกระจายของฝนในช่วงแรกไม่สม่ำเสมอ

e : ดินมีความสามารถในการดูดซับธาตุอาหารได้น้อย ทำให้ธาตุอาหารสูญเสียไปโดยการชะละลายลงสู่ชั้นใต้ดินได้ง่าย ธาตุอาหารที่ถูกชะละลายส่วนใหญ่ ได้แก่ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม การใส่ปุ๋ยที่มีธาตุอาหารเหล่านี้ และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ควรแบ่งใส่ครั้งละน้อย ๆ แต่บ่อยครั้งตามความต้องการของพืช ดินมีศักย์ที่จะเกิดสภาพการถูกใส่ปูนมากเกินความจำเป็น (overliming)

a : พืชที่ตอบสนองต่อความเป็นพิษของธาตุอะลูมินัม จะได้รับอันตราย เว้นแต่ว่าจะมีการใส่ปูน การใช้สารละลายดินจากชั้นที่อยู่ใต้ชั้นที่มีการใส่ปูนของพืชจะถูกจำกัด ดินมีความต้องการปูนสูง เว้นแต่ว่าจะมีตัวแปรขยาย e อยู่ด้วย ดินที่มีตัวแปรขยายนี้อยู่ด้วย แสดงว่า เมื่อใส่หินฟอสเฟตลงไป หินฟอสเฟตนี้จะละลายได้เร็วมาก

h : ดินมีความเป็นกรดปานกลางถึงต่ำ การปลูกพืชที่ตอบสนองต่อธาตุอะลูมินัม เช่น ฝ้าย และ อัลฟัลฟา ควรจะมีการใส่ปูน และถ้าเป็นยางพารา การใส่ปูนจะทำให้น้ำยางไหลดีขึ้น อาจเกิดความเป็นพิษของธาตุแมงกานีสขึ้นได้ในดินนี้

i : ดินมีความสามารถสูงในการตรึงธาตุฟอสฟอรัส ควรมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสในอัตรา 5-10 กิโลกรัมฟอสฟอรัสต่อเฮกตาร์ สำหรับแต่ละค่าร้อยละของปริมาณอนุภาคดินเหนียว ควรพิจารณาอย่างระมัดระวัง

x : ดินมีความสามารถสูงในการตรึงฟอสฟอรัส การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสควรใส่แบบโรยเป็นแถบหรือใส่ปุ๋ยชนิดที่ทำเป็นเม็ด ดินมีอัตราการปลดปล่อยไนโตรเจนอินทรีย์ต่ำ

v : ดินบนมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว มีสมบัติในการยึดและหดตัวได้ดี การไถพรวนทำได้ยากเมื่อดินแห้งหรือดินชื้นมากเกินไป ดินมักขาดธาตุฟอสฟอรัส แต่ดินมีความสามารถในการให้ผลผลิตสูง

k : ดินมีความสามารถต่ำในการให้ธาตุโพแทสเซียม ควรจะมีการตรวจสอบเกี่ยวกับความเป็นประโยชน์ของธาตุโพแทสเซียมให้แก่ดิน ดินมีศักยภาพในการที่จะเกิดความไม่สมดุลของธาตุโพแทสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียม

b : ดินเป็นด่าง ควรหลีกเลี่ยงการใส่ปุ๋ยหินฟอสเฟตในรูปอื่น ๆ ที่ไม่ละลายน้ำ ดินมีศักย์ในการที่จะขาดธาตุอาหารพืชพวกจุลธาตุ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเหล็กและสังกะสี

s : ดินที่มีเกลือละลายน้ำได้ ต้องทำการระบายน้ำออกและมีการจัดการที่พิเศษสำหรับพืชที่ตอบสนองต่อความเค็มหรือปลูกพืชที่ทนทานต่อความเค็ม

n : ดินมีปริมาณธาตุโซเดียมอยู่ในระดับสูง ควรมีการจัดการดินเป็นพิเศษโดยเฉพาะในดินด่าง (alkaline soils) ซึ่งรวมถึงการใส่ยิปซัม และการระบายน้ำออกจากพื้นที่

c : ดินมีศักยภาพที่จะเป็นดินกรดจัด ไม่ควรทำการระบายน้ำออกจากพื้นที่ เว้นแต่จะมีการจัดการเป็นพิเศษ ควรจะนำพันธุ์พืชที่ทนทานต่อระดับน้ำใต้ดินตื้นมาปลูก

**6. งานวิจัยเกี่ยวกับสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน**

ระบบสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Sanchez *et al*., 1982; Buol, 1987; เอิบ, 2542ก) เป็นระบบที่มีการประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อใช้ในการจัดการ และวางแผนการใช้ที่ดินทางด้านการเกษตร ในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย

ผลการศึกษาของ Kheoruenromne *et al*. (1998) ในที่ราบสูงภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย พบว่าเป็นดินทรายที่อยู่ในอันดับเอ็นทิซอลส์ แอลฟิซอลส์ อัลทิซอลส์ และดินร่วนเนื้อหยาบในอันดับอัลทิซอลส์ ซึ่งพัฒนาตัวมาจากตะกอนน้ำพาที่มีอนุภาคทรายเป็นหลัก อยู่บนสัณฐานภูมิประเทศแบบลูกคลื่นลอนลาดถึงพื้นที่ราบ อยู่ในสภาพภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าเขตร้อน จัดอยู่ในหน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน Sdaekp, Sdhekp และ SLdhekp สำหรับพื้นที่ดอนส่วนในพื้นที่ราบต่ำเป็น Lgaekp และ Lghekp ดินทั้งหมดมีปฏิกิริยาเป็นกรด มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ มีสมบัติในการแลกเปลี่ยนต่ำ การจัดการควรมีการใส่ปุ๋ยแบบแบ่งใส่ มีการใส่ปูนในอัตราต่ำ ควรมีการเพิ่มอินทรียวัตถุ และตรวจสอบความเป็นประโยชน์ของธาตุโพแทสเซียมด้วย และนอกจากนี้ พิเชษฐ และคณะ (2544) ได้ใช้ระบบสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน เพื่อจำแนกความเหมาะสมของดินปลูกยาง ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จากการสำรวจ และจำแนกความเหมาะสมของดิน พบว่า ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ทั้งหมด 99,370,858 ไร่ มีชุดดินทั้งหมด 100 ชุดดิน มีพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกยางรวม 41,579,699 ไร่ หรือ ร้อยละ41.84 มีจำนวน 37 ชุดดิน และพบมากที่สุด คือชุดดินโคราช ส่วนจังหวัดที่มีเนื้อที่ที่เหมาะสมมากในการปลูกยาง คือจังหวัดสกลนคร การจำแนกชั้นความเหมาะสมต่อการปลูกยาง (FCC-R) พบว่าไม่มีพื้นที่ที่เหมาะสมมากในการปลูกยาง (FCC-R I) ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีพื้นที่ที่เหมาะสมปานกลางในการปลูกยาง (FCC-R II) รวม 13,578,181 ไร่ หรือ ร้อยละ 32.66 ของพื้นที่ มีดินที่เหมาะสมในการปลูกยาง จำนวน 22 ชุดดิน และพื้นที่ที่เหมาะสมเล็กน้อยในการปลูกยาง (FCC-R III) รวม 28,001,518 ไร่ หรือ ร้อยละ 67.34 ของพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกยาง โดยมีดินจำนวน 15 ชุดดิน การจำแนกเนื้อดินในดินที่เหมาะสมในการปลูกยางสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ กลุ่มดินร่วนเหนียว (C) มีพื้นที่ 14,561,162 ไร่ หรือ ร้อยละ 35.02 ของพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกยาง มีจำนวน 23 ชุดดิน กลุ่มดินร่วนทราย (L) มีพื้นที่ 27,018,537 ไร่ หรือ ร้อยละ 64.98 ของพื้นที่ที่เหมาะสมในการปลูกยาง มีจำนวน 14 ชุดดิน การจำแนกตามระบบ FCC พบว่าดินส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นดินทราย มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ มีปริมาณเหล็กที่ตรึงฟอสฟอรัสได้สูง มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ (Seikp) รองลงมาเป็นดินที่ดินบนเป็นดินร่วน ดินล่างเป็น

กรด มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ มีปริมาณเหล็กที่ตรึงฟอสฟอรัสได้สูง และมีกรวดในดินล่างร้อยละ 15-35 (LGei')

ผลการศึกษาในบริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง (พิเชษฐ, 2531) พบว่า ดินที่ทำการศึกษาเป็นดินอันดับเวอร์ติซอลส์จำนวน 6 ชุดดินจัดอยู่ในในประเภทดินที่เป็นดินเหนียวตลอดหน้าตัดดิน และเป็นดินอันดับมอลลิซอลส์ 1 ชุดดิน คือชุดดินลพบุรีสีน้ำตาล จัดอยู่ในประเภทดินที่เป็นดินร่วนตลอดหน้าตัดดิน โดยมีหน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังนี้ ชุดดินโคกกระเทียม เป็น Casv ชุดดินลพบุรี เป็น Cbdv ชุดดินบ้านหมี่ เป็น Cghv, Cbv และ Cagp ชุดดินลพบุรีสีน้ำตาล เป็น Ldp และ Cdsv นอกจากนี้ พรทิวา (2532) ได้ศึกษาถึงการกำเนิด และสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินกรดจัด ในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางของประเทศไทย ในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางตอนใต้ คือ จังหวัดอยุธยา และจังหวัดปทุมธานี โดยใช้ระดับความลึกที่พบจุดประของสารประกอบจาโรไซต์เป็นเกณฑ์ ชุดดินที่ศึกษาประกอบไปด้วย ชุดดินอยุธยา ชุดดินองครักษ์ ชุดดินเสนา และชุดดินธัญญบุรี ผลจำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Buol *et al*., 1988) สามารถจำแนกชุดดินอยุธยาได้เป็น Cag ชุดดินองครักษ์ ชุดดินเสนา เป็น Cacg และชุดดินธัญญบุรี เป็น Cacgv จากการแปลความหมายหน่วยจำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน สามารถบอกแนวทางเบื้องต้นได้ว่า ดินเหล่านี้ควรหลีกเลี่ยงการทำงานในพื้นที่ขณะที่ดินเปียก การระบายน้ำออกมีความจำเป็นมากสำหรับพืชไร่ส่วนใหญ่ และควรทำการใส่ปูนสำหรับพืชไร่บางชนิด และ สากล (2538) ได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดินและธรณีสัณฐาน และจำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินที่เกิดจากหินภูเขาไฟ ในพื้นที่โครงการศึกษาเพื่อพัฒนาชนบทเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดลพบุรี ผลการศึกษาสามารถแจกแจงธรณีสัณฐานได้ว่าในหน่วยที่เป็นเนินเขาสูงและเนินเขาซึ่งความลาดชันสูง ดินที่พบเป็นดินตื้นมากมีเศษหินปะปนในดินและมีหินโผล่ ในหน่วยที่เป็นลาดเขา ซึ่งมีสภาพผิวหน้าเป็นแบบลูกคลื่นลอนลาด ดินที่พบเป็นดินตื้น เนื้อดินเป็นดินเหนียว มีเศษหินและก้อนกรวดปะปนตลอดหน้าตัดดิน ในส่วนที่เป็นที่ราบธารลาวาผุพัง ซึ่งสภาพผิวหน้าเป็นที่ราบสลับกับลูกคลื่นลอนลาด ดินที่พบเป็นดินลึกปานกลาง เนื้อดินเป็นดินเหนียวปนกรวดตลอดหน้าตัดดิน และในหน่วยที่เป็นบริเวณที่ราบที่เกิดจากอิทธิพลของธารน้ำ ดินที่พบเป็นดินลึก เนื้อดินเป็นดินเหนียวและมีชั้นสะสมดินเหนียวทุกหน้าตัดดิน สมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินจำแนกได้เป็น 9 หน่วย คือ Cd, Cdv, Cdh, Cbd, Cbdv, Cdhk, CC'dhk, CC"dh และ C'C"dh ดินส่วนใหญ่มีศักยภาพในการผลิตพืชไร่ที่ดอน (N-II) และทำทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์ถาวร (L-I และ II) นอกจากนี้บริเวณที่ราบลุ่มที่เกิดจากอิทธิพลน้ำเป็นบริเวณไม่กว้างขวางนักมีศักยภาพในการปลูกข้าว (P-II)

ชวเลิศ (2537) ได้ประเมินสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินจังหวัดฉะเชิงเทรา ผลการประเมินสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่า มีลักษณะเป็นดินเหนียว การระบายน้ำเลว จำนวน 6 ชั้นสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน มีพื้นที่ 1,018,027 ไร่ หรือร้อยละ 30.44 ของพื้นที่จังหวัด ดินร่วนการระบายน้ำเลวมี 5 ชั้นสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน มีพื้นที่ 339,455 ไร่ หรือร้อยละ 10.15 ของพื้นที่จังหวัด ดินร่วนการระบายน้ำดี มี 9 ชั้นสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน มีพื้นที่ 716,031 ไร่ หรือร้อยละ 21.41 ของพื้นที่จังหวัด ดินทรายการระบายน้ำดีมี 5 ชั้นสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินมีพื้นที่ 209,360 ไร่ หรือร้อยละ 6.26 ของพื้นที่จังหวัด และพื้นที่ไม่ได้จำแนก ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ไม่มีผลการวิเคราะห์ดินหน่วยสัมพันธ์ของดินและหน่วยดินเบ็ดเตล็ดอื่นๆ มีพื้นที่ 1,061,502 ไร่ หรือร้อยละ 31.74 ของพื้นที่จังหวัด ผจงจิตต์ (2545) ในเขตชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย ในจังหวัดปราจีนบุรีและตราด พบว่า ดินที่ศึกษาเป็นดินลึก มีพัฒนาการสูง มีชั้นศิลาแลงหรือศิลาแลงอ่อนอยู่ในระดับความลึกต่างกัน มีหน่วยระบบอนุกรมวิธานดินเป็น Plinthudults และ Plinthaquults อยู่บนสภาพพื้นที่ความลาดชันผิวหน้าร้อยละ 1-6 วัตถุต้นกำเนิดในพื้นที่ดอนเป็นวัสดุตกค้าง ในพื้นที่ลุ่มเป็นตะกอนน้ำพาท้องถิ่น สมบัติทางกายภาพของเนื้อดินละเอียดไม่เป็นข้อจำกัดในการใช้ทางการเกษตร ส่วนใหญ่ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินจัดอยู่ในหน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน C”aikx 2 บริเวณ L”hk 1 บริเวณ และ Laegk 3 บริเวณ ข้อจำกัดของดินเหล่านี้ คือ ดินมีกรวดศิลาแลงปนอยู่ในหน้าตัดดิน ปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีความสามารถสูงในการตรึงฟอสฟอรัสและมีความเป็นพิษจากธาตุอะลูมินัม

สำหรับบริเวณพื้นที่สูงของประเทศไทยยังไม่พบว่ามีการใช้ระบบสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์นี้ในการวางแผนการใช้ที่ดิน แต่ก็มีบ้างในต่างประเทศที่นำระบบนี้ไปใช้กับพื้นที่สูง จากผลการศึกษาของ Yamoah *et al.* (1990) ได้ประยุกต์ใช้ระบบเชี่ยวชาญเพื่อที่ศึกษาดินกรดใน Rwanda ประกอบไปด้วย 2 โปรแกรม คือระบบการจำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน และ ACID4 เพื่อใช้ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินในบริเวณพื้นที่สูงของ Rwanda ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระบบนิเวศเกษตร แบ่งเขตกลุ่มพื้นที่ตามระดับความสูง ปริมาณน้ำฝน และวัตถุต้นกำเนิดดิน จากผลการศึกษา พบว่า เขตพื้นที่ 3 เป็นเขตที่มีปริมาณน้ำฝนสูง และมีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นหิน quartzite-schists เป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ และมีความเป็นกรดสูงกว่าในเขตพื้นที่ 1 และ 2 โดยทั่วไปในเขตพื้นที่ 3 จะขาดธาตุอาหารพืชพวกไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม รวมไปถึงการขาดแคลนแคลเซียม และแมกนีเซียมได้ ภายหลังจากการเพาะปลูกพืช 2-3 ปี จากการจำแนกโดยใช้ระบบสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน พบว่า ดินบนเป็นดินเหนียว (clay >35%) ดินเป็นกรด (aluminum saturation อยู่ระหว่าง 10 และ 60 %) ปริมาณโพแทสเซียมสำรองต่ำ (exch. K < 0.2 cmol $kg^{-1}$) การ

จัดการควรมีการจัดการเกี่ยวกับเศษซากพืช การจัดการปลูกพืชแบบระบบวนเกษตร และใช้ปุ๋ยพืชสด รวมถึงมีการใส่ปูนด้วยเพื่อเป็นการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของธาตุฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม

# อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

## อุปกรณ์

1. แผนที่สภาพภูมิประเทศเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร (กรมแผนที่ทหาร, 2547ก; ข; ค; ง; จ; ฉ)

2. แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน 1:250,000 ของกรมทรัพยากรธรณี (กรมทรัพยากรธรณี, 2527)

3. เครื่องมือการสำรวจดินภาคสนามมาตรฐาน (เอิบ, 2542ข; Soil Survey Division Staff, 1993)

4. เครื่องมือ อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการวิเคราะห์ดินทางเคมี กายภาพ จุลสัณฐาน-วิทยา และแร่วิทยา

5. เครื่องมือและอุปกรณ์คอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์ผลและเก็บรวบรวมข้อมูล

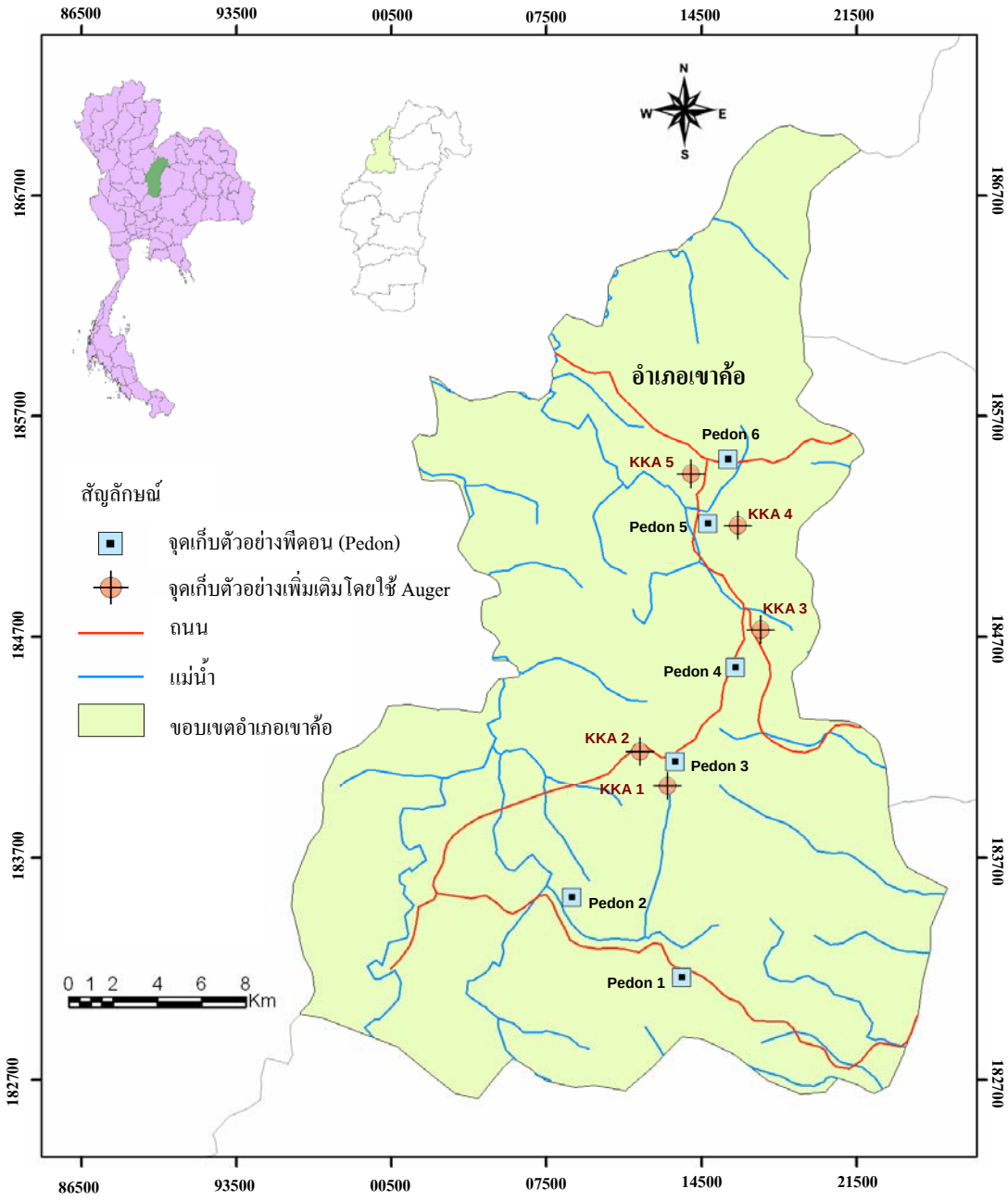
6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ

## วิธีการ

**1. การออกศึกษาภาคสนามและเก็บตัวอย่าง**

1.1 ศึกษาข้อมูลด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องจากเอกสารและแผนที่ชนิดต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างของดิน ในบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษา

1.2 เขียนขอบเขตของพื้นที่ที่มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางตั้งแต่ 700 เมตรขึ้นไป ลงในแผนที่สภาพภูมิประเทศบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ มาตราส่วน 1:50,000




**ภาพที่ 2** แสดงขอบเขตบริเวณที่ทำการศึกษา และจุดเก็บตัวอย่าง

**ที่มา**: ดัดแปลงจากกรมแผนที่ทหาร (2547ก; ข; ค; ง; จ; ฉ)

1.3 เลือกเก็บตัวอย่างดินโดยคัดเลือกจากหน่วยแผนที่ดิน (mapping unit) เพื่อเป็นตัวแทนครอบคลุมบริเวณทั้งหมดของพื้นที่ที่ทำการศึกษา

1.4 ขุดหน้าตัดดินตามตำแหน่งที่กำหนดไว้โดยมีขนาด กว้าง 1.5 เมตร ยาว 2 เมตร ลึก 2 เมตร ตกแต่งหน้าตัดดินให้สามารถมองเห็นสัณฐานวิทยาของดินได้ชัดเจน แบ่งชั้นดินตามชั้นกำเนิดดิน (genetic horizon) ตรวจสอบสมบัติดินในแต่ละชั้น ทำคำบรรยายหน้าตัดดิน ตามวิธีการศึกษาสัณฐานวิทยาของดินในภาคสนาม (พิสุทธิ์, 2518; เอิบ, 2542ข) เพื่อศึกษาการเกิดดิน รวมทั้งมีการเก็บตัวอย่างดินเพิ่มเติม คือ เก็บถึงความลึก 100 เซนติเมตรโดยใช้สว่านเจาะดิน (auger) เพื่อให้ได้ข้อมูลเพิ่มเติมและครอบคลุมพื้นที่ศึกษามากที่สุด เพื่อใช้ในการประเมินความอุดมสมบูรณ์และสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน

1.5 สังเกตและบันทึกข้อมูลเกี่ยวกับสัณฐานภูมิประเทศ สภาพทางธรณีวิทยา สภาพแวดล้อมและลักษณะการใช้ที่ดินในบริเวณที่เก็บตัวอย่าง เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการวิเคราะห์การกำเนิดของตัวแทนดินที่ทำการศึกษา รวมทั้งมีการศึกษาถึงสภาพแวดล้อมบางประการที่แสดงถึงข้อจำกัดในด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน

1.6 การเก็บตัวอย่างดินเพื่อนำไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ แยกออกเป็น 2 วิธีการ คือ

1.6.1 ตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน (disturbed soil sample) เก็บดินทุกชั้นตามชั้นกำเนิดดินที่แบ่งไว้ตลอดหน้าตัดดินชั้นละประมาณ 1-2 กิโลกรัม

1.6.2 เก็บตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวน (undisturbed soil sample) เพื่อนำมาศึกษาค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดิน โดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่าง (core) และเพื่อศึกษาลักษณะทางจุล-สัณฐานวิทยาของดินโดยใช้กล่องคูเบียนา (Kubiena box) โดยเลือกเก็บเฉพาะชั้นที่สนใจนำมาศึกษา (มรกต, 2532; เอิบ, 2542ข; Buol *et al*., 2003) และเก็บตัวอย่างหินในบริเวณที่ทำการศึกษา เพื่อการวิเคราะห์ลักษณะของหินซึ่งให้วัตถุต้นกำเนิดดิน

**2. การวิเคราะห์ตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ**

2.1 การเตรียมตัวอย่างดิน

2.1.1 นำตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวนมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม หลังจากนั้นนำมาศึกษาโดยในกล่องคูเบียนานำมาวิเคราะห์ทางจุลสัณฐานวิทยาของดิน ส่วนในกระบอกตัวอย่างนำมาหาสัมประสิทธิ์การนำน้ำและความหนาแน่นรวมของดิน

2.1.2 นำตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนมาผึ่งให้แห้งในร่ม แยกก้อนกรวด เศษหินแร่ และซากพืชที่มีขนาดใหญ่ออก แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มิลลิเมตร และใช้ตัวอย่างที่เตรียมนำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ เคมี และทางแร่ของดิน

2.2 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

2.2.1 การวิเคราะห์ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) โดยวิธีใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดินโดยไม่ทำลายโครงสร้าง core method (Blake and Hartge, 1986; Culley, 1993)

2.2.2 การวิเคราะห์การกระจายของอนุภาคดิน (particle size distribution) โดยวิธี pipette method (Kilmer and Alexander, 1949; Day, 1965) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นำมาแจกแจงประเภทของดิน (soil textural class) โดยการเปรียบเทียบกับชั้นดินตามเกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (Soil Survey Staff, 2006)

2.2.3 การวิเคราะห์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (saturated hydraulic conductivity) โดยวิธีพลังงานขับน้ำผันแปร (variable head method) (Klute, 1965)

2.3 การวิเคราะห์ทางเคมี

2.3.1 ปฏิกิริยาดิน (soil reaction, pH) โดยใช้เครื่องมือวัดปฏิกิริยาดิน (pH meter) ใช้อัตราส่วนดินต่อน้ำ และดินต่อสารละลาย 1 M KCl เท่ากับ 1:1 (National Soil Survey Center, 1996)

2.3.2 สภาพการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) โดยวัดสภาพการนำไฟฟ้าของสารสกัดอิ่มตัวของดิน (saturation extract) วัดที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ด้วยเครื่อง electrical conductivity bridge (Richards, 1954; Faithfull, 2002)

2.3.3 คาร์บอนอินทรีย์ (organic carbon) โดยวิธี Walkley และ Black Titration (Walkley and Black, 1934; Faithfull, 2002) แล้วคำนวณหาปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (organic matter content) จากสูตร OM = OC×1.724

2.3.4 ไนโตรเจนรวม (total nitrogen) โดยวิธี Kjeldahl method (Jackson, 1965; ทัศนีย์และจงรักษ์, 2542)

2.3.5 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorous) โดยวิธี Bray II แล้ววัดปริมาณฟอสฟอรัสด้วยเครื่อง spectrophotometer (Bray and Kurtz, 1945)

2.3.6 โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) โดยสกัดด้วย 1 M $NH_4OAc$ ที่เป็นกลาง (pH 7.0) (Pratt, 1965) แล้ววัดปริมาณโพแทสเซียมด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

2.3.7 เบสที่สกัดได้ (extractable bases) ซึ่งประกอบด้วย แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม โดยสกัดด้วยสารละลาย 1 M $NH_4OAc$ ที่เป็นกลาง (pH 7.0) (Peech, 1945) แล้ววัดปริมาณด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

2.3.8 ความเป็นกรดที่สกัดได้ (extractable acidity) โดยวิธี barium chloride-triethanolamine pH 8.2 (Peech, 1965)

2.3.9 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity) โดยการซึมชะไอออนบวก ด้วยสารละลาย 1 M $NH_4OAc$ ที่เป็นกลาง (pH 7.0) และแทนที่แอมโมเนียมไอออนด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (10%) ในสภาพเป็นกรด กลั่นหาแอมโมเนียมไอออน แล้วคำนวณค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (Chapman, 1965)

2.3.10 อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (bases saturation percentage) โดยการคำนวณจากค่าเบสรวมที่สกัดได้ (sum bases) ซึ่งได้แก่ผลรวมของ แคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียมที่สกัดได้ และความเป็นกรดที่สกัดได้ (extractable acidity) (Thomas, 1982; National Soil Survey Center, 1996) จากสูตร

$$\text{base saturation (\%)} = \frac{\text{extractable bases}}{\text{extractable bases + extractable acidity}} \times 100$$

2.3.11 อะลูมินัมที่สกัดได้ (extractable Al) โดยการสกัดด้วย 1 M KCl แล้ววิเคราะห์หาปริมาณด้วยการไตเตรตกับสารละลายมาตรฐาน NaOH และ HCl ที่ทราบความเข้มข้นแน่นอน (Thomas, 1982)

2.3.12 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนประสิทธิผล (effective cation exchange capacity) โดยการคำนวณจากค่าเบสรวมที่สกัดได้ และอะลูมินัมที่สกัดได้ (ECEC = extractable bases + extractable Al) (Thomas, 1982; National Soil Survey Center, 1996)

2.3.13 ร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมินัม (aluminum saturation percentage) คำนวณจากค่าของปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ และอะลูมินัมที่สกัดได้ (Thomas, 1982; National Soil Survey Center, 1996) จากสูตร

$$\text{Al saturation (\%)} = \frac{\text{extractable Al}}{\text{extractable bases + extractable Al}} \times 100$$

2.3.14 วิเคราะห์ปริมาณเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีสในรูปอิสระ โดยวิธี dithionite-citrate-bicarbonate (Mehra and Jackson, 1960) ในรูปอสัณฐาน โดยวิธี ammonium oxalate (McKeague and Day, 1966) และในรูปสารอินทรีย์ โดยวิธี sodium pyrophosphate (McKeague, 1967)

### 2.4 การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงแร่ของดิน

2.4.1 วิเคราะห์ชนิดและปริมาณของแร่ในกลุ่มอนุภาคดินเหนียว (clay minerals) ที่มีขนาดเล็กกว่า 2 ไมโครเมตร โดยวิธีเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction analysis; XRD) (Jackson, 1965; Whittig, 1965) โดยการทำอนุภาคขนาดดินเหนียวให้อิ่มตัวด้วยโพแทสเซียม

โพแทสเซียมเผาที่ 550 องศาเซลเซียส แมกนีเซียม และแมกนีเซียมที่อิ่มตัวด้วยเอทธิลีนไกลคอล แล้ววิเคราะห์โดยวิธีการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ นำผลที่ได้เปรียบเทียบกับชนิดของแร่มาตรฐาน (standard minerals) (Whittig, 1965) และประเมินหาปริมาณของแร่ชนิดต่าง ๆ โดยวิธี relative peak height และ peak area (Jackson, 1965)

2.4.2 วิเคราะห์ชนิดและปริมาณของแร่ในกลุ่มอนุภาคทรายแป้ง (silt fraction) ขนาด 2 ถึง 50 ไมโครเมตร โดยวิธีเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ นำผลที่ได้เปรียบเทียบกับชนิดของแร่มาตรฐาน (Brindley and Brown, 1980) สำหรับปริมาณของแร่ชนิดต่าง ๆ ประเมินโดยวิธี relative peak height และ peak area (Jackson, 1965)

2.5 การวิเคราะห์จุลสัณฐานวิทยาของดินและศิลาวรรณา

2.5.1 ตัวอย่างดินที่เก็บมาจากภาคสนามโดยใช้กล่องคูเบียนา มีขั้นตอนการเตรียมทำแผ่นตัดบาง (thin section) เพื่อศึกษาจุลสัณฐานวิทยาของดิน โดยวิเคราะห์ผ่านกล้องจุลทรรศน์ (มรกต, 2532; Brewer, 1976; Bullock *et al*., 1985) ดังนี้

1) ถ่ายดินออกจากกล่องคูเบียนาลงในกล่องกระดาษซึ่งบุพลาสติกเรียบร้อยแล้ว พร้อมทั้งเขียนรายละเอียด ชื่อชุดดิน ชั้นดิน และทำลูกศรชี้ทิศทางของตัวอย่างดินที่เก็บ

2) อบดินให้แห้งภายในตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3-4 สัปดาห์ หรือจนแน่ใจว่าความชื้นในดินไม่มีเหลืออยู่เลย (อุณหภูมิในการอบตัวอย่างดิน ถ้าสูงกว่า 70 องศาเซลเซียส จะทำให้ดินแตก และอินทรียวัตถุจะถูกทำลาย) หลังจากนั้นนำมาทำให้แข็งโดยการแทรกสาร (impregnation) ซึ่งเป็นน้ำยาผสมของอัลโพลิท ยูพี 001 อี ที่ใช้เป็นสารเชื่อม เบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ เป็นสารทำให้เกิดปฏิกิริยา และสไตรีนโมโนเมอร์ เป็นตัวทำเจือจาง โดยเทน้ำยาที่ผสมดีแล้วลงในกล่องตัวอย่างดิน

3) นำไปใส่ในตู้อบสุญญากาศ (vacuum drying oven) ที่ความดัน 60 เซนติเมตรปรอท ประมาณ 6-8 ชั่วโมง จึงนำออกมาใส่ตู้ควัน คอยเติมน้ำยาให้ท่วมอยู่เสมอ ค่อย ๆ เพิ่มความเข้มข้น และเพิ่มเบนโซอิลเปอร์ออกไซด์ทีละน้อย จนกว่าน้ำยาจะแข็งตัว จึงนำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 35-40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

4) จากนั้นนำมาตัดด้วยเครื่องตัด (diamond saw) ให้หนาประมาณ 5-8 เซนติเมตร นำมาขัดผิวหน้าด้านใดด้านหนึ่งของตัวอย่าง โดยใช้ผงขัดซิลิคอนคาร์ไบด์ (silicon carbide powder) ผสมน้ำมัน นำตัวอย่างดินที่ขัดและเช็ดให้แห้งเรียบร้อยแล้ว อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 6 ชั่วโมง

5) นำตัวอย่างดินมาติดบนสไลด์ โดยใช้กาวที่มีส่วนผสมของอัลโพลิท ยูพี 001 อีกับไซโคลเฮกซะโนนเปอร์ออกไซด์ (cyclohexanone peroxide) และโคบอลต์ออกทีเอต (cobaltocteate) หลังจากติดตัวอย่างสไลด์เรียบร้อยแล้ว ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง

6) นำตัวอย่างที่ติดสไลด์แล้วมาตัดด้วยเครื่องตัดบาง และขัดด้วยผงขัดหยาบและละเอียด ตามลำดับ จนกระทั่งตัวอย่างมีความหนาประมาณ 0.03 มิลลิเมตร โดยสังเกต สีของแร่ควอตซ์จะมีสีเทา หรือเทาปนเหลือง เมื่อส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดดูหินและแร่ในสภาพ x-nicols จากนั้นปิดด้วยกระจกปิดสไลด์ (cover glass) แล้วนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดดูหินและแร่ เพื่อศึกษาทางจุลสัณฐานวิทยาของดิน (Brewer, 1976; Bullock *et al*., 1985)

2.5.2 การวิเคราะห์ศิลาวรรณา (petrographic analysis) มีขั้นตอนการทำแผ่นตัดบางของหินทุกขั้นตอนเหมือนกับการทำแผ่นตัดบางของดินถ้าหินมีการผุพังค่อนข้างมาก แต่ถ้าหินไม่มีการผุพังก็ข้ามขั้นตอนที่ทำให้แข็งตัว ซึ่งตัวอย่างหินที่ผ่านขั้นตอนการทำแผ่นตัดบางเรียบร้อยแล้ว นำมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ชนิดดูหินและแร่ เพื่อศึกษาศิลาวรรณา (MacKenzie *et al.,* 1982; Shelly, 1985)

**3. การวิเคราะห์ข้อมูล**

3.1 รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และแร่วิทยา รวมถึงสภาพแวดล้อมบางประการที่แสดงถึงข้อจำกัดในด้านความอุดมสมบูรณ์ของดินและการใช้ประโยชน์ที่ดิน

3.2 ประเมินสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ (Sanchez *et al*., 1982) และความอุดมสมบูรณ์ (กองสำรวจดิน, 2523) ของดินที่สูง เพื่อหาแนวทางการวางแผนจัดการดิน

**4. สถานที่และระยะเวลาศึกษา**

4.1 สถานที่

4.1.1 การปฏิบัติงานในภาคสนาม บริเวณที่มีความสูงจากระดับทะเลปานกลางตั้งแต่ 700 เมตร ขึ้นไป บริเวณอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

4.1.2 การวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ใช้ห้องปฏิบัติการของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน และสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ

4.2 ระยะเวลาที่ทำการศึกษา

เริ่มทำการศึกษาตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2549 และสิ้นสุดการศึกษาในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2550

**ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1. ข้อมูลดินทางด้านกายภาพ ทางเคมี และแร่วิทยาของดินที่สูง บริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

2. องค์ความรู้ด้านลักษณะการเกิดดิน และความสัมพันธ์ของลักษณะดินกับสภาพภูมิ-ประเทศ และหน่วยจำแนกดินที่สูง บริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

3. หน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน (FCC units) และศักยภาพของดินที่สูง ในบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์เพื่อนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปเป็นพื้นฐานในการพิจารณาวางแผนเพื่อการใช้ประโยชน์ที่ดินและจัดการดิน ตลอดจนนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นพื้นฐานในการถ่ายทอดเทคโนโลยีทางการเกษตร ตลอดจนการอนุรักษ์ดินเป็นไปอย่างรัดกุมและเหมาะสม

## สภาพทั่วไปของบริเวณที่ทำการศึกษา

### 1. ขอบเขตและลักษณะพื้นที่ที่ศึกษา

อำเภอเขาค้อ ตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงเหนือของจังหวัดเพชรบูรณ์ อยู่ห่างจากที่ตั้งของจังหวัดเพชรบูรณ์ ประมาณ 47 กิโลเมตร มีพื้นที่เขตการปกครองรวม 1,333 ตารางกิโลเมตร หรือ 833,125 ไร่ เป็นพื้นที่การเกษตร 235,625 ไร่ พื้นที่ป่าไม้ 597,500 ไร่ โดยมีอาณาเขตติดต่อกับอำเภอใกล้เคียง (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบเกษตรในเขตวิกฤต, 2546) ดังนี้

| | |
|---|---|
| ทิศเหนือ | ติดต่อกับอำเภอด่านซ้าย จังหวัดเลย และอำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก |
| ทิศใต้ | ติดต่อกับอำเภอเมือง และอำเภอวังโป่ง จังหวัดเพชรบูรณ์ |
| ทิศตะวันออก | ติดต่อกับอำเภอหล่มเก่า อำเภอหล่มสัก และอำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ |
| ทิศตะวันตก | ติดต่อกับอำเภอนครไทย และอำเภอเนินมะปราง จังหวัดพิษณุโลก |

### 2. สภาพภูมิประเทศ

พื้นที่ส่วนใหญ่ของบริเวณเขาค้อ เป็นป่าและภูเขา บางแห่งสูงชันสลับซับซ้อน มีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง ตั้งแต่ 500-1,400 เมตร โดยเฉพาะพื้นที่ด้านตะวันตกของอำเภอเขาค้อติดเขตป่าสงวนแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง พื้นที่เป็นลักษณะลูกฟูก เขาค้อเป็นชื่อเรียกรวมบริเวณเทือกเขาของเทือกเขาเพชรบูรณ์ สองด้านใต้ โดยมีเทือกเขาที่สำคัญ ได้แก่ เขาค้อ (เขาปางก่อ) สูงประมาณ 1,174 เมตร ตั้งอยู่ตรงกลางอำเภอ เขาย่าสูงประมาณ 1,350 เมตร เป็นเทือกเขาที่สูงที่สุดอยู่ทางใต้ของอำเภอ เขาห้วยทราย สูงประมาณ 1,030 เมตร เขาตะเคียนโง๊ะ สูงประมาณ 909 เมตร ตั้งอยู่ทิศใต้ของอำเภอ (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบเกษตรในเขตวิกฤต, 2546)

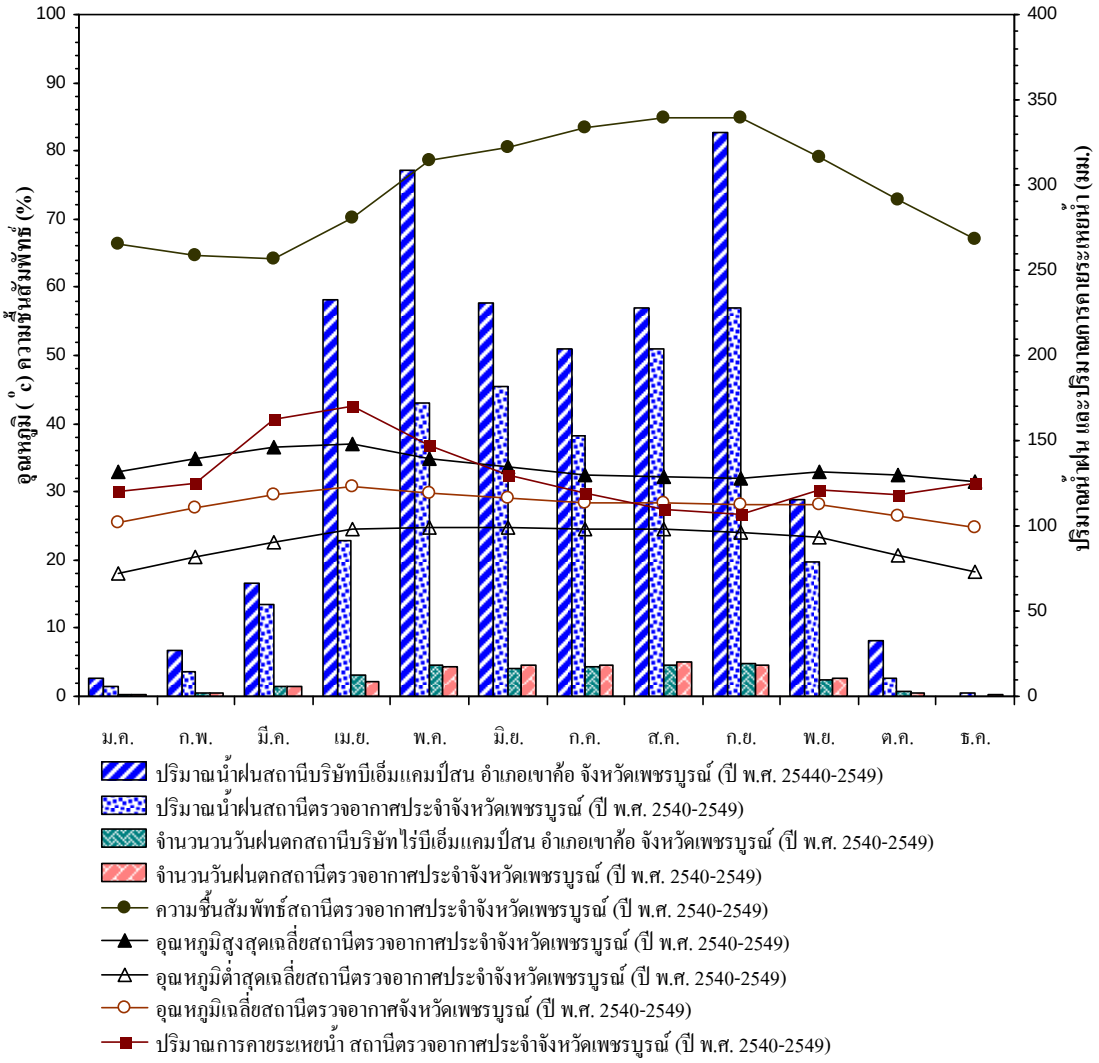
**3. สภาพภูมิอากาศ**

ลักษณะภูมิอากาศบริเวณเขาค้อโดยรวมจากข้อมูลสถานีวิจัยพืชสวนเพชรบูรณ์ (เกษตรที่สูงเขาค้อ) มีอากาศหนาวเย็นตลอดปี ฤดูร้อนอากาศไม่ร้อนจัด ส่วนฤดูหนาวอากาศหนาวจัดอุณหภูมิต่ำสุดที่เคยวัดได้ เฉลี่ยประมาณ 3 องศาเซลเซียส ในช่วงระหว่างเดือนธันวาคม ถึงเดือนกุมภาพันธ์ สำหรับฤดูฝนมีฝนตกชุก ปริมาณน้ำฝนวัดได้เฉลี่ย 189 มิลลิเมตรต่อเดือน สูงสุดเคยวัดได้ 300 มิลลิเมตรต่อเดือน ต่ำสุด 50 มิลลิเมตรต่อเดือน อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 22.6 องศาเซลเซียส เนื่องจากพื้นที่เขาค้อส่วนใหญ่ติดกับป่าสงวนแห่งชาติ และเขตพื้นที่อุทยานแห่งชาติทุ่งแสลงหลวง ประกอบกับมีลำน้ำเข็กไหลผ่าน รวมทั้งมีการสร้างอ่างหรือทำนบสำหรับเก็บกักน้ำไว้ให้เกษตรกรใช้เพื่อการเกษตร และบริโภค จึงทำให้มีความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศสูงตลอดปีตอนเช้ามีหมอกหนาปกคลุมมากในช่วงฤดูหนาว และฤดูฝน (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบเกษตรในเขตวิกฤต, 2546)

ในการศึกษาครั้งนี้ ใช้ข้อมูลสถิติเกี่ยวกับลักษณะภูมิอากาศในคาบ 10 ปี ในระหว่างปี พ.ศ. 2540-2549 ของสถานีบริษัทไร่บีเอ็มแคมป์สน อำเภอเขาค้อ และสถานีตรวจอากาศประจำจังหวัดเพชรบูรณ์เป็นหลัก ซึ่งแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 1 และภาพที่ 3 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2550)

3.1 ปริมาณและการแจกกระจายของฝน

ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยตลอดปีของสถานีบริษัทบีเอ็มแคมป์สน อำเภอเขาค้อเท่ากับ 1,787.6 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณสูงสุดเฉลี่ยในเดือนกันยายน 330.3 มิลลิเมตร ส่วนเดือนมกราคม พบว่าเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยน้อยสุดเท่ากับ 10.2 มิลลิเมตร ส่วนสถานีตรวจอากาศประจำจังหวัดเพชรบูรณ์ มีค่าเท่ากับ 1,195.5 มิลลิเมตร โดยมีปริมาณสูงสุดเฉลี่ยในเดือนกันยายน 227.7 มิลลิเมตร ส่วนเดือนมกราคม พบว่าเป็นเดือนที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยน้อยสุดเท่ากับ 5.9 มิลลิเมตร การกระจายของฝนของสถานีบริษัทบีเอ็มแคมป์สน อำเภอเขาค้อ พบว่าจำนวนวันที่ฝนตกในรอบปีเท่ากับ 122.0 วัน โดยในเดือนกันยายนมีจำนวนวันที่ฝนตกสูงสุด (เฉลี่ย 19 วัน) และในเดือนธันวาคมที่ไม่มีฝนตกเลย ส่วนสถานีตรวจอากาศประจำจังหวัดเพชรบูรณ์ มีจำนวนวันที่ฝนตกในรอบปีเท่ากับ 122.5 วัน โดยในเดือนสิงหาคมมีจำนวนวันฝนตกสูงสุด (เฉลี่ย 20.3 วัน) และเดือนที่มีฝนตกน้อยสุด คือ เดือนธันวาคม (เฉลี่ย 0.8 วัน) เมื่อนำปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยทั้ง 2 สถานี มาเปรียบเทียบกัน พบว่าบริเวณสถานีบริษัทไร่บีเอ็มแคมป์สน อำเภอเขาค้อ มีปริมาณฝนรายปีมากกว่าสถานีตรวจอากาศประจำจังหวัดเพชรบูรณ์ อาจเนื่องมาจากสถานีบริษัทไร่บีเอ็มแคมป์สน อำเภอเขาค้อตั้งอยู่สูงกว่า ประกอบกับพื้นที่




**ภาพที่ 3** ปริมาณน้ำฝน จำนวนวันฝนตก ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย อุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณการคายระเหยน้ำ ระหว่างปี พ.ศ. 2540-2549 ในบริเวณจังหวัดเพชรบูรณ์ (ดัดแปลงจาก กรมอุตุนิยมวิทยา, 2550)

โดยรอบสถานีเป็นพื้นที่ป่าไม้ ทำให้มีความชื้นสูงโอกาสที่ฝนตกมีมากกว่าบริเวณในเมือง ฝนที่ตกส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการพาความร้อนประกอบกับมีแนวพัดสอบของลมตะวันตกเฉียงใต้กับลมใต้ และฝนตกชุกมากขึ้นในเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน ซึ่งได้รับอิทธิพลจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และมีร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านประเทศไทยตอนบน ในเดือนสิงหาคมจะได้รับอิทธิพลจากพายุใต้ฝุ่น “อุซางิ (USAGI)” แล้วลดความแรงลงเป็นพายุดีเปรสชันและความหย่อมกดอากาศต่ำในเวลาต่อมา และเคลื่อนตัวจากอ่าวตังเกี๋ยไปทางทิศตะวันตกซึ่งทำให้ประเทศไทยตอนบนมีฝนตกหนักถึงหนักมากเพิ่มขึ้น ในเดือนตุลาคมฝนตกลดน้อยลง เนื่องจากเป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนทิศทางของ

ลมมรสุมเดือนพฤศจิกายนถึงเดือนกุมภาพันธ์ ฝนจะทิ้งช่วง เนื่องจากมีความกดอากาศสูงจากประเทศจีนนำพาอากาศแห้งและเย็นมาสู่ประเทศไทย ปริมาณไอน้ำไม่เพียงพอที่จะก่อเป็นเมฆฝนได้ (สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบเกษตรในเขตวิกฤต, 2546)

3.2 อุณหภูมิ

ค่าอุณภูมิเฉลี่ยตลอดปีของสถานีตรวจอากาศจังหวัดเพชรบูรณ์เท่ากับ 28.0 องศาเซลเซียส โดยมีค่าอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 33.6 และ 22.5 องศาเซลเซียสตามลำดับ กล่าวคือเดือนเมษายน ซึ่งเป็นเดือนที่มีอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยแตกต่างจากเดือนที่มีค่าอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย คือ เดือนมกราคมประมาณ 18.9 องศาเซลเซียส

3.3 ความชื้นสัมพัทธ์

ค่าปริมาณความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีเท่ากับร้อยละ 74.8 โดยเดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์สูงสุด คือ ร้อยละ 85.0 และเดือนมีนาคมเป็นเดือนที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำสุด คือ ร้อยละ 64.2 จากตารางผนวกที่ 1 และภาพที่ 3 แสดงให้เห็นว่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยมีค่าค่อนข้างสูง เนื่องจากบริเวณรอบสถานีมีสภาพเป็นป่า จึงมีการคายไอน้ำออกมามาก ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายเดือนมีค่าสูงกว่าร้อยละ50 ขึ้นไป

3.4 ปริมาณการคายระเหยน้ำ

ค่าปริมาณการคายระเหยน้ำเฉลี่ยตลอดปีของสถานีตรวจอากาศจังหวัดเพชรบูรณ์ เท่ากับ 1,554.2 มิลลิเมตร โดยเดือนเมษายนเป็นเดือนที่มีค่าปริมาณการคายระเหยน้ำเฉลี่ยสูงสุด (170.4 มิลลิเมตร) และเดือนกันยายนเป็นเดือนที่มีค่าปริมาณการคายระเหยน้ำเฉลี่ยต่ำสุด (106.5 มิลลิเมตร)

จากข้อมูลอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณการคายระเหยของสถานีตรวจอากาศประจำจังหวัดเพชรบูรณ์ มีความสัมพันธ์กันสามารถสรุปได้ว่า ในฤดูร้อนซึ่งมีอุณหภูมิสูงทำให้เกิดการระเหยของไอน้ำในอากาศได้สูง แต่เนื่องจากมีแนวพัดสอบของลมใต้ และลมตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งทำให้มีการหอบนำไอน้ำมาจากบริเวณอ่าวไทย และทะเลจีนใต้ ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ไม่ต่ำมากนัก คือ มีค่าความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยร้อยละ 70.3 ซึ่งแตกต่างกับฤดูฝนที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า และปริมาณฝน

มากกว่า เนื่องมาจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดเข้าสู่ประเทศไทย ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์สูงกว่าในฤดูร้อน ส่วนอุณหภูมิในฤดูหนาวต่ำกว่าในฤดูร้อนและฤดูฝน และปริมาณฝนก็จะต่ำกว่าในฤดูร้อนและฤดูฝน เนื่องจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือที่พัดพาความหนาวเย็นและความแห้งแล้ง ทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ในฤดูหนาวต่ำกว่าฤดูฝนและร้อน

**4. ลักษณะทางธรณีวิทยา**

ลักษณะทางธรณีวิทยาของเขาค้อ ประกอบด้วยหินชนิดต่างๆ ทั้งหินอัคนี หินตะกอน และหินแปร อิทธิพลของน้ำเป็นตัวที่ทำให้เกิดการพัฒนารูปร่างของพื้นที่ ยอดเขาทั่วไปจะมีลักษณะกลมมน ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในอัตราสูง และในสภาวะที่มีป่าไม้ปกคลุม ภูมิประเทศที่มีประโยชน์และอยู่ในที่สูง และบริเวณใกล้เคียงยังคงถือว่ามีอายุทางธรณีวิทยาน้อย การแจกกระจายของหินในบริเวณเขาค้อ ส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยหินบะซอลต์ (basalt) แอนดีไซต์ (andesite) ไรโอไลต์ (rhyolite) ทัฟฟ์ (tuff) และ พอร์ฟีรี (porphyries) อายุระหว่างยุคเทอร์เทียรี (tertiary) ถึง ยุคไตรแอสสิก (triassic) (Kheoruenromne *et al*., 1991) จากผลการศึกษาเรื่องสมบัติของดินในบริเวณโครงการเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ สามารถจำแนกดินได้เป็น Typic Hapludalf, Ultic Hapludalf, Vertic Argiudoll, Typic Argiudoll, Vertic Hapludalf, Vertic Paleudalf และ Mollic Hapludalf (พิชัย, 2542)

**5. พืชพรรณและการใช้ประโยชน์ที่ดิน**

เขาค้อ มีทั้งป่าธรรมชาติและป่าปลูก (ส่วนใหญ่เป็นป่าปลูกกว่า 50% ของพื้นที่) ประกอบด้วย ป่าเบญจพรรณ (ประเภทที่ไม่มีไม้สัก) ป่าเต็งรังหรือป่าแดง ป่าดงดิบ ทุ่งหญ้า พรรณไม้มีค่าทางเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น ยาง สัก ประดู่ แดง มะค่าโมง เต็ง รัง ตะเคียนทอง สนเขา ก่อ สมุนไพร กล้วยไม้ป่าต่าง ๆ ฯลฯ การใช้ประโยชน์ที่ดินมีการปลูกพืชเศรษฐกิจ เช่น ข้าวโพด และ ขิง ต่อมาได้ทำสวนมะขามหวาน และระหว่างแถวของมะขามหวาน ก็ยังปลูกพืชเศรษฐกิจอื่นแซมพื้นที่ว่างไปด้วย ได้แก่ ข้าวโพด และมีการปลูกพืชหมุนเวียนอื่น ๆ บ้าง เช่น กะหล่ำปลี ถั่วลันเตา หัวผักกาด พืชผักเมืองหนาว มีการเลี้ยงสัตว์ และประกอบพาณิชยกรรมบ้างเล็กน้อย มีการแบ่งพื้นที่เพื่อใช้ประโยชน์ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น พื้นที่ทำการเกษตร แหล่งน้ำ เรือนเพาะชำ ที่อยู่อาศัย คอกสัตว์ และทุ่งหญ้า เป็นต้น ซึ่งจะเป็นการอนุรักษ์ดินเพื่อการเกษตรได้เป็นอย่างดี (พิชัย, 2542; สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบเกษตรในเขตวิกฤต, 2546)

# ผลการศึกษาและวิจารณ์

ผลการศึกษาลักษณะของดินที่สูง ในบริเวณอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ประกอบด้วย ลักษณะทั่วไปและสัณฐานวิทยาของดินในสนาม จุลสัณฐานวิทยา สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และสมบัติเชิงแร่วิทยาของดิน การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน และสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทำโดยคัดเลือกดินที่เป็นตัวแทน 6 บริเวณ อยู่ในช่วงระดับความสูงตั้งแต่ 724-942 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง โดยแต่ละบริเวณกำหนดให้เป็นพีดอน (Pedon) ซึ่งเป็นปริมาตรที่เล็กที่สุดที่สามารถบอกได้ว่าเป็นดินหนึ่ง (soil individual) (Buol *et al*., 2003) และเป็นหน่วยที่เล็กที่สุดที่สามารถจะอธิบายหน้าตัดดินได้ครบทุกลักษณะ (เอิบ, 2542ก)

## 1. ลักษณะทั่วไปและสัณฐานวิทยาสนามของดินที่สูง

ลักษณะทั่วไปและสัณฐานวิทยาสนามของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 6 บริเวณ แสดงไว้ในคำอธิบายหน้าตัดดินในภาคผนวก และในตารางที่ 4, 5 และ 6

### 1.1 ดินพีดอน 1 (Typic Paleudult, very fine, kaolinitic, isohyperthermic) (ภาพที่ 4)

บริเวณบ้านเพชรช่วย ตำบลริมสีม่วง อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ มีความสูง 794 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ลักษณะดินเป็นดินลึกมาก ดินมีพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Ap-Bt วัตถุต้นกำเนิดเป็นวัสดุตกค้าง (residuum) ที่สลายตัวมากจากหินไรโอลิติกทัฟฟ์ สภาพพื้นที่เป็นเนินเขา (hilly) มีความลาดเทประมาณร้อยละ 28 ดินมีการระบายน้ำดี มีการซาบซึมน้ำปานกลาง และมีการไหลบ่าของน้ำผิวดินเร็วปานกลาง ขณะทำการศึกษาระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกเกินกว่า 200 เซนติเมตรจากผิวดิน สภาพการใช้ที่ดินขณะทำการศึกษาใช้ทำการปลูกข้าวไร่ร่วมกับยางพารา

ดินบนลึก 32/40 เซนติเมตร มีสีน้ำตาลเข้ม เนื้อดินเป็นดินเหนียว มีโครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน มีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนแข็งแรง พบชิ้นส่วนของหินขนาดเล็กมากในปริมาณน้อย และร่องแตกระแหงขนาดเล็กในปริมาณค่อนข้างมาก พบลักษณะการสะสมดินเหนียวเป็นการเคลือบบริเวณผิวหน้าเม็ดดินในปริมาณน้อย และไม่ค่อยชัดเจน ปฏิกิริยาดินในสนามเป็นกรดแก่ถึงปานกลาง (pH 5.5-6.0)

**ตารางที่ 4** ลักษณะทั่วไปของดินที่สูงที่ทำการศึกษา

| พีดอน (Pedon) | ความหนาของชั้นดินบน (Thickness of surface soil) (ซม.) | ความลึก (Effective depth) (ซม.) | พัฒนาการของหน้าตัดดิน (Profile development) | ความลาดชัน (Slope) (%) | ความสูงจากระดับทะเลเฉลี่ย (Elevation) (เมตร) | สภาพภูมิ-ประเทศ (Relief) | สัณฐานภูมิประเทศ (Landform) | วัตถุต้นกำเนิดดิน (Parent Material) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 40 | 200+ | Ap-Bt1-Bt2-Bt3-Bt4- Bt5-Bt6-Bt7 | 28 | 794 | Hilly | Lower backslope on highland hilly areas | Residuum derived from weathered rhyolitic tuff |
| 2 | 20 | 200+ | Ap-AB-Bt1-Bt2-Bt3- Bt4-Bt5 | 4 | 783 | Undulating | Upper footslope | Residuum derived from weathered rhyolitic tuff |
| 3 | 10 | 200+ | Ap-Bt1-Bt2-Bt3-Bt4- Bt5-Bt6-Bt7 | 7 | 942 | Hilly | Upper spure valley side slope on highland hilly areas | Residuum derived from weathered andesitic tuff |
| 4 | 25 | 200+ | Ap1-Ap2-AB-Btc-Bt1-2Bt2-2Bt3-2Crt1-2Crt2 | 7 | 800 | Hilly | Lower midslope on highland hilly areas | Colluvium over residuum derived from weathered rhyolitic tuff |
| 5 | 30 | 200+ | Ap-Bt1-Bt2-Bt3-2Bt4-2Bt5-2Bt6-2Bt7 | 30 | 740 | Hilly | Lower blackslope on highland hilly areas | Colluvium over residuum derived from weathered andesitic tuff |
| 6 | 25 | 200+ | Ap-Bt-BCrt1-BCrt2-Crt-Cr | 4 | 724 | Undulating | Lower footslope on highland undulating plain | Residuum derived from weathered greywacke |

**ตารางที่ 5** สภาพแวดล้อมทั่วไปของดินที่สูงในบริเวณพื้นที่ทำการศึกษา

| พีดอน (Pedon) | สภาพภูมิอากาศ (Climate type) | การใช้ที่ดิน (Land use) | การระบายน้ำ (Drainage) | การซาบซึมน้ำ (Permeability) | การไหลบ่าของน้ำ (Runoff) |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Semi-humid subtropical | Mixed cropping of para rubber and upland rice | Well drained | Moderate | Moderately rapid |
| 2 | Semi-humid subtropical | Mixed cropping of coffees and everygreen tree species | Well drained | Moderate | Moderate |
| 3 | Semi-humid subtropical | Litchie terrace | Well drained | Moderate | Moderate |
| 4 | Semi-humid subtropical | Upland rice left fallow at time of sampling under tall grasses | Well drained | Moderate | Moderate |
| 5 | Semi-humid subtropical | Chilli left idle at time of sampling | Well drained | Moderate | Rapid |
| 6 | Semi-humid subtropical | Vegetable, left fallow at time of sampling | Well drained | Moderate | Moderate |

**ตารางที่ 6** สัณฐานวิทยาสนามของหน้าตัดดินที่สูงในบริเวณที่ทำการศึกษา

| ชั้นดิน | ความลึก (ซม.) | สีดิน | เนื้อดิน | โครงสร้าง | การยึดตัว แห้ง, ชื้น, เปียก | ปฏิกิริยาดิน ในสนาม | ขอบเขต ชั้นดิน | ลักษณะอื่น ๆ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pedon 1 Typic Paleudult, very fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | | |
| Ap | 0-30/40 | 7.5YR 3/3 | C | 3, f-m, sbk | H, F, VS/VP | 6.0 | C and W | common traces of dead roots, few surface cracks |
| Bt1 | 40-61 | 5YR 4/6 | C | 3, f-m, sbk | H, F, MS/VP | 5.5 | G and S | few traces of dead roots |
| Bt2 | 61-81 | 5YR 5/6 | C | 3, f-m, sbk | H, VF, MS/VP | 6.0 | C and S | common traces of dead roots |
| Bt3 | 81-103 | Mixed 5YR 5/6, 10YR 6/6, 2.5YR 4/6 | C | 3, f-m, sabk | H, F, MS/MP | 6.0 | G and S | few traces of dead roots |
| Bt4 | 103-131 | Mixed 5YR 4/6, 10YR 6/6, 2.5YR 5/6 | C | 2, f-m, sabk | SH, SF, MS/MP | 6.0 | G and S | few iron-manganease oxide nodules, few traces of dead roots |
| Bt5 | 131-154 | Mixed 2.5YR 4/6, 10YR 6/6 | C | 2, f-m, sabk | SH, SF, MS/MP | 6.0 | C and S | few iron-manganease oxide soft and few traces of dead roots |
| Bt6 | 154-179 | Mixed 2.5 YR 4/8, 10YR 7/4 | C | 2, f-m, sabk | SH, SF, MS/MP | 6.0 | G and S | spot accumulation of white clayey materials |
| Bt7 | 179-200+ | Mixed 2.5 YR 4/8, 10YR 7/4 | SiC | 2, f-m, sabk | SH, SF, MS/MP | 6.0 | - | spot accumulation of white clayey materials and few traces of dead roots |
| **Pedon 2 Typic Paleudult, fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | | |
| Ap | 0-20 | Mixed 7.5YR 4/4, 5YR 6/6 | FSCL | 3, f-m, sbk | H, F, SS/MP | 6.5 | C and S | common traces of dead roots |
| AB | 20-46/51 | 5YR 4/4 | CL | 2, f-m, sabk | H,SF, MS/MP | 6.5 | C and W | common traces of dead roots |
| Bt1 | 51-72 | 5YR 5/8 | C | 2, f-m, abk | SH, SF, MS/MP | 6.0 | G and S | few traces of dead roots |
| Bt2 | 72-102 | Mixed 5YR 5/8, 10YR 7/8, 2.5YR 4/6 | C | 2, f-m, sbk | SH, SF, MS/MP | 5.5 | G and S | few traces of dead roots |
| Bt3 | 102-130 | 5YR 5/8 | C | 2, f-m, sabk | SH, SF, MS/MP | 5.5 | G and S | few traces of dead roots |
| Bt4 | 130-160 | 5YR 5/8 | C | 2, f-m, sabk | SH, SF, MS/MP | 5.5 | G and S | - |
| Bt5 | 160-200+ | 5YR 5/8 | C | 2, f-m, sabk | SH, SF, MS/MP | 5.5 | - | - |
| **Pedon 3 Typic Paleudult, very fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | | |
| Ap | 0-10 | 7.5YR 4/4 | C | 3, f-m, sbk | VH, VF, MS/MP | 6.5 | C and S | common traces of dead roots common deep but narrow surface cracks |
| Bt1 | 10-31 | 7.5YR 4/6 | C | 3, f-m, sbk | VH, F, MS/VP | 6.0 | G and S | common traces of dead roots |
| Bt2 | 31-56 | Mixed 5YR 4/6, 10YR 5/4 | C | 3, f-m, sbk | VH, F, MS/VP | 5.5 | C and S | common traces of dead roots |
| Bt3 | 56-81 | Mixed 5YR 5/6, 10YR 5/4 | C | 3, f-m, sbk | H, F, MS/VP | 5.0 | C and S | few fecal pellets |

**ตารางที่ 6** (ต่อ)

| ชั้นดิน | ความลึก (ซม.) | สีดิน | เนื้อดิน | โครงสร้าง | การยึดตัว แห้ง, ชื้น, เปียก | ปฏิกิริยาดิน ในสนาม | ขอบเขต ชั้นดิน | ลักษณะอื่น ๆ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pedon 3 (continued)** | | | | | | | | |
| Bt4 | 81-112 | Mixed 5YR 5/6, 10YR 6/6 | C | 3, f-m, sbk | H, F, MS/MP | 5.0 | G and S | - |
| Bt5 | 112-142 | Mixed 5YR 5/6, 10YR 7/4, 10YR 6/6, 2.5YR 4/6 | C | 2, f-m, sabk | SH, SF, MS/MP | 5.0 | C and S | - |
| Bt6 | 142-175 | Mixed 5YR 5/6, 10YR 7/4, 2.5YR 4/6, 10YR 6/8 | C | 2, f-m, sabk | SH, SF, MS/MP | 5.5 | C and S | - |
| Bt7 | 175-200+ | Mixed 5YR 4/6, 10YR 7/4, 2.5YR 4/6, 10YR 6/8 | C | 2, f-m, sabk | SH, SF, MS/MP | 6.0 | - | - |
| **Pedon 4 Typic Paleudalf, fine-loamy, mixed, active, isohyperthermic** | | | | | | | | |
| Ap1 | 0-25 | 10YR 4/3 | GCL | 2, f-m, sbk | SH, SF, MS/MP | 7.0 | G and S | common traces of dead roots |
| Ap2 | 25-45 | 10YR 4/3 | GCL | 2, f-m, sbk | SH, SF, MS/MP | 7.0 | C and S | common traces of dead roots |
| AB | 45-60 | Mixed 10YR 4/3, 7.5YR 4/4 | GCL | 2, f-m, sbk | SH, SF, MS/MP | 7.0 | A and S | common traces of dead roots |
| Btc | 60-82 | 7.5YR 5/4 | GCL | 2, f-m, sbk | SH, SF, MS/MP | 7.0 | C and S | few traces of dead roots |
| Bt1 | 82-100 | Mixed 5YR 6/6, 7.5YR 7/4, 2.5YR 4/6 | SGC | 2, f-m, sbk | SH, SF, MS/MP | 5.5 | C and S | few traces of dead roots |
| 2Bt2 | 100-122 | Mixed 7.5YR 5/6, 10YR 7/4 | C | 3, f-m,sabk | H, F, MS/MP | 5.5 | C and S | - |
| 2Bt3 | 122-146/150 | Mixed 7.5YR 6/6, 10YR 7/4 | C | 2, f-m, abk | H, F, MS/MP | 6.0 | C and S | - |
| 2Crt1 | 150-180 | Mixed 10YR 7/2, 10YR 3/2, 10YR 5/8, 10YR 6/4, 10YR 7/8 | SGCL | 2, m-c, abk | H, F, MS/MP | 5.5 | G and S | - |
| 2Crt2 | 180-200+ | Mixed 10YR 3/2, 10YR 8/2, 10YR 5/8, 10YR 7/8 | SGCL | 2, m-c, abk | H, F, MS/MP | 6.5 | - | - |
| **Pedon 5 Vertic Hapludalf, very fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | | |
| Ap | 0-30 | 10YR 4/3 | C | 3, c, sbk | VH, VF, VS/VP | 6.0 | C and S | common surface cracks and common traces of dead roots |
| Bt1 | 30-50 | 7.5YR 4/3 | C | 3, m-c, sabk | VH, VF, VS/VP | 6.0 | G and S | common vertical cracks down to 60 cm depth a large block of slightly weathered rock |
| Bt2 | 50-70 | 5YR 4/4 | C | 3, m-c, sabk | VH, VF, VS/VP | 6.0 | C and S | few large block of slightly weathered rock fragments and traces of dead roots |

**ตารางที่ 6** (ต่อ)

| ชั้นดิน | ความลึก (ซม.) | สีดิน | เนื้อดิน | โครงสร้าง | การยึดตัว แห้ง, ชื้น, เปียก | ปฏิกิริยาดิน ในสนาม | ขอบเขต ชั้นดิน | ลักษณะอื่น ๆ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Pedon 5 (continued)** | | | | | | | | |
| Bt3 | 70-90 | Mixed 7.5YR 5/4, 7.5YR 4/4 | C | 3, m-c, sabk | VH, F, VS/VP | 6.0 | C and S | few large block of slightly weathered rock fragments and traces of dead roots |
| 2Bt4 | 90-115 | Mixed 7.5YR 5/4, 2.5YR 4/6, 2.5YR 5/6, 5YR 5/6 | C | 2, m-c, sabk | H, F, VS/VP | 6.0 | C and S | few traces of dead roots |
| 2Bt5 | 115-142 | Mixed 7.5YR 6/4, 2.5YR 5/6, 5YR 5/6, 5YR 2.5/1 | C | 2, f-m, sabk | H, F, VS/VP | 6.0 | C and S | few rock fragments |
| 2Bt6 | 142-165/170 | Mixed 7.5YR 6/4, 2.5YR 5/6, 5YR 5/6, 5YR 2.5/1 | C | 2, f-m, sabk | H, F, VS/VP | 6.0 | C and W | few rock fragments |
| 2Bt7 | 170-200+ | Mixed 7.5YR 6/4, 2.5YR 5/6, 5YR 5/6, 5YR 2.5/1 | C | 2, f-m, sabk | H, F, VS/VP | 6.0 | - | |
| **Pedon 6** | **Typic Paleudult, fine, mixed, semiactive, isohyperthermic** | | | | | | | |
| Ap | 0-25 | 10YR 4/4 | SGCL | 2, f-m, sbk | SH, SF, MS/VP | 4.5 | A and S | common traces of dead roots |
| Bt | 25-34/50 | Mixed 7.5YR 5/4, 2.5YR 3/6, 2.5YR 5/6 | SGC | 2, f-m, sbk | SH, F, MS/VP | 4.5 | C and W | few traces of dead roots |
| BCrt1 | 50-65 | Mixed 7.5YR 5/4, 2.5YR 2.5/4, 10YR 5/4, 5YR 5/8 | C | 2, f-m, sbk | SH, F, MS/VP | 4.0 | C and S | few traces of dead roots |
| BCrt2 | 65-85 | Mixed 7.5YR 5/4, 2.5YR 3/6, 10YR 5/4, 10YR 6/4, 5YR 5/8 | C | 2, f-m, sabk | SH, SF, MS/MP | 4.0 | A and S | - |
| Crt | 85-125 | Mixed 10YR 4/3, 2.5YR 3/6, 10YR 6/3 | C | 2, f-m, abk | SH, SF, MS/VP | 4.0 | C and S | weathered greywacke retaining original structure mainly |
| Cr | 125-200+ | Mixed 10YR 4/3, 2.5YR 3/6, 10YR 6/3 | CL | 2, f-m, abk | SH, SF, MS/VP | 4.0 | - | Weathered greywacke retaining original structure mainly |

**ตารางที่ 6** (ต่อ)

**หมายเหตุ**

<u>เนื้อดิน</u> (Texture)

| | | |
|---|---|---|
| C | = | ดินเหนียว (clay) |
| SiC | = | ดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay) |
| FSCL | = | ดินร่วนเหนียวปนทรายละเอียด (fine sandy clay loam) |
| CL | = | ดินร่วนเหนียว (clay loam) |
| GCL | = | ดินร่วนเหนียวปนกรวด (gravelly clay loam) |
| SGC | = | ดินเหนียวปนกรวดเล็กน้อย (slightly gravelly clay) |
| SGCL | = | ดินร่วนเหนียวปนกรวดเล็กน้อย (slightly gravelly clay loam) |

<u>โครงสร้าง</u> (Structure)

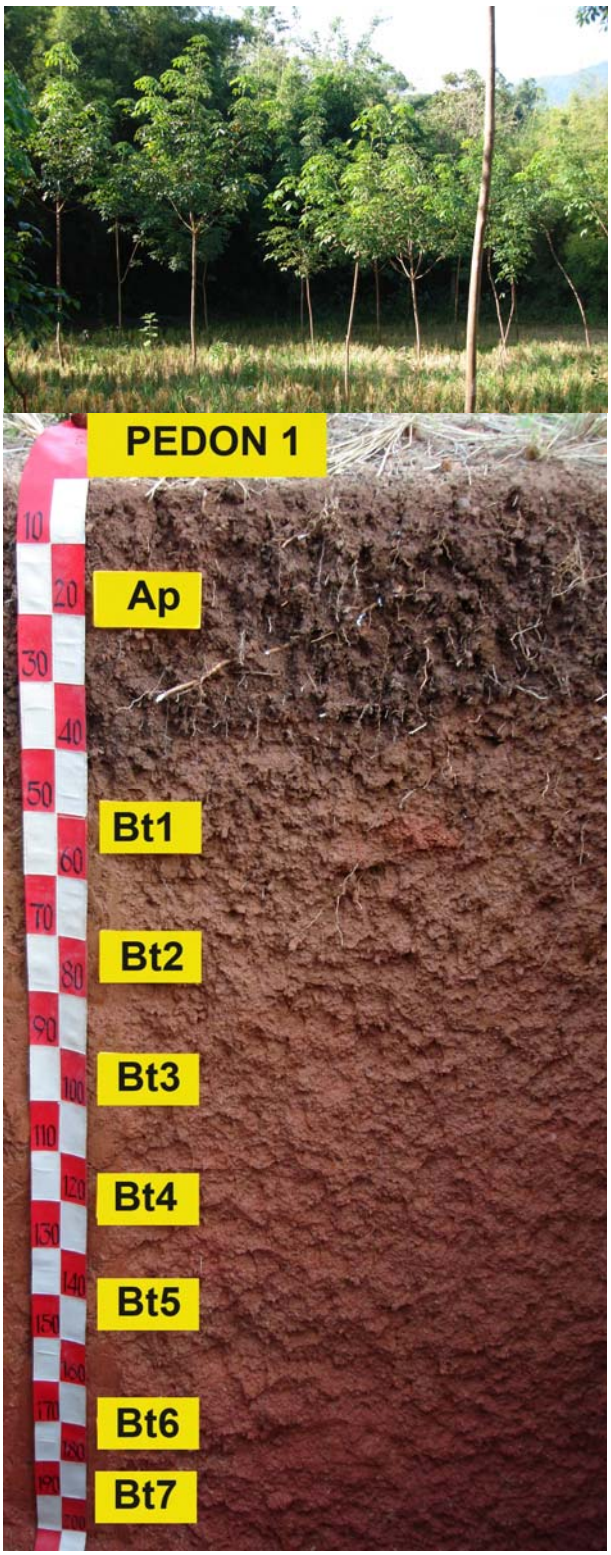
| | | |
|---|---|---|
| 1 | = | อ่อน (weak) |
| 2 | = | แข็งแรงปานกลาง (moderate) |
| 3 | = | แข็งแรง (strong) |
| c | = | หยาบ (coarse) |
| m | = | ปานกลาง (medium) |
| f | = | ละเอียด (fine) |
| abk | = | แบบก้อนเหลี่ยมมุมคม (angular blocky) |
| sbk | = | แบบก้อนเหลี่ยมมุมมน (subangular blocky) |
| sabk | = | แบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคม (semi-angular blocky) |

<u>การยึดตัว</u> (Consistence)

| | | | | <u>เปียก</u> | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <u>แห้ง</u> | SH | = | slightly | | SS | = | slightly sticky |
| | H | = | hard | | VS | = | very sticky |
| | VH | = | very hard | | VP | = | very plastic |
| <u>ชื้น</u> | SF | = | slightly firm | | MS | = | moderately sticky |
| | F | = | firm | | MP | = | moderately plastic |
| | VF | = | very firm | | | | |

<u>ขอบเขตชั้นดิน</u> (Boundary)

| | | |
|---|---|---|
| A | = | ชัดเจนมาก (abrupt) |
| C | = | ชัดเจน (clear) |
| G | = | ไม่ค่อยชัดเจน (gradual) |
| S | = | เรียบ (smooth) |
| W | = | เป็นลูกคลื่น (wavy) |




**ภาพที่ 4** แสดงลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 1
บริเวณบ้านเพชรช่วย ตำบลริมสีม่วง อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

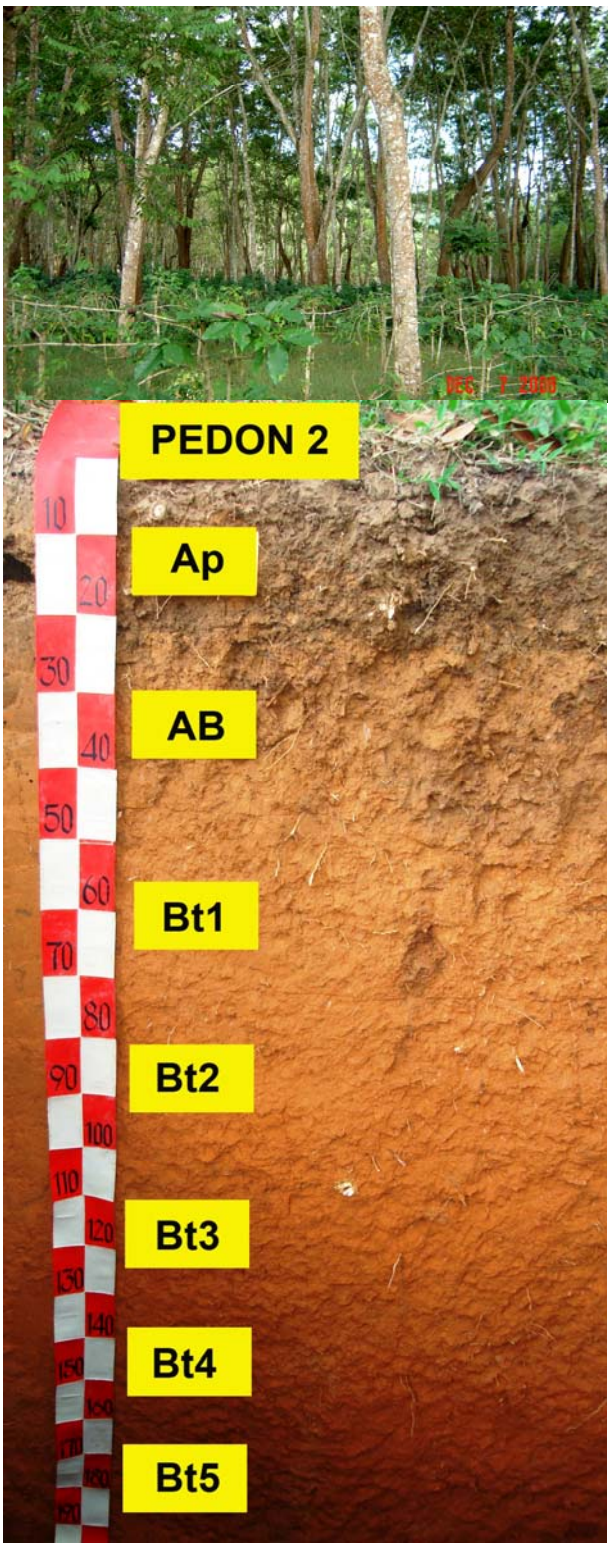
ดินล่างลึก 40-200+ เซนติเมตรในตอนบนของชั้นดินล่าง ที่ระดับความลึก 61-81 เซนติเมตร ดินมีสีแดงปนเหลือง เนื้อดินเป็นดินเหนียว มีโครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน มีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนแข็งแรง ที่ระดับความลึก 81-103 เซนติเมตร มีโครงสร้างของดินแบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคม มีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนแข็งแรง พบลักษณะการสะสมดินเหนียวเป็นการเคลือบบริเวณผิวหน้าเม็ดดินและผนังช่องว่างในปริมาณค่อนข้างมากแต่ว่าไม่ค่อยชัดเจนตลอดชั้นที่มีการสะสมดินเหนียว ที่ระดับความลึก 103-154 เซนติเมตร มีสีดินเป็นสีผสม คือสีน้ำตาลปนเหลือง เหลืองปนน้ำตาล แดง และน้ำตาลอ่อน มีโครงสร้างของดินแบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคม มีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง มีการสะสมมวลก้อนกลมของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์เล็กน้อย และที่ระดับความลึก 154-200+ เซนติเมตร มีการสะสมของอนุภาคขนาดดินเหนียวมีสีขาวลักษณะเป็นจุด ส่วนที่ระดับความลึกที่ 179-200+ เซนติเมตร นั้นเนื้อดินจะเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง มีโครงสร้างของดินแบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคม มีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง ปฏิกิริยาดินในสนามเป็นกรดแก่ถึงกรดปานกลาง (pH 5.5-6.0)

1.2 <u>ดินพีดอน 2</u> (Typic Paleudult, fine, kaolinitic, isohyperthermic) (ภาพที่ 5)

บริเวณสถานีวิจัยพืชสวนจังหวัดเพชรบูรณ์ (เกษตรที่สูงเขาค้อ) อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ มีความสูง 783 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ลักษณะดินเป็นดินลึกมาก ดินมีพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Ap-AB-Bt วัตถุต้นกำเนิดเป็นวัสดุตกค้างที่สลายตัวมากจากหินไรโอลิติกทัฟฟ์ สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาด (undulating) มีความลาดเทประมาณร้อยละ 4 ดินมีการระบายน้ำดี มีการซาบซึมน้ำปานกลาง และมีการไหล่บ่าของน้ำผิวดินปานกลาง ขณะทำการศึกษาระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกเกินกว่า 200 เซนติเมตร จากผิวดิน สภาพการใช้ที่ดินขณะทำการศึกษา คือ มีการปลูกพืชแบบระบบวนเกษตร มีการปลูกกาแฟร่วมกับสตอ กระถินณรงค์ กระถินเทพา เป็นต้น

ดินบนลึก 20 เซนติเมตร มีสีดินเป็นสีผสมของสีน้ำตาล สีเหลืองปนแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายละเอียด มีโครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน มีขนาดละเอียดถึงปานกลางมีความคงทนแข็งแรง ปฏิกิริยาดินในสนามเป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.5)

ดินล่างลึก 20-200+ เซนติเมตร ตอนบนของชั้นดินล่างที่ระดับความลึก 20-46/51 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลปนแดง เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว มีโครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมคม มีขนาดละเอียด ถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง มีลักษณะคล้ายชั้น Ap แต่แสดงลักษณะการสะสม




**ภาพที่ 5** แสดงลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 2 บริเวณสถานีวิจัยพืชสวน อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

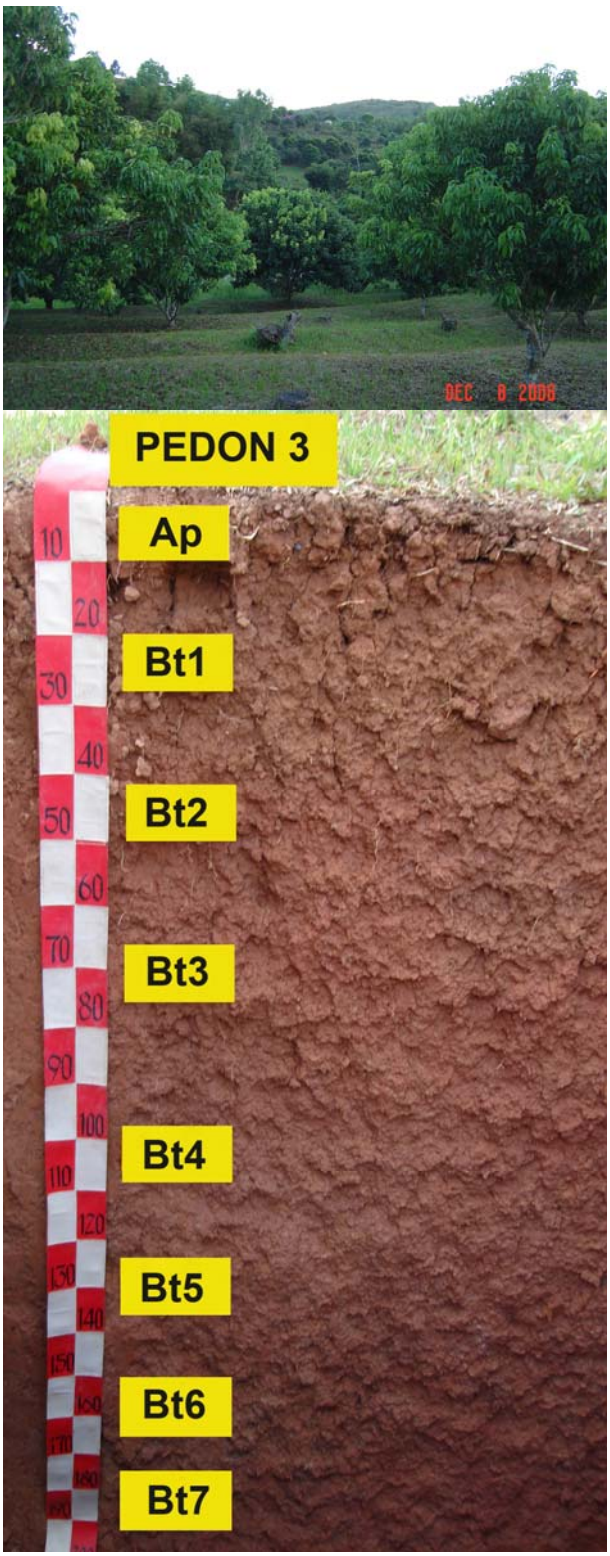
พบลักษณะการสะสมดินเหนียวเป็นการเคลือบบริเวณผนังช่องว่างในปริมาณน้อย และไม่ค่อยชัดเจน ที่ระดับความลึก 51-200+ เซนติเมตร มีสีดินเป็นสีผสมของน้ำตาลปนแดง สีแดงปนเหลือง และสีเหลือง มีโครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมคม ก้อนเหลี่ยมมุมมน และแบบก้อนค่อนข้างเหลี่ยม มีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง และพบว่าในช่วงระดับความลึกตั้ง 130-200+ เซนติเมตร พบลักษณะการสะสมดินเหนียวเป็นการเคลือบบริเวณบนผิวหน้าเม็ดดิน และผนังช่องว่างในปริมาณน้อยมาก และไม่ค่อยชัดเจน ปฏิกิริยาดินในสนามเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย (pH 5.5-6.5)

1.3 <u>ดินพีดอน 3</u> (Typic Paleudult, very fine, kaolinitic, isohyperthermic) (ภาพที่ 6)

บริเวณสถานีพัฒนาที่ดิน อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ มีความสูง 942 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ลักษณะดินเป็นดินลึกมาก ดินมีพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Ap-Bt วัตถุต้นกำเนิดเป็นวัสดุตกค้างที่สลายตัวมากจากหินแอนดีซิติกทัฟฟ์ สภาพพื้นที่เป็นเนินเขา มีความลาดเทประมาณร้อยละ 7 ดินมีการระบายน้ำดี มีการซาบซึมน้ำปานกลาง และมีการไหล่บ่าของน้ำผิวดินปานกลาง ขณะทำการศึกษาระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกเกินกว่า 200 เซนติเมตรจากผิวดิน สภาพการใช้ที่ดินขณะทำการศึกษามีการปลูกพืชแบบขั้นบันได มีพืชปลูก คือ ลิ้นจี่

ดินบนหนาประมาณ 10 เซนติเมตร เนื่องจากพื้นที่มีการทำการปลูกพืชแบบขั้นบันไดจึงทำให้มีการตัดหน้าดินส่วนบนไป ดินมีสีเป็นสีน้ำตาล เนื้อดินเป็นดินเหนียว มีโครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน มีขนาดละเอียดถึงปานกลางมีความคงทนแข็งแรง พบลักษณะการสะสมดินเหนียวเป็นการเคลือบบริเวณผิวหน้าเม็ดดิน และผนังช่องว่างในปริมาณน้อยและไม่ค่อยชัดเจน และพบร่องแตกระแหงขนาดเล็กในปริมาณค่อนข้างมาก ปฏิกิริยาดินในสนามเป็นกรดเล็กน้อย (pH 6.5)

ดินล่างลึก 10-200+ เซนติเมตร เนื้อดินเป็นดินเหนียวตลอดหน้าตัดดินในตอนบนของชั้นดินล่างที่ระดับความลึก 10-31 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลเข้ม มีโครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน มีขนาดละเอียด ถึงปานกลาง มีความคงทนแข็งแรง พบลักษณะการสะสมดินเหนียวเป็นการเคลือบบริเวณผิวหน้าเม็ดดินและผนังช่องว่างในปริมาณค่อนข้างมากแต่ว่าไม่ค่อยชัดเจนที่ระดับความลึก 31-112 เซนติเมตร มีสีดินเป็นสีผสมของสีแดงปนเหลือง สีน้ำตาลปนเหลือง และสีเหลืองปนน้ำตาล มีโครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน มีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนแข็งแรง การสะสมดินเหนียวเป็นการเคลือบบริเวณผิวหน้าเม็ดดิน และผนังช่องว่างในปริมาณค่อนข้างมาก




**ภาพที่ 6** แสดงลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 3 บริเวณสถานีพัฒนาที่ดิน อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

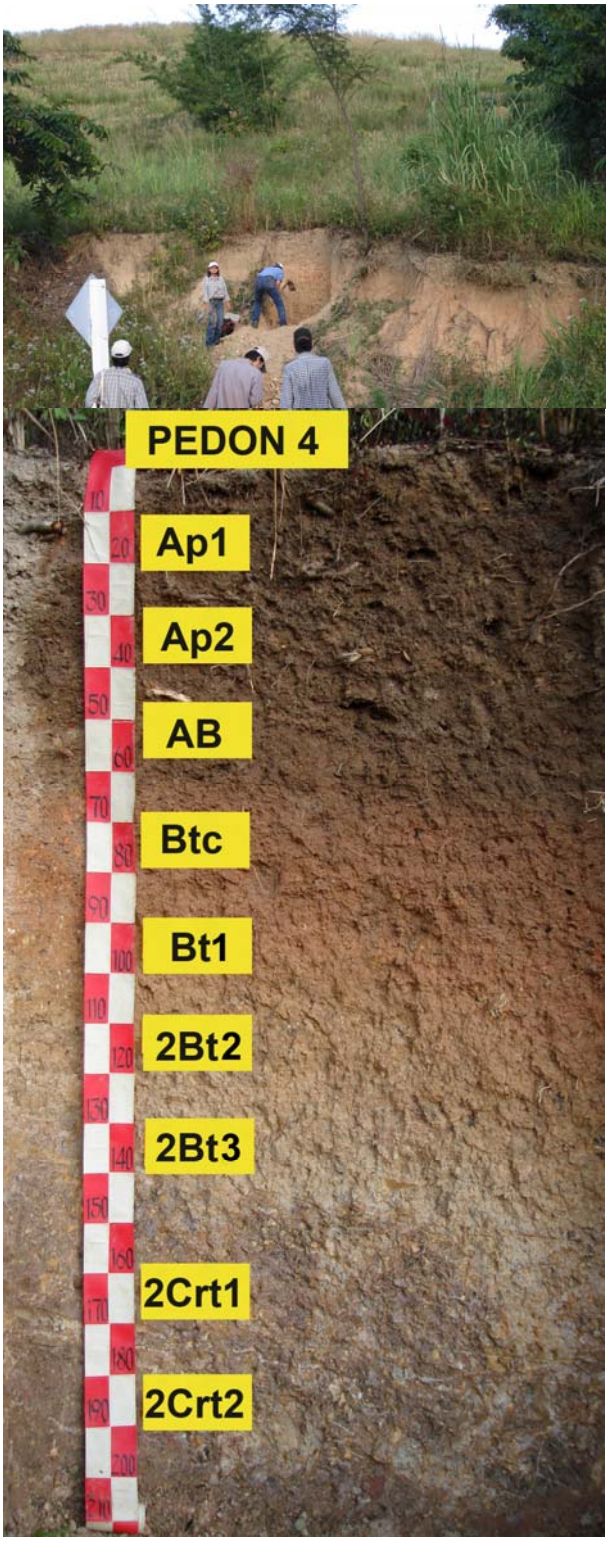
แต่ว่าไม่ค่อยชัดเจน ที่ระดับความลึก 56-81 เซนติเมตร พบว่ามีการสะสมมูลสัตว์ขนาดเล็กในปริมาณเล็กน้อย ที่ระดับความลึก 112-200+ เซนติเมตร มีสีดินเป็นสีผสมของสีแดงปนเหลือง สีแดง สีน้ำตาลอ่อน สีเหลืองปนน้ำตาล สีเหลืองปนแดง มีโครงสร้างของดินแบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคม มีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง พบลักษณะการสะสมดินเหนียวเป็นการเคลือบบริเวณผิวหน้าเม็ดดิน และผนังช่องว่างในปริมาณค่อนข้างมากอย่างชัดเจน และพบร่องแตกระแหงขนาดเล็กในปริมาณค่อนข้างมากตลอดหน้าตัดดิน ปฏิกิริยาดินในสนามเป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง (pH 5.5-6.0)

1.4 <u>ดินพีดอน 4</u> (Typic Paleudalf, fine-loamy, mixed, active, isohyperthermic) (ภาพที่ 7)

บริเวณบนทางถนนเขาค้อ-แคมป์สน ห่างจากตำบลแคมป์สน 12.6 กิโลเมตร อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ มีความสูง 800 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ลักษณะดินเป็นดินลึกดินมีพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Ap-AB-Btc-Bt-2Bt-2Crt วัตถุต้นกำเนิดเป็นเศษหินเชิงเขา (colluvium) ที่ตกทับอยู่บนวัสดุตกค้าง (residuum) ที่สลายตัวมากจากหินไรโอลิติกทัฟฟ์ สภาพพื้นที่เป็นเนินเขา (hilly) มีความลาดเทประมาณร้อยละ 7 ดินมีการระบายน้ำดี มีการซาบซึมน้ำปานกลาง และมีการไหล่บ่าของน้ำผิวดินปานกลาง ขณะทำการศึกษาระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกเกินกว่า 200 เซนติเมตรจากผิวดิน สภาพการใช้ที่ดินขณะทำการศึกษา คือ มีการปลูกข้าวไร่ กล้วย ไผ่ และมีวัชพืชท้องถิ่นขึ้นปกคลุม

ดินบนลึก 25 เซนติเมตร มีสีดินเป็นสีน้ำตาล เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว มีกรวดปนเล็กน้อย มีโครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน มีขนาดละเอียดถึงปานกลางมีความคงทนปานกลาง พบชิ้นส่วนของแร่ควอตซ์ในปริมาณเล็กน้อย ปฏิกิริยาดินในสนามเป็นกลาง (pH 7.0)

ดินล่างลึก 25-200+ เซนติเมตร ในตอนบนของชั้นดินล่างที่ระดับความลึก 25-45 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาล มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว มีโครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนมีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง พบชิ้นส่วนของเศษหินในปริมาณค่อนข้างมาก มีการสะสมมวลก้อนกลมของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ ที่ระดับความลึก 45-60 เซนติเมตร มีสีดินเป็นสีน้ำตาล เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว มีโครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน มีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง มีลักษณะคล้ายชั้น Ap แต่แสดงลักษณะการสะสม พบลักษณะการสะสมดินเหนียวเป็นการเคลือบบริเวณผิวหน้าเม็ดดินในปริมาณน้อยและไม่ค่อยชัดเจน พบร่องแตกระแหงขนาดเล็กในปริมาณน้อย มีการสะสมมวลก้อนกลมของเหล็กและแมงกานีส-




**ภาพที่ 7** แสดงลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 4
บริเวณบนทางถนนเขาค้อ-แคมป์สน อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

ออกไซด์ และชิ้นส่วนของเศษหินในปริมาณน้อย ที่ระดับความลึก 60-82 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาลเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว มีโครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน มีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง พบลักษณะการสะสมดินเหนียวเป็นการเคลือบบริเวณผิวหน้าเม็ดดิน และผนังช่องว่างในปริมาณน้อยและไม่ค่อยชัดเจน มีการสะสมมวลก้อนกลมของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ที่มีขนาดน้อยกว่า 0.5 เซนติเมตร และชิ้นส่วนของเศษหินในปริมาณค่อนข้างมาก รวมทั้งพบร่องแตกระแหงขนาดเล็กในปริมาณเล็กน้อย ที่ระดับความลึก 82-100 เซนติเมตร ดินมีสีผสมของสีเหลืองปนแดง สีชมพู มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว มีโครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน มีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง พบลักษณะการสะสมดินเหนียวเป็นการเคลือบบริเวณผิวหน้าเม็ดดิน และผนังช่องว่างในปริมาณค่อนข้างมากแต่ไม่ค่อยชัดเจน มีการสะสมมวลก้อนกลมของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ และชิ้นส่วนของเศษหินในปริมาณเล็กน้อย พบความไม่ต่อเนื่องของวัสดุในหน้าตัดดินตั้งแต่ความลึก 100-200+ เซนติเมตร ที่ระดับความลึก 100-150 เซนติเมตร ดินมีสีผสมของสีน้ำตาลเข้ม น้ำตาลอ่อน และสีเหลืองปนแดง มีโครงสร้างของดินแบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคม มีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนแข็งแรง และโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมคม มีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง พบลักษณะการสะสมดินเหนียวเป็นการเคลือบบริเวณผิวหน้าเม็ดดิน และผนังช่องว่างในปริมาณค่อนข้างมากแต่ไม่ค่อยชัดเจน และยังพบร่องแตกระแหงขนาดเล็กในปริมาณเล็กน้อย ส่วนที่ระดับความลึก 150-200+ เซนติเมตร จะพบชั้นวัตถุต้นกำเนิดดินที่อยู่ในช่วงผุพังสลายตัวและมีการสะสมดินเหนียว ลักษณะสีดินเป็นสีผสมที่ได้จากหินผุ คือสีน้ำตาลปนเหลือง สีเทา สีน้ำตาลปนเทาดำ สีเหลือง สีน้ำตาลอ่อน มีโครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมคม มีขนาดปานกลางถึงหยาบ มีความคงทนปานกลาง พบลักษณะการสะสมดินเหนียวเป็นการเคลือบบริเวณผนังช่องว่างในปริมาณน้อยและไม่ค่อยชัดเจน และพบร่องแตกระแหงขนาดเล็กในปริมาณเล็กน้อย ปฏิกิริยาดินในสนามเป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง (pH 5.5-7.0)

1.5 <u>ดินพีดอน 5</u> (Vertic Hapludalf, very fine, kaolinitic, isohyperthermic) (ภาพที่ 8)

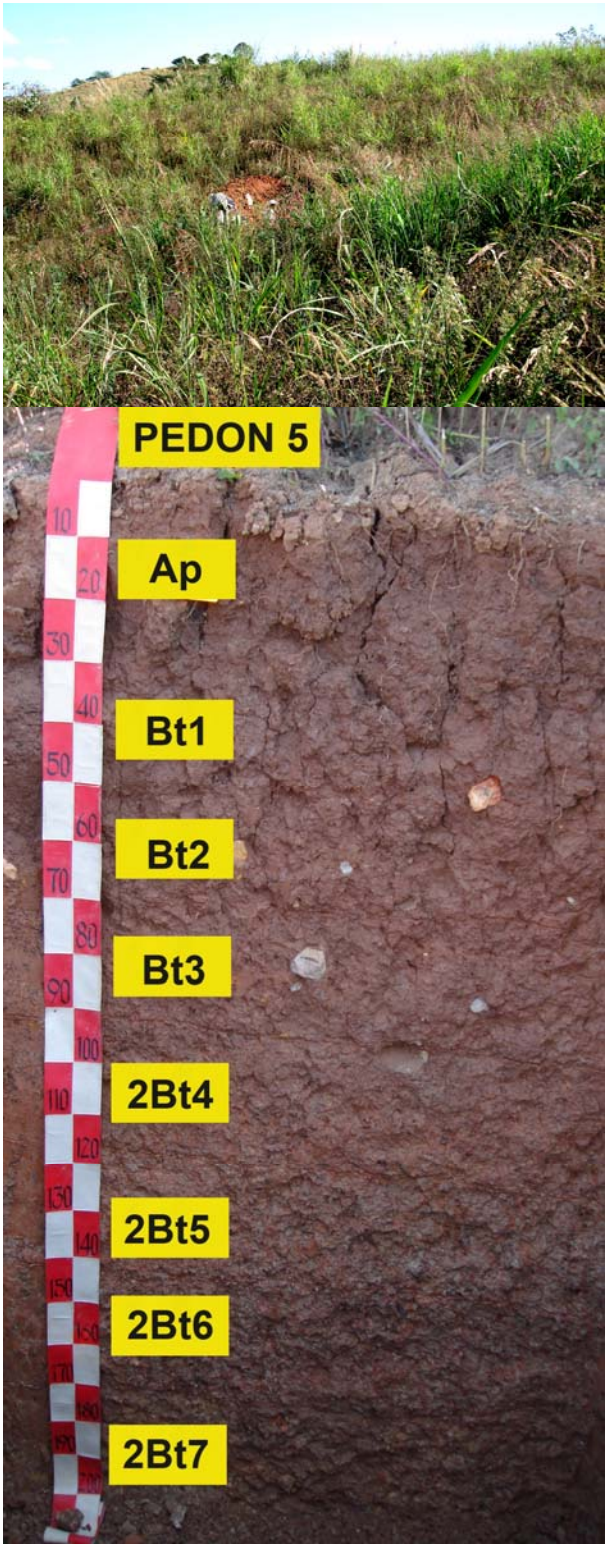
บริเวณบ้านนายาว ตำบลทุ่งสมอ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ มีความสูง 740 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ลักษณะดินเป็นดินลึกมาก ดินมีพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Ap-Bt วัตถุต้นกำเนิดเป็นตะกอนดาดเชิงเขา ที่ตกทับอยู่บนวัสดุตกค้าง ที่สลายตัวมากจากหินแอนดีซิติกทัฟฟ์ สภาพพื้นที่เป็นเนินเขา มีความลาดเทประมาณร้อยละ 30 ดินมีการระบายน้ำดี มีการซาบซึมน้ำปานกลาง และมีการไหล่บ่าของน้ำผิวดินเร็ว ขณะทำการศึกษาระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกเกินกว่า 200 เซนติเมตรจากผิวดิน สภาพการใช้ที่ดินขณะทำการศึกษา คือ มีร่องรอยของการปลูกพริก และมีวัชพืชท้องถิ่นปกคลุม

ดินบนลึก 30 เซนติเมตร มีสีน้ำตาล เนื้อดินเป็นดินเหนียว มีโครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน มีขนาดหยาบ มีความคงทนแข็งแรง พบชิ้นส่วนของเศษหินในปริมาณน้อย และร่องแตกระแหงที่ผิวหน้าดินในปริมาณค่อนข้างมาก พบลักษณะการสะสมดินเหนียวเป็นการเคลือบบริเวณผนังช่องว่างในปริมาณน้อย และไม่ค่อยชัดเจน ปฏิกิริยาดินในสนามเป็นกรดปานกลาง (pH 6.0)

ดินล่างลึก 30-200+ เซนติเมตร เนื้อดินเป็นดินเหนียวตลอดหน้าตัดดินในตอนบนของชั้นดินล่างที่ระดับความลึก 30-50 เซนติเมตร ดินมีสีน้ำตาล มีโครงสร้างของดินแบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคม มีขนาดปานกลางถึงหยาบ มีความคงทนแข็งแรง พบลักษณะการสะสมดินเหนียวเป็นการเคลือบบริเวณผิวหน้าเม็ดดิน และผนังช่องว่างในปริมาณค่อนข้างมากแต่ว่าไม่ค่อยชัดเจน พบชิ้นส่วนของเศษหินในปริมาณน้อย และพบรอยแตกในแนวดิ่งลงไปถึงความลึกที่ 60 เซนติเมตร ในปริมาณค่อนข้างมาก รวมทั้งมีเศษชิ้นส่วนก้อนหินขนาดใหญ่ที่มีการผุพังสลายตัวเล็กน้อย ที่ระดับความลึก 50-90 เซนติเมตร ดินมีสีผสมของสีน้ำตาล และน้ำตาลแดง โครงสร้างของดินแบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคม มีขนาดปานกลางถึงหยาบ มีความคงทนแข็งแรง พบลักษณะการสะสมดินเหนียวเป็นการเคลือบบริเวณผิวหน้าเม็ดดิน และผนังช่องว่างในปริมาณค่อนข้างมากแต่ว่าไม่ค่อยชัดเจน และยังพบชิ้นส่วนเศษหินที่เกิดจากกการผุพังขนาดเล็กในปริมาณน้อยมาก รวมทั้งพบก้อนชิ้นเศษหินขนาดใหญ่ ที่มีการผุพังสลายตัวเล็กน้อย ในปริมาณน้อย มีการสะสมมวลก้อนกลมของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ ที่มีขนาดเล็กในปริมาณน้อย รวมทั้งพบร่องแตกระแหงขนาดเล็กในปริมาณเล็กน้อยด้วย พบความไม่ต่อเนื่องของวัสดุในหน้าตัดดินตั้งแต่ความลึก 90-200+ เซนติเมตร โดยมีสีดินเป็นสีผสมของสีน้ำตาล สีน้ำตาลปนแดง สีแดง สีแดงปนเหลือง และสีดำ มีโครงสร้างของดินแบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคม มีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง พบลักษณะการสะสมดินเหนียวเป็นการเคลือบบริเวณผิวหน้าเม็ดดิน และผนังช่องว่างในปริมาณมากแต่ว่าไม่ค่อยชัดเจน พบชิ้นส่วนของเศษหินในปริมาณน้อย มีการสะสมมวลก้อนกลมของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ และพบมวลก้อนกลมสีดำของแมงกานีสด้วย ปฏิกิริยาดินในสนามเป็นกรดปานกลาง (pH 6.0)

1.6 <u>ดินพีดอน 6</u> (Typic Paleudult, fine, mixed, semiactive, isohyperthermic) (ภาพที่ 9)

บริเวณบ้านห้วยไผ่ ตำบลแคมป์สน อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ มีความสูง 724 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง ลักษณะดินเป็นดินลึกปานกลาง ดินมีพัฒนาการของหน้าตัดดินเป็น Ap-Bt-BCrt-Cr วัตถุต้นกำเนิดเป็นวัสดุตกค้าง ที่สลายตัวมากจากหินเกรย์แวก (greywacke) สภาพพื้นที่

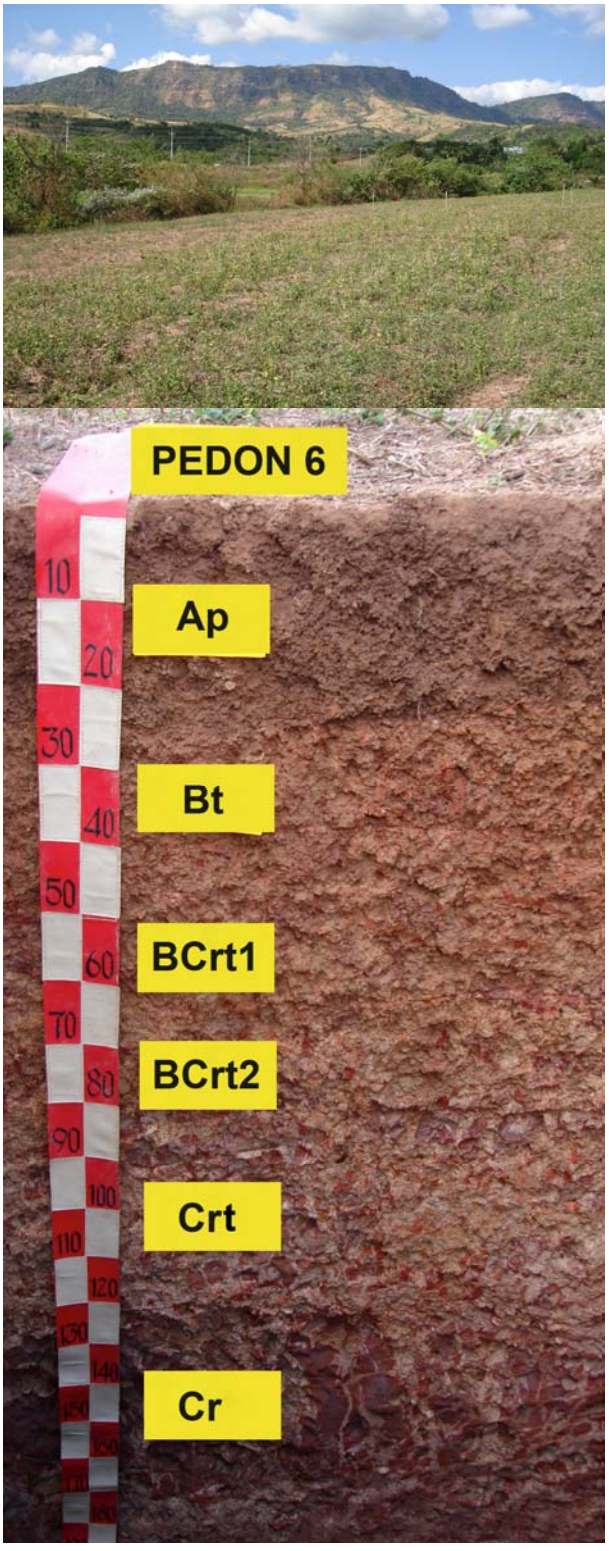



**ภาพที่ 8** แสดงลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 5 บริเวณตำบลทุ่งสมอ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

เป็นลูกคลื่นลอนลาด มีความลาดเทประมาณร้อยละ 4 ดินมีการระบายน้ำดี มีการซาบซึมน้ำปานกลาง และมีการไหล่บ่าของน้ำผิวดินปานกลาง ขณะทำการศึกษาระดับน้ำใต้ดินอยู่ลึกเกินกว่า 200 เซนติเมตรจากผิวดิน สภาพการใช้ที่ดินขณะทำการศึกษาจากการสอบถามประชาชนในพื้นที่ พบว่าพื้นที่มีปลูกพืชผักสวนครัว เช่น พริก ถั่วฝักยาว เป็นต้น

ดินบนลึก 25 เซนติเมตร มีสีน้ำตาลปนเหลืองเข้ม เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียว มีโครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน มีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง พบร่องแตกระแหงขนาดเล็กในปริมาณน้อย ปฏิกิริยาดินในสนามเป็นกรดจัดมาก (pH 4.5)

ดินล่างลึก 25-85 เซนติเมตร เนื้อดินเป็นดินเหนียวในตอนบนของชั้นดินล่างที่ระดับความลึก 25-34/50 เซนติเมตร ดินมีสีผสมของสีน้ำตาล สีแดง และสีแดงเข้ม มีโครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน มีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง พบลักษณะการสะสมดินเหนียวเป็นการเคลือบบริเวณผิวหน้าเม็ดดิน และผนังช่องว่างในปริมาณค่อนข้างมากแต่ว่าไม่ค่อยชัดเจน พบชิ้นส่วนของเศษหินในปริมาณค่อนข้างมาก พบร่องแตกระแหงขนาดเล็กในปริมาณค่อนข้างมาก มีการสะสมมวลก้อนกลมของเหล็กและแมงกานีสออกไซด์ ที่ระดับความลึก 50-85 เซนติเมตร สีดินเป็นสีผสมของสีน้ำตาล สีแดงปนเหลือง สีน้ำตาลปนเหลือง สีแดงเข้ม มีโครงสร้างของดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน และกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคม มีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลาง พบลักษณะการสะสมดินเหนียวเป็นการเคลือบบริเวณผิวหน้าเม็ดดิน และผนังช่องว่างในปริมาณค่อนข้างมากแต่ว่าไม่ค่อยชัดเจน ที่ระดับความลึกที่ 50-65 เซนติเมตร พบร่องแตกระแหงขนาดเล็กในปริมาณเล็กน้อยด้วย และพบชิ้นส่วนของหินที่ผุพังสลายตัวประมาณร้อยละ 10 ของชั้นกำเนิดดิน ที่ระดับความลึก 65-85 เซนติเมตร พบร่องแตกระแหงขนาดเล็กในปริมาณค่อนข้างมาก และพบชิ้นส่วนของหินที่ผุพังสลายตัวมากกว่าร้อยละ 10 ของชั้นกำเนิดดินซึ่งมากกว่าชั้นถัดมา ส่วนที่ระดับความลึก 85-200+ เซนติเมตร จะเป็นชั้นของหินผุที่อยู่ในช่วงของการผุพังสลายตัว มีสีแดงเข้ม และสีน้ำตาลอ่อนปนกัน ซึ่งเป็นหินเกรย์แวก (greywacke) ปฏิกิริยาดินในสนามเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดจัดมาก (pH 4.0-4.5)




**ภาพที่ 9** แสดงลักษณะภูมิประเทศ และหน้าตัดดินของดินพีดอน 6 บริเวณตำบลแคมป์สน อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

จากผลการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาดิน โดยแต่ละบริเวณกำหนดให้เป็นพีดอน (Pedon) พบว่า ส่วนใหญ่ดินที่ทำการศึกษามีความหนาของชั้นดินบนประมาณ 20-30 เซนติเมตร ยกเว้น พีดอน 1 และ 3 มีความหนาของชั้นดินบน 40 และ 10 เซนติเมตรตามลำดับ มีความลาดชันผิวหน้าอยู่ในช่วงร้อยละ 4-30 สภาพภูมิประเทศเป็นเนินเขา และลูกคลื่นลอนลาด วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นวัสดุตกค้าง และตะกอนดาดเชิงเขา ที่สลายตัวมาจากหินไรโอลิติกทัฟฟ์ แอนดีซิติกทัฟฟ์ เกรย์แวก และพบความไม่ต่อเนื่องของวัสดุในหน้าตัดดินในพีดอน 4 และ 5 ดินมีการระบายน้ำดี การซาบซึมน้ำปานกลาง และการไหลบ่าของน้ำเกือบทุกพีดอน อยู่ในระดับปานกลาง ยกเว้น พีดอน 1 และ 5 ที่มีการไหลบ่าของน้ำเร็วปานกลาง และเร็ว ตามลำดับ

ดินที่สูงที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่เป็นดินลึกมาก ยกเว้น พีดอน 4 เป็นดินลึก และพีดอน 6 เป็นดินลึกปานกลาง เนื่องจากการผุพังอยู่กับที่มีอิทธิพลลงไประดับลึก มีการผุพังอยู่กับที่เป็นเวลานาน และมีอิทธิพลการผุพังอยู่กับที่มากกกว่าการกร่อน เนื่องจากสภาพพื้นที่สูงที่ศึกษา อยู่ในเขตร้อน สภาพภูมิอากาศเป็นแบบกึ่งร้อนชื้น ซึ่งบริเวณพื้นที่สูงมีลักษณะภูมิอากาศแตกต่างจากบริเวณที่ราบ และมีความแปรปรวนของอุณหภูมิและปริมาณฝนที่มาก การที่มีความชื้นและอุณหภูมิที่สูง จึงส่งผลให้เกิดการผุพังสลายตัวทางเคมีเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและรุนแรง (เอิบ, 2534; พรเทพ, 2541; อภิศักดิ์; 2543; Buol *et al.,* 2003)

สีดินที่ทำการศึกษามีหลายสีตั้งแต่สีน้ำตาลถึงน้ำตาลปนเหลือง สีแดงถึงเหลืองจนเป็นสีผสม พบว่าส่วนใหญ่ดินที่ทำการศึกษาในชั้นดินบนจะมีสีคล้ำกว่าชั้นดินล่างอย่างชัดเจน เนื่องจากชั้นดินบนมีปริมาณอินทรียวัตถุที่มากกว่า ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณอินทรียวัตถุที่วิเคราะห์ได้ โดยในดินบนจะมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ในชั้นดินล่างส่วนใหญ่จะมีสีดินเป็นสีน้ำตาล สีแดงถึงเหลืองจนเป็นสีผสม เป็นผลมาจากออกไซด์ของเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีส ไม่พบจุดประในดิน และความชื้นที่แตกต่างกัน และแสดงถึงดินมีการระบายน้ำดี (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Everett, 1983; Buol *et al.,* 2003)

เนื้อดิน โดยส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว และมีบ้างในบางชั้นดิน เป็นดินร่วนเหนียว ดินเหนียวปนทรายแป้ง ดินร่วนเหนียวปนทรายละเอียด และมีกรวดปนบ้างในชั้นดินบนของดินในพีดอน 4 และ 6 และพบว่าในชั้นดินบนมีเนื้อดินหยาบกว่าในชั้นดินล่าง ก็เนื่องมาจากการกร่อนและการชะละลายอนุภาคเล็ก ๆ ไปจากหน้าตัดดินตอนบน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) โดยกระบวนการเคลื่อนย้ายเชิงกล (lessivage) ของอนุภาคขนาดเล็ก และกระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุจากชั้นดินบน

(eluviations) ไปสะสมในชั้นดินล่าง (Buol *et al.,* 2003)

โครงสร้างดินในชั้นดินบนในทุกพีดอน จะมีโครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมนมีขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนแข็งแรงในพีดอน 1, 2 และ 3 และมีความคงทนปานกลางในพีดอน 4 และ 6 ส่วนพีดอน 5 มีขนาดหยาบ มีความคงทนแข็งแรง ส่วนในชั้นดินล่างโดยภาพรวมในดินทุกพีดอนจะมีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ก้อนเหลี่ยมมุมคม และกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคม ขนาดละเอียดถึงปานกลาง มีความคงทนปานกลางถึงแข็งแรง ยกเว้นพีดอน 4 มีโครงสร้างแบบกึ่งก้อนเหลี่ยมมุมคมที่มีขนาดปานกลางถึงหยาบ แสดงว่าดินมีพัฒนาการปานกลางถึงสูง

การยึดตัวของดิน เมื่อดินแห้งโดยส่วนใหญ่จะทำให้แตกออกจากกันได้ง่าย และมีบ้างในบางพีดอนคือ พีดอน 3 และ 5 ที่แตกออกจากกันได้ยากโดยจะต้องใช้มือทั้งสอง ส่วนดินชื้นเม็ดดินจะแตกออกจากกันได้ง่ายเมื่อใช้แรงกด และการยึดตัวของดินเปียกสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้ในทุกพีดอน

ปฏิกิริยาของดินในสนามมีค่าอยู่ในช่วงกรดรุนแรงมากถึงเป็นกลาง โดยส่วนใหญ่จะมีปฏิกิริยาดินเป็นกรด เนื่องมาจากดินมีการระบายน้ำดี ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการชะละลายประจุบวกที่เป็นด่างออกไปจากหน้าตัดดิน แล้วมีไฮโรเจนไอออนมาสะสมอยู่ที่ผิวอนุภาคแทน จึงทำให้ดินแสดงความเป็นกรด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Watkins, 1975)

จากผลการศึกษาสัณฐานวิทยาสนามของดิน คือลักษณะต่างๆ ในดินที่กล่าวมารวมถึงพัฒนาการของหน้าตัดดินพบว่าทุกพีดอนมีการสะสมดินเหนียว (Bt) ผิวเคลือบของดินเหนียวมีแบบเคลือบตามผิวเม็ดดินและผนังช่องว่าง แสดงว่าดินมีพัฒนาการปานกลางถึงค่อนข้างสูง (เอิบ, 2542ก; Soil Survey Staff, 2006)

**2. ลักษณะทางศิลาวรรณาและจุลสัณฐานวิทยา**

**2.1 ลักษณะทางศิลาวรรณา**

การศึกษาลักษณะทางศิลาวรรณาของหิน โดยทำแผ่นตัดบาง และศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิดดูหินและแร่ สำหรับผลการศึกษามีดังนี้ (ภาพที่ 10)

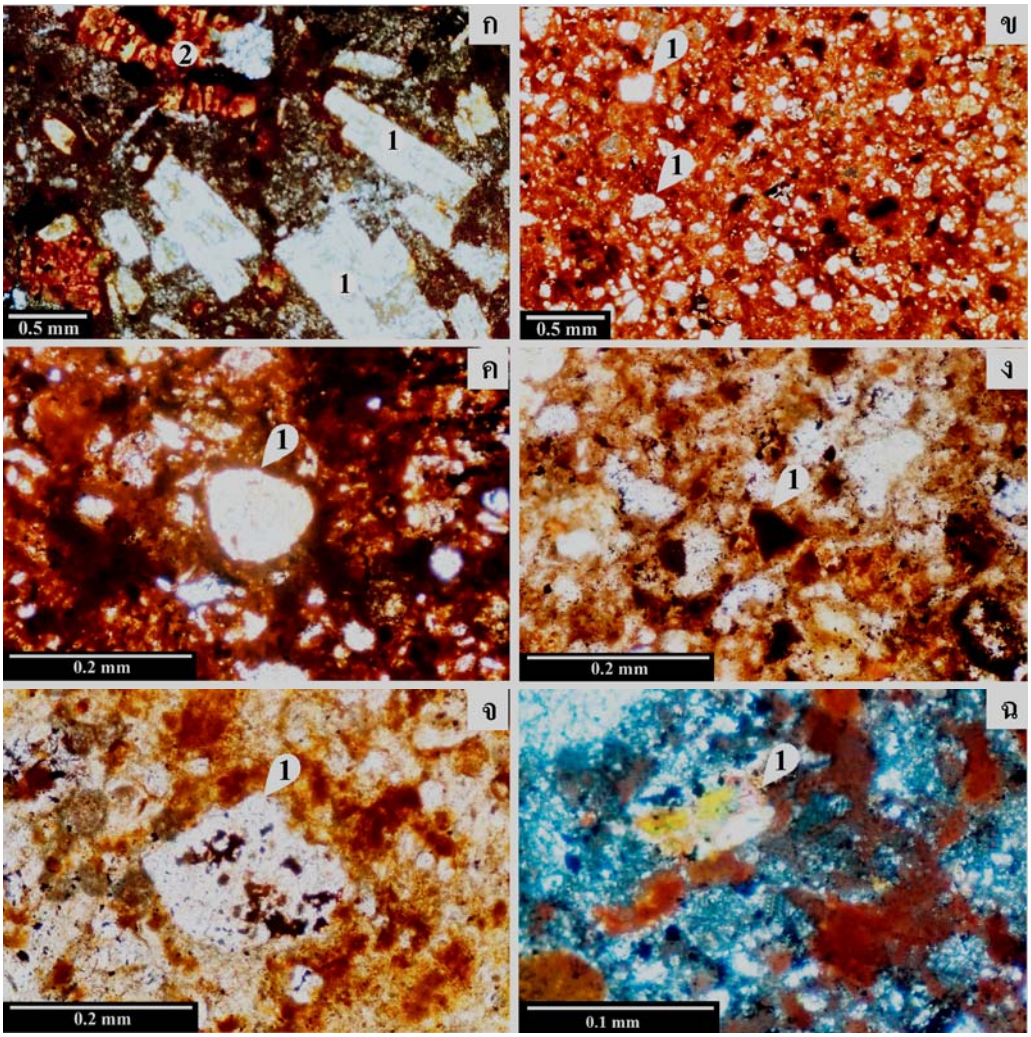
2.1.1 หินแอนดีซิติกทัฟฟ์

จากการสำรวจภาคสนาม พบว่า หินแอนดีซิติกทัฟฟ์ เป็นหินที่พบในเกือบทุกบริเวณ ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างหินมาจากบริเวณพื้นที่ของพีดอน 5 ซึ่งเป็นหินภูเขาไฟที่เป็นหินอัคนีชนิดหนึ่งที่เกิดจากการเย็นตัวของหินหนืด (magma) ที่แทรกดันขึ้นมาใกล้ผิวโลกหรือบนผิวโลก ทำให้แร่ในหินมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และมีอัตราการตกผลึกรวดเร็ว ผลึกจึงมีขนาดเล็กและทำให้เป็นหินเนื้อละเอียด (สากล, 2538; Allison and Palmer, 1980) สีค่อนข้างเข้ม ส่วนใหญ่มีแร่องค์ประกอบชนิดเพลจิโอเคลส เฟลด์สปาร์, แอมฟิโบล หรือไบโอไทต์ หินชนิดนี้มักเกิดรวมอยู่กับหินไรโอริติก ทัฟฟ์ และหรือหินบะซอลต์ (Davis *et al.,* 1976) ซึ่งสอดคล้องกับพื้นที่ศึกษาที่พบว่าดินในพีดอนอื่นมีหินไรโอลิติกทัฟฟ์ เป็นวัตถุต้นกำเนิดดิน คือ พีดอน 1, 2 และ 4 ซึ่งหินชนิดนี้แตกต่างจากหินแอนดีซิติก ทัฟฟ์ คือ เป็นหินเนื้อละเอียดสีจาง โครงสร้างมีลักษณะแน่นทึบ โดยทั่วไปมีแร่ดอกอยู่ในเนื้อพื้น องค์ประกอบเชิงแร่ทั่วไปประกอบด้วยแร่ควอตซ์ โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ โซเดียมแพลจิโอเครส ไบโอไทต์ และกลุ่มแอมฟิโบล (Allison and Palmer, 1980)

จากการศึกษาลักษณะทางศิลาวรรณาของหินแอนดีซิติกทัฟฟ์ พบว่าอยู่ในช่วงของการผุพังสลายตัวเล็กน้อย มีแร่องค์ประกอบโดยส่วนใหญ่เป็นแร่เพลจิโอเคลส เฟลด์สปาร์ และมีแร่เหล็กออกไซด์เคลือบอยู่บนผลึกของแร่ ซึ่งแร่เหล็กออกไซด์นี้ได้มาจากการสลายตัวของแร่พวกเฟอร์โรแมกนีเซียม (ferro-magnesians) ส่วนตัวพื้นของหินนั้นเป็นเถ้าภูเขาไฟ (volcanic ash) ดังแสดงในภาพที่ 10

2.1.2 หินเกรย์แวก

จากการสำรวจภาคสนามพบว่าบริเวณพีดอน 6 มีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นหินเกรย์แวก ลักษณะของหินเป็นหินเนื้อปานกลาง (medium grined) สีคล้ำ ประกอบด้วยแร่ควอตซ์ เฟลด์สปาร์ ชิ้นส่วนของหินอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นหินเชิร์ต ควอตไซต์ หรือหินชนวน และมีดินเหนียวปนอยู่มาก (คณะกรรมการจัดทำพจนานุกรมธรณีวิทยา, 2530; อภิศักดิ์, 2541; เอิบ, 2542ก) ซึ่งตัวอย่างหินเก็บมาจากชั้น Cr2 เป็นตัวอย่างหินที่อยู่ในช่วงของการผุพังสลายตัวอยู่สูง มีลักษณะเป็นสีแดง




**ภาพที่ 10** แสดงลักษณะทางศิลาวรรณาของหินแอนดีซิติกทัฟฟ์ (andisitic tuff) และหินเกรย์แวก (greywacke)ในบริเวณพื้นที่ทำการศึกษา

ก) แสดงแร่แพลจิโอเคลส เฟลด์สปาร์ (1) และแร่เหล็กออกไซด์ที่สลายตัวมาจากแร่พวกเฟอร์โรแมกนีเซียมเคลือบตามผลึกของแร่แพลจิโอเคลส เฟลด์สปาร์ (2) ของหินแอนดีซิติกทัฟฟ์ (x-nicols)

ข) แสดงแร่ควอตซ์ (1) ที่เป็นแร่องค์ประกอบของหินเกรย์แวก (x-nicols)

ค) ภาพขยายจากภาพ ข แสดงชิ้นส่วนของหินไรโอไลต์ (1) ในเนื้อหินเกรย์แวก (plane light)

ง) ภาพขยายจากภาพ ข แสดงชิ้นส่วนของหินดินดาน (1) ในเนื้อหินเกรย์แวก (plane light)

จ) ภาพขยายจากภาพ ข แสดงชิ้นส่วนของหินเชิร์ต (1)ในเนื้อหินเกรย์แวก (plane light)

ฉ) ภาพขยายจากภาพ ข แสดงชิ้นส่วนของแร่ไมกา (1)ในเนื้อหินเกรย์แวก (x-nicols)

จากการศึกษาหินเกรย์แวก (greywacke) พบว่า พื้นหินประกอบด้วยแร่ดินเหนียวสีแดง และชิ้นส่วนของหินดินดาน (shale) หินเชิร์ต (chert) หินไรโอไลต์ (rhyolite) แร่ควอตซ์ (quartz) และแร่ไมกา (micas) ดังแสดงในภาพที่ 10 ซึ่งชิ้นส่วนของหินต่าง ๆ เหล่านี้เมื่อผุพังสลายตัวสามารถให้ดินเหนียวแก่ดิน ซึ่งลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับสัณฐานวิทยาสนาม สมบัติทางกายภาพ และแร่วิทยา

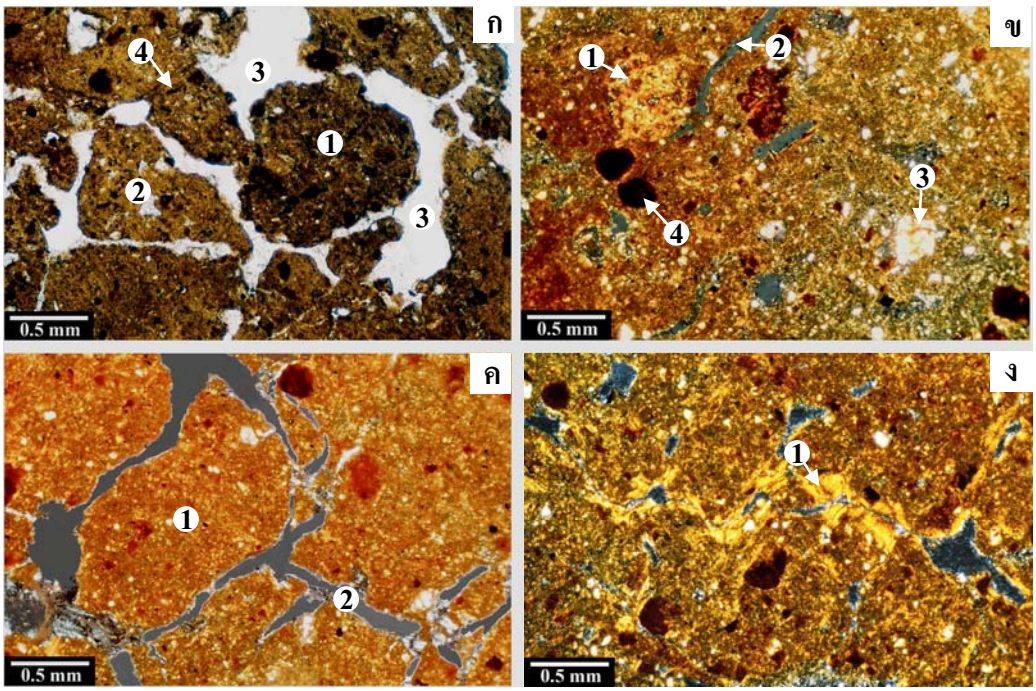
**2.2 ลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดิน**

จากการศึกษาลักษณะทางจุลสัณฐานของดินที่สูง ในบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ที่ทำการศึกษา 6 บริเวณ โดยวิธีการทำแผ่นตัดบาง และใช้กล้องจุลทรรศน์ชนิดดูหิน-แร่ จากตัวอย่างดินที่ไม่ถูกรบกวนโดยใช้กล่องคูเบียนา ในชั้นที่เป็นตัวแทนของดินที่สูงในแต่ละพีดอน คำอธิบายลักษณะทางจุลสัณฐานของดินแสดงไว้ในภาคผนวก และตารางที่ 7 เป็นดังนี้

2.2.1 <u>พีดอน 1</u> (ภาพที่ 11)

ดินบน มีโครงสร้างแบบเม็ดกลม (granular structure) มีช่องว่างในดินเป็นแบบ compound packing voids, planar voids และ vughs ประมาณร้อยละ 10-15 โดยปริมาตร มีอนุภาคขนาดหยาบในเนื้อดินละเอียด (matrix) เป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายละเอียดจนถึงทรายหยาบปานกลาง มีรูปร่างค่อนข้างเหลี่ยม (subangular) จนถึงค่อนข้างกลม (subrounded) มีการจัดเรียงตัวและคัดขนาดอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนอนุภาคละเอียดที่พบเป็นอนุภาคขนาดดินเหนียวสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งอนุภาคหยาบฝังตัวอยู่ในอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบเปิด (open porphyric) มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดแบบ undifferentiated b-fabric พบเศษเหลือของพืช อินทรียวัตถุชนิด organic pigment, punctuation และ amorphous organic fine material และพบสารก้อนกลมของเหล็กออกไซด์ที่มีการเชื่อมตัวกันแน่นในเนื้อดิน (impregnative nodules) ที่มีขอบเขตชัดเจน

ดินล่าง มีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน (subangular blocky structure) มีช่องว่างในดินเป็นส่วนใหญ่เป็นแบบ planar voids และมีบ้างเป็นแบบ vughs, chanels และ vesicles ประมาณร้อยละ 10-20 โดยปริมาตร มีอนุภาคขนาดหยาบในเนื้อดินละเอียด (matrix) เป็นแร่ควอตซ์ที่ส่วนใหญ่มีขนาดทรายละเอียดจนถึงทรายหยาบปานกลาง มีรูปร่างค่อนข้างเหลี่ยม (subangular) ค่อนข้างกลม (subrounded) จนถึงกลม (rounded) ส่วนในช่วงล่างของหน้าตัดดิน




**ภาพที่ 11** แสดงลักษณะจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 1 และ 3

ก) แสดงโครงสร้างแบบเม็ดกลม (granular structure) (1) แบบก้อนเหลี่ยมมุมมน (subangular blocky) (2) ช่องว่างแบบ compound packing voids (3) และวัสดุอินทรีย์ขนาดเล็ก (4) ที่มีความสัมพันธ์กันแบบ open porphyric ของดินพีดอน 1 ชั้น Ap ช่วงความลึก 0-30/40 เซนติเมตร (plane light)

ข) แสดงเม็ดกลมขนาดเล็กจากมูลสัตว์ (1) ช่องว่างแบบ planar voids (2) แร่ runi-quartz (3) และสารก้อนกลมแบบ impragnative nodules (4) ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับละเอียดแบบ open porphyric ของดินพีดอน 1 ชั้น Bt1 ช่วงความลึก 40-61 เซนติเมตร (x-nicols)

ค) แสดงโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน (subangular blocky structure) (1) ช่องว่างแบบ planar voids (2) ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับละเอียดแบบ nealy clay monic ของดินพีดอน 3 ชั้น Ap ช่วงความลึก 0-10 เซนติเมตร (x-nicols)

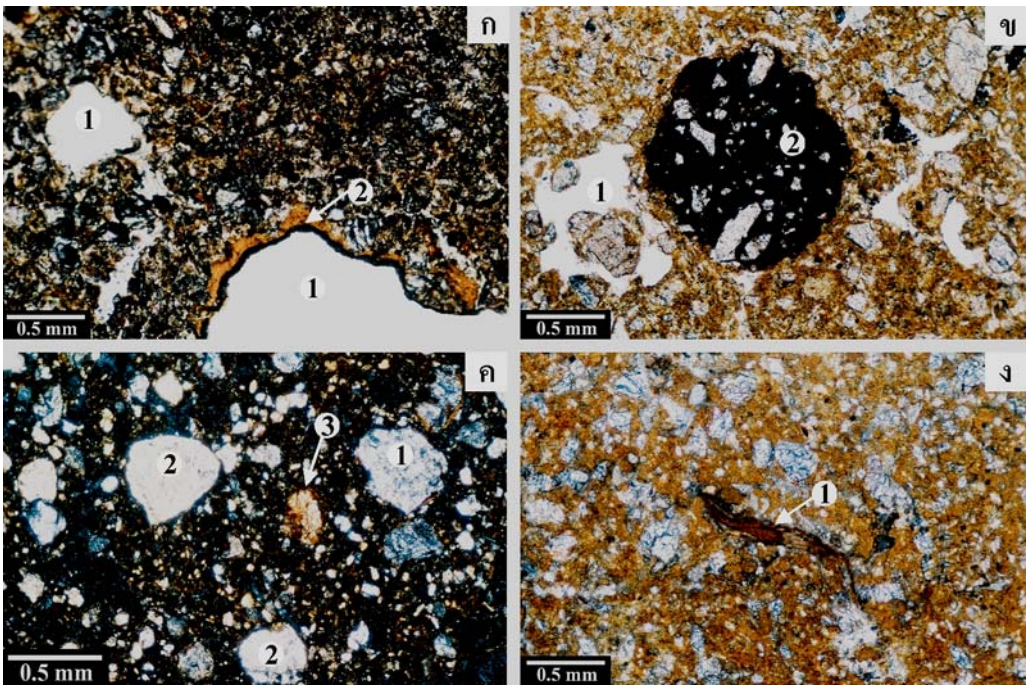
ง) แสดงการเคลือบของแร่ดินเหนียวตามผนังช่องว่าง (1) ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับละเอียดแบบ nealy clay monic ของดินพีดอน 3 ชั้น Bt1 ช่วงความลึก 10-31 เซนติเมตร (x-nicols)

ช่วงความลึก 179-200+ เซนติเมตร (ชั้น Bt7) แร่ควอตซ์เปลี่ยนแปลงไปเป็นขนาดทรายแป้ง มีการจัดเรียงตัวและคัดขนาดอยู่ในระดับดีไปจนถึงเลว และพบแร่ควอตซ์ที่มีเหล็กออกไซด์เข้าไปแทรกอยู่ในรอยแตก (runi-quartz) และแร่ควอตซ์แบบกลุ่มผลึก (polycrystalline quartz) ในช่วงตอนบนของชั้นดินล่าง ช่วงความลึก 40-61 เซนติเมตร (ชั้น Bt1) ส่วนอนุภาคละเอียดที่พบเป็นอนุภาคขนาดดินเหนียวจนถึงทรายแป้งละเอียดสีน้ำตาลปนเหลือง น้ำตาลแดง และสีเหลืองอ่อน ซึ่งอนุภาคหยาบฝังตัวอยู่ในอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบเปิด (open porphyric) โดยส่วนใหญ่มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดแบบ undifferentiated b-fabric และมีบ้างที่เป็นแบบ mosaic-speckled b-fabric, porostriated b-fabric และ stipple speckled b-fabric พบเศษเหลือของพืชที่ผุพังสลายตัว และอินทรียวัตถุชนิด organic pigment, punctuation และ amorphous organic fine material โดยมีแนวโน้มลดลงตามความลึกจนไม่พบในชั้นล่างสุดของหน้าตัดดิน พบดินเหนียวผสมกับเหล็กออกไซด์เคลือบตามผนังช่องว่าง พบสารก้อนกลมของเหล็กออกไซด์ที่มีการเชื่อมตัวกันแน่นในเนื้อดิน (impregnative nodules) และสารก้อนกลมแบบมืดทึบ (typic nodules) ที่มีขอบเขตชัดเจนจนถึงไม่ชัดเจน และในช่วงตอนบนของชั้นดินล่าง ช่วงความลึก 40-61 เซนติเมตร (ชั้น Bt1) ยังพบสิ่งที่เกิดจากกระบวนการทางดินที่เกี่ยวกับมูลสัตว์ ซึ่งแสดงเม็ดกลมขนาดเล็กจากมูลสัตว์อีกด้วย

2.2.2 <u>พีดอน 2</u> (ภาพที่ 12)

ดินบน มีโครงสร้างแบบ vughy structure มีช่องว่างในดินเป็นแบบ vughs และ channels ประมาณร้อยละ 15-20 โดยปริมาตร มีอนุภาคขนาดหยาบเป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายละเอียดมากจนถึงทรายหยาบปานกลาง มีรูปร่างค่อนข้างเหลี่ยม จนถึงค่อนข้างกลม พบแร่ควอตซ์ที่มีเหล็กออกไซด์เข้าไปแทรกอยู่ในรอยแตก (runi-quartz) และแร่ควอตซ์ที่มีรอยแตก (broken quartz) มีการจัดเรียงตัวและคัดขนาดอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนอนุภาคละเอียดที่พบเป็นอนุภาคขนาดดินเหนียวถึงทรายแป้งละเอียดสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งอนุภาคหยาบฝังตัวอยู่ในอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบปิด (closed porphyric) มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดแบบ undifferentiated b-fabric อินทรียวัตถุที่พบทั่วไปเป็นชนิด amorphous organic fine material, punctuation และ organic pigment พบการเคลือบของดินเหนียวร่วมกับเหล็กออกไซด์ตามผนังช่องว่าง

ดินล่าง ในช่วงบนของชั้นดินล่างของหน้าตัดดินช่วงความลึก 51-72 เซนติเมตร (ชั้น Bt1) มีโครงสร้างแบบเม็ดกลม และแบบฟองน้ำ (spongy structure) ส่วนในช่วงความลึก102-200+ เซนติเมตร มีโครงสร้างเป็นแบบ vughy structure โดยส่วนใหญ่ในชั้นดินล่างมีช่องว่าง




**ภาพที่ 12** แสดงลักษณะจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 2

ก) แสดงช่องว่างแบบ vughs (1) ที่มีแร่ดินเหนียวผสมเหล็กออกไซด์เคลือบบริเวณผนังช่องว่าง (2) ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับละเอียดแบบ closed porphyric ของดินพีดอน 2 ชั้น Ap ช่วงความลึก 0-20 เซนติเมตร (plane light)

ข) แสดงช่องว่างแบบ vughs (1) และสารก้อนกลมแบบ impregnative nodules (2) ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับละเอียดแบบ closed porphyric ของดินพีดอน 2 ชั้น Bt1 ช่วงความลึก 51-72 เซนติเมตร (plane light)

ค) แสดงแร่ควอตซ์ที่มีรูปร่างค่อนข้างเหลี่ยม (subangular) (1) ค่อนข้างกลม (subrounded) (2) แร่ runi-quartz (3) ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับละเอียดแบบ closed porphyric ของดินพีดอน 2 ชั้น Bt1 ช่วงความลึก 51-72 เซนติเมตร (x-nicols)

ง) แสดงเศษชิ้นส่วนของรากพืช (1) ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับละเอียดแบบ closed porphyric ของดินพีดอน 2 ชั้น Bt3 ช่วงความลึก 102-130 เซนติเมตร (plane light)

ในดินเป็นแบบ vughs, compound packing voids, vesicle และ chambers ประมาณร้อยละ 20-35 โดยปริมาตร มีอนุภาคขนาดหยาบเป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายละเอียดมากจนถึงทรายหยาบปานกลาง มีรูปร่างค่อนข้างเหลี่ยม จนถึงค่อนข้างกลม มีการจัดเรียงตัวและคัดขนาดอยู่ในระดับดี ในช่วงบนของดินล่าง พบแร่ควอตซ์ที่มีเหล็กออกไซด์เข้าไปแทรกอยู่ในรอยแตก และแร่ควอตซ์ที่มีรอยแตกจากผลการแปรสภาพ (metamorphic quartz) ส่วนอนุภาคขนาดละเอียดที่พบเป็นอนุภาคขนาดดินเหนียวจนถึงทรายแป้งละเอียดสีน้ำตาลเหลือง ซึ่งอนุภาคหยาบฝังตัวอยู่ในอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบปิด มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดส่วนใหญ่เป็นแบบ undifferentiated b-fabric และมีแบบ stipple speckled b-fabric และ granostriated b-fabric บ้างเล็กน้อย อินทรียวัตถุที่พบโดยส่วนใหญ่เป็นชนิด punctuations และในช่วงความลึก 102-130 เซนติเมตร พบเศษชิ้นส่วนของพืช โดยทั่วไปพบการเคลือบของดินเหนียวบนเม็ดควอตซ์ และในตอนล่างของหน้าตัดดินพบการบรรจุของดินเหนียว (clay infilling) เข้าไปในช่องว่าง และนอกจากนี้ยังพบสารก้อนกลมของเหล็กออกไซด์ที่มีการเชื่อมตัวกันแน่นในเนื้อดิน (impregnative nodules) ในช่วงบนของดินล่างด้วย

2.2.3 <u>พีดอน 3</u> (ภาพที่ 11)

ดินบน มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน (subangular blocky structure) มีช่องว่างในดินเป็นแบบ planar voids ที่อยู่ระหว่างช่องว่างแบบ chambers ประมาณร้อยละ 40 โดยปริมาตร มีอนุภาคขนาดหยาบในเนื้อดินละเอียด (matrix) เป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายละเอียดถึงทรายหยาบปานกลาง มีรูปร่างค่อนข้างเหลี่ยม (subangular) จนถึงรูปร่างเหลี่ยม (angular) ส่วนอนุภาคละเอียดที่พบเป็นอนุภาคขนาดดินเหนียวถึงทรายแป้งละเอียดสีน้ำตาลจนถึงสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งอนุภาคหยาบฝังตัวอยู่ในอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบเกือบเป็นดินเหนียวอย่างเดียว (nealy clay monic) มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดที่เด่นชัดแบบ mosaic-speckled b-fabric จนถึง undifferentiated b-fabric.อินทรียวัตถุที่พบทั่วไปเป็นชนิด amorphous organic fine material และ punctuation พบการเคลือบของดินเหนียวตามผิวหน้าเม็ดดินเล็กน้อย และมีสารก้อนกลมของเหล็กออกไซด์ที่จับตัวกันแบบ impregnative nodules

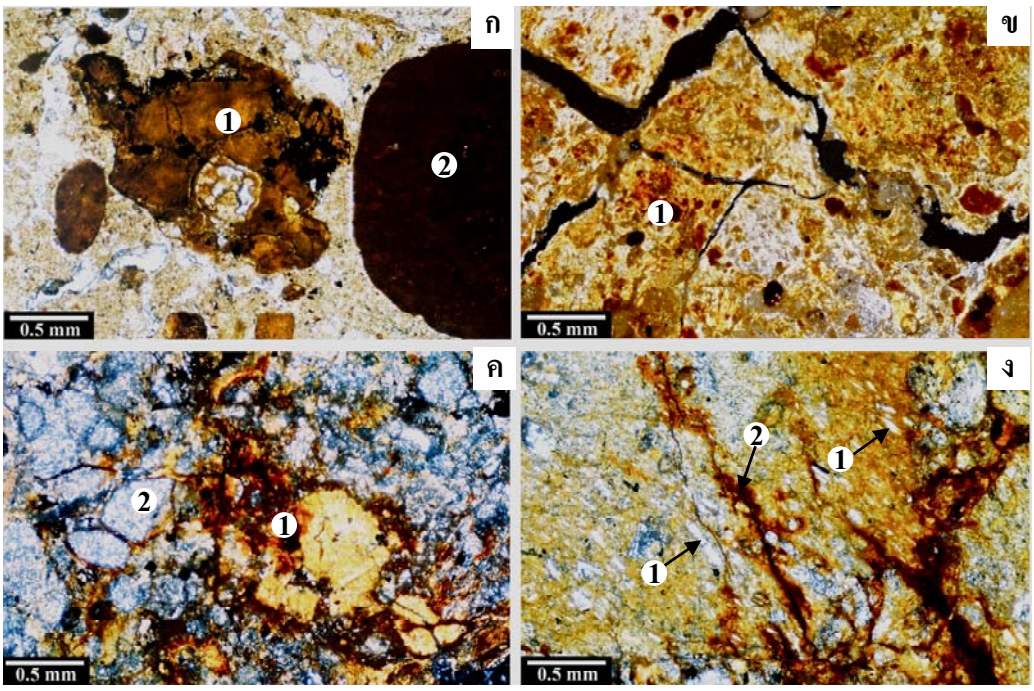
ดินล่าง มีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน (subangular blocky) เหมือนกับชั้นดินบน โดยทั่วไปในชั้นดินล่างมีช่องว่างในดินเป็นแบบ planar voids ประมาณร้อยละ 15 โดยปริมาตร มีอนุภาคขนาดหยาบในเนื้อดินละเอียด (matrix) เป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายละเอียด มีรูปร่างค่อนข้างเหลี่ยม ส่วนอนุภาคขนาดละเอียดที่พบเป็นอนุภาคขนาดดินเหนียวสีน้ำตาลจนถึงสีน้ำตาลปน

เหลือง ซึ่งอนุภาคหยาบฝังตัวอยู่ในอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบเกือบเป็นดินเหนียวอย่างเดียว มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดส่วนใหญ่เป็นแบบ undifferentiated b-fabric และมีแบบ porostriated b-fabric บ้างเล็กน้อยในช่วงบนของชั้นดินล่าง พบอินทรียวัตถุชนิด punctuations บ้างเล็กน้อย โดยทั่วไปพบการเคลือบของดินเหนียวบนผิวหน้าเม็ดดิน และช่องว่าง พบสีน้ำตาลปนเหลืองของดินเหนียวผสมเหล็กออกไซด์ ที่จับตัวกันในเนื้อดิน (impregnated s-matrix) และนอกจากนี้ยังพบสารก้อนกลมของเหล็กออกไซด์ที่มีการเชื่อมตัวกันแน่นในเนื้อดิน ที่มีขอบเขตชัดเจนไปจนถึงรูปร่างไม่แน่นอน

2.2.4 <u>พีดอน 4</u> (ภาพที่ 13)

ดินบน มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน มีช่องว่างในดินเป็นแบบ planar voids ที่อยู่ระหว่างช่องว่างแบบ vughs ประมาณร้อยละ 20 โดยปริมาตร มีอนุภาคขนาดหยาบในเนื้อดินละเอียด (matrix) เป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายละเอียดถึงทรายหยาบปานกลาง มีรูปร่างเหลี่ยม จนถึงรูปร่างค่อนข้างเหลี่ยม มีการจัดเรียงตัวและคัดขนาดอยู่ในระดับเลว และยังพบชิ้นส่วนของแร่เฟลด์สปาร์ และหินไรโอลิติกทัฟฟ์ ส่วนอนุภาคละเอียดที่พบเป็นอนุภาคขนาดดินเหนียวถึงทรายแป้ง ละเอียดสีน้ำตาลจนถึงสีน้ำตาลปนเหลือง ซึ่งอนุภาคหยาบฝังตัวอยู่ในอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบเปิด (open porphyric) มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดแบบ stipple-speckled b-fabric อินทรียวัตถุที่พบทั่วไปเป็นชนิด amorphous organic fine material, punctuation และ organic pigment พบสารก้อนกลมของเหล็กออกไซด์แบบ transported typic nodules และ pseudomorphic nodules ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นตะกอนดาดเชิงเขา (colluvium) ที่เคลื่อนย้ายมาโดยพาหะทางธรณี

ดินล่าง มีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน เหมือนกับชั้นดินบน ยกเว้นช่วงความลึก 82-100 เซนติเมตร (ชั้น Bt) ที่มีโครงสร้างเป็นแบบ vughy structure และมีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมคมบ้างเล็กน้อยในช่วงความลึก 100-122 เซนติเมตร (ชั้น 2Bt2) โดยทั่วไปในชั้นดินล่างมีช่องว่างในดินเป็นแบบ planar voids ประมาณร้อยละ 10-20 โดยปริมาตร มีอนุภาคขนาดหยาบในเนื้อดินละเอียด (matrix) เป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายละเอียด มีรูปร่างเหลี่ยม ถึงค่อนข้างเหลี่ยม มีการจัดเรียงตัวและคัดขนาดอยู่ในระดับเลว พบชิ้นส่วนของแร่เฟลด์สปาร์ และยังพบชิ้นส่วนของหินไรโอลิติกทัฟฟ์ ตลอดทั้งหน้าตัดดินส่วนอนุภาคขนาดละเอียดที่พบเป็นอนุภาคขนาดดินเหนียวสีน้ำตาล สีน้ำตาลปนเหลืองจนถึงสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งอนุภาคหยาบฝังตัวอยู่ในอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบเปิด มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดส่วนใหญ่เป็นแบบ stipple-speckled b-fabric,




**ภาพที่ 13** แสดงลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 4

ก) แสดง transported typic nodules (1) และ pseudomorphic nodules (2) ของดินพีดอน 4 ชั้น Ap1 ช่วงความลึก 0-25 เซนติเมตร (plane light)

ข) แสดงแร่โครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมคม (angular blocky structure) ของดินพีดอน 4 ชั้น 2Bt2 ช่วงความลึก 100-122 เซนติเมตร (x-nicols)

ค) แสดงแร่เฟอร์โรแมกนีเซียม (ferro-magnesians) ชนิดไบโอไทต์ (biotite) ที่กำลังสลายตัวเป็นแร่เกอไทต์ (goethite) (1) และเศษชิ้นส่วนของหินไรโอลิติกทัฟฟ์ (rhyolitic tuff) (2) ของดินพีดอน 4 ชั้น 2Crt1 ช่วงความลึก 150-180 เซนติเมตร (x-nicols)

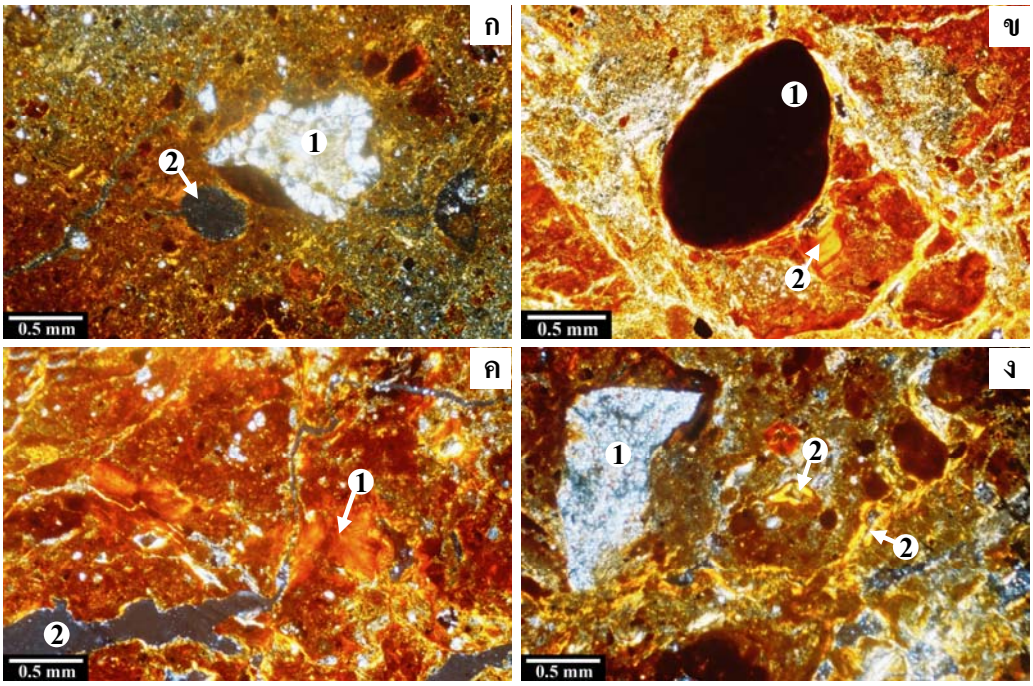
ง) แสดงแร่แพลจิโอเคลส เฟลด์สปาร์ (plagioclase feldspar) (1) และแร่ฮีมาไทต์ (hematite) ที่เคลือบอยู่ตามรอยแตกของหินไรโอลิติกทัฟฟ์ (2) ของดินพีดอน 4 ชั้น 2Crt1 ช่วงความลึก 150-180 เซนติเมตร (x-nicols)

porostrated b-fabric, mosaic-speckled b-fabric และ grano-porostrated b-fabric บ้างเล็กน้อย พบอินทรียวัตถุชนิด punctuations บ้างเล็กน้อย พบการเคลือบของดินเหนียวตามผนังช่องว่าง และบรรจุดินเหนียว (clay infilling) อยู่ในช่องว่าง พบสีน้ำตาลปนเหลืองของดินเหนียวผสมเหล็กออกไซด์ ที่จับตัวกันในเนื้อดิน (impregnated s-matrix) และนอกจากนี้ยังพบสารก้อนกลมของเหล็กออกไซด์แบบ transported typic nodules ในช่วงบนของชั้นดินล่าง และนองจากนี้ยังพบแบบ nucleic nodules ด้วย ส่วนในช่วงความลึก 150-180 เซนติเมตร (ชั้น 2Crt1) เป็นชั้นที่มีการผุพังสลายตัวของหินไรโอลิติกทัฟฟ์ ลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่พบนั้น คือ พบแร่พวกเฟอร์โรแมกนีเซียม (ferro-magnesians) ชนิดไบโอไทต์ ที่กำลังสลายตัวเป็นเป็นแร่เกอไทต์ และฮีมาไทต์ ซึ่งเคลือบอยู่ตามรอยแตกของเศษหินไรโอลิติกทัฟฟ์ และในส่วนของเนื้อหินนั้นยังพบแร่แพลจิโอเคลส เฟลด์สปาร์ (plagioclase feldspar) ที่อยู่ในช่วงกำลังสลายตัว

2.2.5 <u>พีดอน 5</u> (ภาพที่ 14)

ดินบน มีโครงสร้างแบบ vughy structure มีช่องว่างในดินโดยส่วนใหญ่เป็นแบบ vughs และมีบ้างเล็กน้อยที่เป็น vesicle และ cracks ประมาณร้อยละ 15 โดยปริมาตร มีอนุภาคขนาดหยาบในเนื้อดินละเอียด (matrix) เป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายละเอียดถึงทรายหยาบปานกลาง มีรูปร่างค่อนข้างเหลี่ยม จนถึงกลม พบแร่ runi-quartz และแร่ chalcedony บ้างเล็กน้อย ส่วนอนุภาคละเอียดที่พบเป็นอนุภาคขนาดดินเหนียวถึงทรายแป้งละเอียดสีน้ำตาลจนถึงสีน้ำตาลเข้ม ซึ่งอนุภาคหยาบฝังตัวอยู่ในอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบเปิด (open porphyric) มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดแบบ stipple speckled และมีบ้างเล็กน้อยที่เป็นแบบ porostriated อินทรียวัตถุที่พบทั่วไปเป็นชนิด amorphous organic fine material และพบชิ้นส่วนของพืชที่มีการสลายตัวบ้างเพียงเล็กน้อย พบการเคลือบของดินเหนียวร่วมกับเหล็กออกไซด์เป็นแบบเรียงตัวเป็นชั้นบาง ๆ (microlaminated) และมีสารก้อนกลมของเหล็กออกไซด์แบบ typic nodules

ดินล่าง มีโครงสร้างเป็นแบบ vughy structure เหมือนกับชั้นดินบน มีช่องว่างเป็นแบบ vughs และมีบ้างเล็กน้อยที่เป็น vesicle และ cracks ซึ่งในตอนบนของชั้นดินล่างช่วงความลึก 30-50 เซนติเมตร (ชั้น Bt1) ไม่พบความแตกต่างมากนักกับชั้นดินบน ส่วนในช่วงความลึก 90-170 เซนติเมตร (ชั้น 2Bt4 และ 2Bt6) มีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน และมีช่องว่างแบบ planar voids มีอนุภาคขนาดหยาบในเนื้อดินละเอียด (matrix) เป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายละเอียดถึงทรายหยาบปานกลาง มีรูปร่างค่อนข้างเหลี่ยม จนถึงกลม และพบชิ้นส่วนของเศษหินแอนดีซิติกทัฟฟ์




**ภาพที่ 14** แสดงลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 5

ก) แสดงแร่ chalcedony (1) และช่องว่างแบบ vesicles (2) ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับละเอียดแบบ open porphyric ของดินพีดอน 5 ชั้น Ap ช่วงความลึก 0-30 เซนติเมตร (x-nicols)

ข) แสดงสารก้อนกลมแบบ typic nodules (1) และการบรรจุของแร่ดินเหนียวร่วมกับเหล็กออกไซด์เรียงตัวเป็นชั้นบาง ๆ ในช่องว่าง (microlaminated clay mixed with iron oxide infillings) (2) ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับละเอียดแบบ nealy clay monic ของดินพีดอน 5 ชั้น 2Bt4 ช่วงความลึก 90-115 เซนติเมตร (x-nicols)

ค) แสดงการบรรจุของแร่ดินเหนียวร่วมกับเหล็กออกไซด์ในช่องว่าง (clay mixed with iron oxide infilling) และช่องว่างแบบ planar voids ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับละเอียดแบบ nealy clay monic ของดินพีดอน 5 ชั้น 2Bt6 ช่วงความลึก 142-165/170 เซนติเมตร (x-nicols)

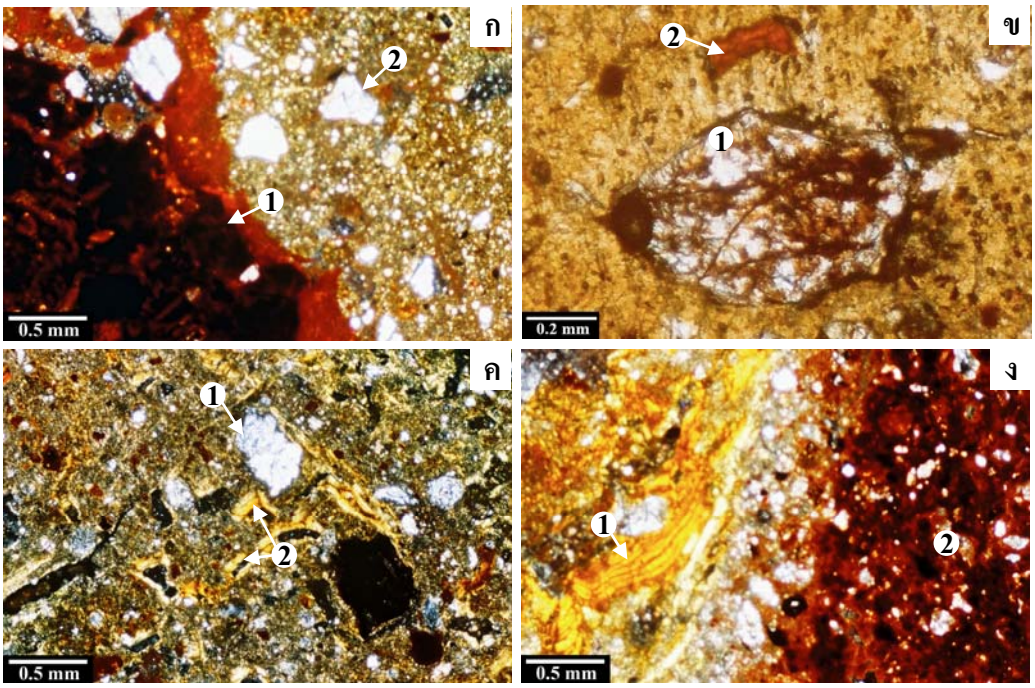
ง) แสดงเศษชิ้นส่วนของหินแอนดีซิติกทัฟฟ์ (1) และแร่ดินเหนียวเคลือบตามผนังช่องว่าง (2) ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับละเอียดแบบ nealy clay monic ของดินพีดอน 5 ชั้น 2Bt6 ช่วงความลึก 142-165/170 เซนติเมตร (x-nicols)

บ้างเล็กน้อยตลอดหน้าตัดดิน ส่วนอนุภาคขนาดละเอียดที่พบเป็นอนุภาคขนาดดินเหนียวถึงทรายแป้ง สีน้ำตาล น้ำตาลปนเหลือง น้ำตาลเข้ม ไปจนถึงสีแดงปนเหลือง ซึ่งอนุภาคหยาบฝังตัวอยู่ในอนุภาคขนาดละเอียด ตั้งแต่ความลึก 70 เซนติเมตร จนถึงชั้นล่างของหน้าตัดดินเป็นแบบเกือบเป็นดินเหนียวอย่างเดียว มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดที่เด่นชัดส่วนใหญ่เป็นแบบ stipple b-fabric, porostriated b-fabric, recticulate striated b-fabric, monosaic-speckled b-fabric และ grano-porostriated บ้างเล็กน้อยพบการเคลือบของดินเหนียวบนตามผนังช่องว่าง และบรรจุอยู่ในช่องว่าง (infilling) พบสีน้ำตาลปนเหลืองของดินเหนียวผสมเหล็กออกไซด์ ที่จับตัวกันในเนื้อดิน (impregnated s-matrix) และนอกจากนี้ยังพบสารก้อนกลมของเหล็กออกไซด์แบบ typic nodules

2.2.6 <u>พีดอน 6</u> (ภาพที่ 15)

ดินบน มีโครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน มีช่องว่างในดินโดยส่วนใหญ่เป็นแบบ vughs ที่อยู่ระหว่างและภายในเม็ดดิน ประมาณร้อยละ 30 โดยปริมาตร มีอนุภาคขนาดหยาบในเนื้อดินละเอียด (matrix) เป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายละเอียดถึงทรายหยาบมาก มีรูปร่างเหลี่ยม จนถึงกลม แร่ควอตซ์ที่มีเหล็กออกไซด์เข้าไปแทรกอยู่ในรอยแตก และแร่ควอตซ์ที่มีรอยแตก (broken quartz) บ้างเล็กน้อย รวมถึงมีการพบชิ้นส่วนของหินเชิร์ต (chert) ส่วนอนุภาคละเอียดที่พบเป็นอนุภาคขนาดดินเหนียวถึงทรายแป้งละเอียดสีน้ำตาล ซึ่งอนุภาคหยาบฝังตัวอยู่ในอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบเปิดถึงปิด (open to closed porphyric) มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดแบบ stipple speckled อินทรียวัตถุที่พบทั่วไปเป็นชนิด amorphous organic fine material, punctuation และเศษซากพืชที่กำลังสลายตัวและพบสารก้อนกลมของเหล็กออกไซด์ที่มีการเชื่อมตัวกันแน่นในเนื้อดิน (impregnative nodules) และสารก้อนกลมของแมงกานีสที่รวมตัวกับเหล็ก (manganiferrous nodules)

ดินล่าง มีโครงสร้างเป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุนมน เหมือนกับชั้นดินบน มีช่องว่างเป็นแบบ planar voids และมีบ้างเล็กน้อยที่เป็นแบบ vugh มีอนุภาคขนาดหยาบในเนื้อดินละเอียด (matrix) เป็นแร่ควอตซ์ขนาดทรายแป้ง ถึงขนาดทรายหยาบปานกลาง และพบเศษชิ้นส่วนของหินเกรย์แวก (greywacke) บ้างในช่วงความลึก 65-85 เซนติเมตร (ชั้น BCrt2) ส่วนอนุภาคขนาดละเอียดที่พบเป็นอนุภาคขนาดดินเหนียว สีเหลือง ไปจนถึงสีน้ำตาลเหลือง ซึ่งอนุภาคหยาบฝังตัวอยู่ในอนุภาคขนาดละเอียดเป็นแบบเปิด (open porphyric) มีการจัดเรียงตัวของอนุภาคละเอียดที่เด่นชัดส่วนใหญ่เป็นแบบ stipple speckled b-fabric และ porostriated b-fabric พบการเคลือบของดินเหนียวตามผนังช่องว่าง และแบบเรียงตัวเป็นชั้นบาง ๆ (microlaminated) รวมไปถึงพบการ




**ภาพที่ 15** แสดงลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดินพีดอน 6

ก) แสดง manganiferrous impregnative nodules (1) และแร่ควอตซ์ที่มีรอยแตก ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับละเอียดแบบ open to closed porphyric ของดินพีดอน 6 ชั้น Ap ช่วงความลึก 0-25 เซนติเมตร (x-nicols)

ข) แสดงแร่ runi quartz (1) และเศษชิ้นส่วนพืช (2) ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับละเอียดแบบ open to closed porphyric ของดินพีดอน 6 ชั้น Ap ช่วงความลึก 0-25 เซนติเมตร (plane light)

ค) แสดงแร่ควอตซ์ (1) และการเคลือบของแร่ดินเหนียวตามผนังช่องว่างแบบ vughs (2) ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคหยาบกับละเอียดแบบ open porphyric ของดินพีดอน 6 ชั้น BCrt2 ช่วงความลึก 65-85 เซนติเมตร (x-nicols)

ง) แสดงการเคลือบของแร่ดินเหนียวแบบเรียงตัวเป็นชั้นบาง ๆ (microlaminated clay) (1) ตามรอยแตกของหินเกรย์แวก (greywacke) (2) ของดินพีดอน 6 ชั้น Cr ช่วงความลึก 125-200+ เซนติเมตร (x-nicols)

บรรจุดินเหนียวอยู่ในช่องว่าง (infilling) ด้วยและนอกจากนี้ยังพบสารก้อนกลมของเหล็กออกไซด์แบบ typic nodules และแบบ manganiferrous aggregate nodules ส่วนช่วงความลึก 125-200 เซนติเมตร นั้นเป็นชั้นหินผุซึ่งลักษณะต่าง ๆ ได้อธิบายไว้ในส่วนศิลาวรรณาของหินเกรย์แวก (greywacke)

จากผลการศึกษาลักษณะจุลสัณฐานวิทยาของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่า โดยส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นเนื้อดินละเอียด เมื่อพิจารณาจากปริมาณของอนุภาคหยาบต่ออนุภาคละเอียด พบว่าปริมาณของอนุภาคละเอียดมีอยู่สูงมากในเกือบทุกพีดอน ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะหินที่เป็นวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นหินแอนดีซิติกทัฟฟ์ ไรโอลิติกทัฟฟ์ และหินเกรย์แวก มีองค์ประกอบในอนุภาคขนาดหยาบเป็นแร่ควอตซ์ และบางพีดอนพบเศษชิ้นส่วนของหินที่เป็นวัตถุต้นกำเนิดดิน มีความแตกต่างของวัสดุระหว่างตอนบนและตอนล่างของหน้าตัดดิน ทำให้โครงสร้างขนาดเล็กของดินแตกต่างกัน โดยวัสดุในตอนบนมีเนื้อหยาบกว่าในตอนล่าง อนุภาคหยาบส่วนใหญ่เป็นแร่ควอตซ์ที่มีรอยแตก บางบริเวณมีเหล็กออกไซด์แทรกอยู่ในรอยแตก และอนุภาคหยาบส่วนใหญ่มีรูปร่างค่อนข้างเหลี่ยมถึงค่อนข้างกลมที่มีขนาดอยู่ในพิสัยขนาดทรายถึงทรายแป้งแสดงให้เห็นว่าวัตถุต้นกำเนิดดินถูกเคลื่อนย้ายโดยอิทธิพลของน้ำและถูดพัดพามาทับถมในบริเวณที่ไม่ห่างไกลจากแหล่งกำเนิดมากนัก (เอิบ, 2542ก; Buol *et al*., 2003) ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นตะกอนดาดเชิงเขาในพีดอน 4 และ 5 ซึ่งกระบวนการเกิดดินในส่วนนี้ บ่งชี้ว่าการเกิดของดินไม่ได้มีเพียงแต่การผุพังอยู่กับที่เท่านั้น

ในดินล่างพบกระบวนการที่เกิดทางดิน คือ การเคลื่อนย้ายดินบนมาสะสมในดินล่าง โดยการเคลื่อนย้ายดินเหนียวมาตามช่องว่างในดิน (eluviated clay) หรือการบรรจุ (infill) และการเคลือบของดินเหนียวในช่องว่างดิน โดยกระบวนการสะสมหรือการเคลื่อนย้ายเข้า (illuviation) ซึ่งพบในทุกพีดอนของดินที่สูงที่ทำการศึกษา และนอกจากนั้นบางส่วนมีการเคลือบแบบ microlaminated ซึ่งพบว่าลักษณะดังกล่าวโดยส่วนใหญ่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก แสดงถึงการเป็นชั้นวินิจฉัยอาร์จิลลิก แสดงถึงการมีพัฒนาการของหน้าตัดดินดี (Buol *et al.,* 2003) นอกจากนี้ลักษณะการสะสมดินเหนียวในช่องว่างดังกล่าวไม่เพียงแต่พบในชั้นดินล่างเท่านั้น ยังพบในชั้นดินบนด้วย คือ พีดอน 2, 3 และ 5 ซึ่งลักษณะนี้ยังบ่งชี้ได้ว่าดินมีการกร่อนดิน (erosion) อยู่ในระดับหนึ่ง เนื่องจากพื้นที่ที่ทำการศึกษามีความลาดชัน จึงส่งผลให้เกิดการสูญเสียหน้าดินบนไป และดินก็สามารถพัฒนาเป็นชั้นดินบน (A) ต่อไปโดยปัจจัยและกระบวนการในการสร้างตัวของดินเอง แต่สำหรับดินในพีดอน 3 นั้นไม่สามารบอกได้ว่าเกิดจากอิทธิพลจากการกร่อนหรือไม่ เนื่องจากการใช้ที่ดินนั้นมีการทำการเกษตรปลูกพืชแบบขั้นบันได มีการขุดตักหน้าดินของชั้นดินบนออกไป จึงส่งผลให้เหลือแต่ชั้นดินล่างที่จะพัฒนาเป็นชั้นดินบน (A) ต่อไป ด้วยเหตุนี้เองจึง

พบลักษณะการเคลือบของแร่ดินเหนียวตามช่องว่างในชั้นดินบนที่เคยเป็นชั้นสะสมมาก่อน (Bt)

ในดินล่างของดินในแต่ละพีดอนยังพบกระบวนการที่เกิดทางดินอื่น ๆ อีก คือพบมวลก้อนกลมของเหล็กออกไซด์ที่จับตัวกันปานกลางถึงแน่นมาก และบางบริเวณพบมวลก้อนกลมแบบมีจุดกลาง และแบบธรรมดาของเหล็กออกไซด์ ซึ่งมวลก้อนกลมมีลักษณะและรูปร่างที่แตกต่างกันออกไป โดยเฉพาะดินพีดอน 4 พบมวลก้อนกลมของเหล็กออกไซด์ที่มีรูปร่าง และขนาดที่แตกต่างกันมาก และมีขอบเขตไม่ชัดเจน ตั้งแต่ชั้นดินบน ไปจนถึงตอนบนของดินล่าง ซึ่งเป็นลักษณะที่บ่งชี้ถึงการเกิดจากอิทธิพลของการเคลื่อนย้ายมาจากบริเวณอื่น ดังสอดคล้องกับวัตถุต้นกำเนิดดิน และนอกจากนี้ยังพบมวลก้อนกลมของแมงกานีสที่รวมตัวกับเหล็ก (manganiferrous impregnative nodules) ที่จับตัวกันน้อยถึงแน่นปานกลาง โดยจะเกิดร่วมกับมวลก้อนกลมของเหล็กออกไซด์

นอกจากนี้ในชั้นดินล่างยังพบกระบวนการทางดินอื่น อีก คือกระบวนการทางดินที่เกิดจากสัตว์ พบสารก้อนกลมของมูลสัตว์ (excrement pedofeature) ซึ่งเป็นลักษณะของดินที่มีโครงสร้างและการระบายอากาศที่ดีที่สามารถให้สิ่งมีชีวิตสามารถอาศัยอยู่ในดินได้

สำหรับโครงสร้างขนาดเล็กของดินที่สูงที่ทำการศึกษา พบว่าดินมีโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน แบบช่องว่างขนาดใหญ่ (vughy structure) และแบบเม็ดกลมป้างเล็กน้อย ช่องว่างในดินนั้นจะมีความสัมพันธ์กับการใช้ที่ดินที่พบว่าดินทุกบริเวณที่ทำการศึกษาเป็นพื้นที่ทำการเกษตรทั้งหมด จึงส่งผลให้ดินบนมีช่องว่างค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับชั้นดินล่างที่ได้รับอิทธิพลเนื่องมาจากการจัดการที่ดินเพื่อการเพาะปลูก ซึ่งจากการศึกษาลักษณะทางจุลสัณฐานของดินยังพบด้วยว่าดินมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงในชั้นดินบน พบเศษชิ้นส่วนของพืช และอินทรียวัตถุชนิดต่าง ๆ และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ด้วยเหตุนี้เองในชั้นดินบนจึงมีสีดินที่คล้ำกว่าในชั้นดินล่าง ลักษณะดังกล่าวสอดคล้องกับลักษณะสัณฐานวิทยาสนาม และผลการวิเคราะห์ทางเคมี

**ตารางที่ 7** จุลสัณฐานวิทยาของดินที่สูง ที่ทำการศึกษา

| Horizo | Depth (cm) | Microstructure | | | Basic mineral components | | c/f related distribution | b-fabric | Pedofeature |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | structure | voids | c/f ratio at 10 μm | Coarse fraction | Fine fraction | | | |
| | **Pedon 1 Typic Paleudult, very fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | | |
| Ap | 0-30/40 | Granular, Subangular blocky | Compound packing, planar, vughs | 2:98 | Quartz | Brown to dark brown clay | Open porphyric | Undifferentiated | Iron oxide impregnative nodules |
| Bt1 | 40-61 | Subangular blocky | Planar | 5:95 | Quartz | Yellowish brown clay | Open porphyric | Undifferentiated, porostriated | Clay-iron oxide coatings, iron oxide impregnative nodules, soil animal excrement |
| Bt3 | 81-103 | Subangular blocky | Planar, vughs | 2:98 | Quartz | Yellowish brown clay to fine silt | Open porphyric | Undifferentiated, mosaic-speckled, porostriated | Clay-iron oxide coatings, typic nodules |
| Bt5 | 131-154 | Subangular blocky | Planar, vughs | 5:95 | Quartz | Yellowish brown clay to fine silt | Open porphyric | Undifferentiated, mosaic-speckled, porostriated | Clay-iron oxide coatings, typic nodules |
| Bt7 | 179-200+ | Subangular blocky | Planar, channels, vesicles | 2:98 | Quartz | Reddish brown & light yellow clay to fine silt | Open porphyric | Undifferentiated, stipple speckled | Clay-iron oxide coatings, typic nodules |
| | **Pedon 2 Typic Paleudult, fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | | |
| Ap | 0-20 | Vughy | Vughs, channels | 50:50 | Quartz | Dark brown clay to fine silt | Closed porphyric | Undifferentiated | Clay-iron oxide coatings, |
| Bt1 | 51-72 | Granular, spongy | Compound packing, vughs | 40:60 | Quartz | Yellowish brown clay to fine silt | Closed porphyric | Undifferentiated | Clay coatings<br>Iron oxide impregnative nodules |
| Bt3 | 102-130 | Vughy | Vughs, vesicles, chambers | 40:60 | Quartz | Yellowish brown clay to fine silt | Closed porphyric | Stipple speckled, undifferentiated, granostriated | Clay coatings |

**ตารางที่ 7** (ต่อ)

| Horizo | Depth (cm) | Microstructure | | | Basic components | | c/f related distribution | b-fabric | Pedofeature |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | structure | voids | c/f ratio at 10 μm | Coarse fraction | Fine fraction | | | |
| | **Pedon 2 (cont.)** | | | | | | | | |
| Bt5 | 160-200+ | Vughy | Vughs, vesicles, chambers | 40:60 | Quartz | Yellowish brown clay to fine silt | Closed porphyric | Stipple speckled, undifferentiated, granostriated | Clay infillings |
| | **Pedon 3 Typic Paleudult, very fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | | |
| Ap | 0-10 | Subangular blocky | Planar | 2:98 | Quartz | Brown to dark brown clay to fine silt | Nearly clay monic | Mosaic-speckled, undifferentiated | Clay coatings, iron oxides impregnative nodules |
| Bt1 | 10-31 | Subangular blocky | Planar | 1:99 | Quartz | Brown to yellowish brown clay | Nearly clay monic | Undifferentiated, porostriated | Clay coatings, iron oxides impregnative nodules |
| Bt3 | 56-81 | Subangular blocky | Planar | 1:99 | Quartz | Brown to yellowish brown clay | Nearly clay monic | Undifferentiated | Clay coatings, iron oxides impregnative nodules |
| Bt5 | 112-142 | Subangular blocky | Planar | 1:99 | Quartz | Brown to yellowish brown clay | Nearly clay monic | Undifferentiated | Clay coatings, iron oxides impregnative nodules |
| Bt7 | 175-200+ | Subangular blocky | Planar | 1:99 | Quartz | Brown to yellowish brown clay | Nearly clay monic | Undifferentiated | Clay coatings, iron oxides impregnative nodules |
| | **Pedon 4 Typic Paleudalf, fine-loamy, mixed, active, isohyperthermic** | | | | | | | | |
| Ap1 | 0-25 | Subangular blocky | Planar, vughs | 5:95 | Quartz, feldspar, rhyolitic tuff rock fragments | Brown to dark brown clay to fine silt | Open porphyric | Stipple speckled | Transported typic nodules, pseudomorphic nodules |
| AB | 45-60 | Subangular blocky | Planar, vughs | 5:95 | Quartz, feldspar, rhyolitic tuff rock fragments | Brown to dark brown clay to fine silt | Open porphyric | Stipple speckled | Transported typic nodules, pseudomorphic nodules |

**ตารางที่ 7** (ต่อ)

| Horizo | Depth (cm) | Microstructure | | | Basic mineral components | | c/f related distribution | b-fabric | Pedofeature |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | structure | voids | c/f ratio at 10 μm | Coarse fraction | Fine fraction | | | |
| | **Pedon 4 (cont.)** | | | | | | | | |
| Btc | 60-82 | Subangular blocky | Planar, vughs | 30:70 | Quartz, feldspar, rhyolitic tuff rock fragments | Yellowish brown to dark brown clay to fine silt | Open porphyric | Stipple speckled porostriated | Clay coatings and infillings, typic nodules, nucleic nodules |
| Bt1 | 82-100 | Vughy | Vughs | 40:60 | Rhyolitic tuff rock fragments, quartz | Brown to dark brown clay to fine silt | Open porphyric | Mosaic speckled grano-porostriated | Clay coatings and infillings, amorphous iron oxides impregnated |
| 2Bt2 | 100-122 | Subangular blocky, angular blocky | Vughs, planar | 40:60 | Rhyolitic tuff rock fragments, quartz | Brown to dark brown clay to fine silt | Open porphyric | Mosaic speckled grano-porostriated | Clay coatingss and infillings, amorphous iron oxides impregnated |
| 2Crt1 | 150-180 | Rocks | - | 70:30 | Rhyolitic tuff rock fragments | Brown to dark brown clay to fine silt | Open porphyric | - | Iron oxide coatings, goethite and hematite pseudomorph after biotite |
| | **Pedon 5 Vertic Hapludalf, very fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | | |
| Ap | 0-30 | Vughy | Vughs, vesicles, craks | 2:98 | Quartz, chalcedony | Brown to dark brown clay to fine silt | Open porphyric | Stipple speckled, porostriated, grano-porostriated | Clay-iron oxide microlaminated coatings, typic nodules |
| Bt1 | 30-50 | Vughy | Vughs, vesicles, craks | 2:98 | Quartz, lithorelicts, andesitic tuff rock fragments | Brown to dark brown clay to fine silt | Open porphyric | Stipple speckled, porostriated | Clay-iron oxide microlaminated coatings, typic nodules |

**ตารางที่ 7** (ต่อ)

| Horizo | Depth (cm) | Microstructure | | | Basic mineral components | | c/f related distribution | b-fabric | Pedofeature |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | structure | voids | c/f ratio at 10 μm | Coarse fraction | Fine fraction | | | |
| | **Pedon 5 (cont.)** | | | | | | | | |
| Bt3 | 70-90 | Vughy | Vughs, planar | 1:99 | Quartz, andesitic tuff rock fragments | Brown to dark brown clay to fine silt | Nearly clay monic | Reticulate striated, mosaic-speckled | Clay-iron oxide coatings & infillings, typic nodules |
| 2Bt4 | 90-115 | Subangular blocky | Vughs, planar | 1:99 | Quartz, andesitic tuff rock fragments | Yellowish brown to yellowish red clay to fine silt | Nearly clay monic | Reticulate striated, mosaic-speckled grano-porostriated | Clay-iron oxide coatings & infillings, typic nodules |
| 2Bt6 | 142-165/170 | Subangular blocky | Vughs, planar | 1:99 | Quartz, andesitic tuff rock fragments | Yellowish brown to yellowish red clay to fine silt | Nearly clay monic | Reticulate striated, mosaic-speckled | Clay-iron oxide coatings & infillings, typic nodules |
| | **Pedon 6 Typic Paleudult, fine, mixed, semiactive, isohyperthermic** | | | | | | | | |
| Ap | 0-25 | Subangular blocky | Vughs, planar | 25:75 | Quartz, chert rocks | Brown clay to fine silt | Open to closed porphyric | Stipple speckled | Manganiferrous & iron oxide impregnative nodules |
| Bt | 25-34/50 | Subangular blocky | Planar | 5:95 | Quartz | Light yellow to yellowish brown clay | Open porphyric | Stipple speckled porostriated | Microlaminated clay coatings & infillings |
| BCrt2 | 65-85 | Subangular blocky | Planar, vughs | 5:95 | Quartz, greywacks rock fregments | Light yellow to yellowish brown clay | Open porphyric | Stipple speckled porostriated | Clay-iron oxide coatings & infillings, iron oxide & manganiferrous aggregate nodules |
| Cr | 125-200+ | Rocks | - | - | Shale fragments, chert fragments, quartz grains, rhyorite fragments, micas | Red clay | - | - | Microlaminated clay coatings |

**3. สมบัติทางกายภาพของดินที่สูง**

ผลการวิคราะห์สมบัติทางกายภาพของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 6 พีดอน ประกอบด้วยการแจกกระจายของอนุภาคและชั้นเนื้อดิน ความหนาแน่นรวมของดิน และค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ตามตารางผนวกที่ 2 และใช้เกณฑ์แบ่งระดับค่าวิเคราะห์ตามตารางผนวกที่ 5, 8 และ 9

3.1 การแจกกระจายของอนุภาคและชั้นเนื้อดิน

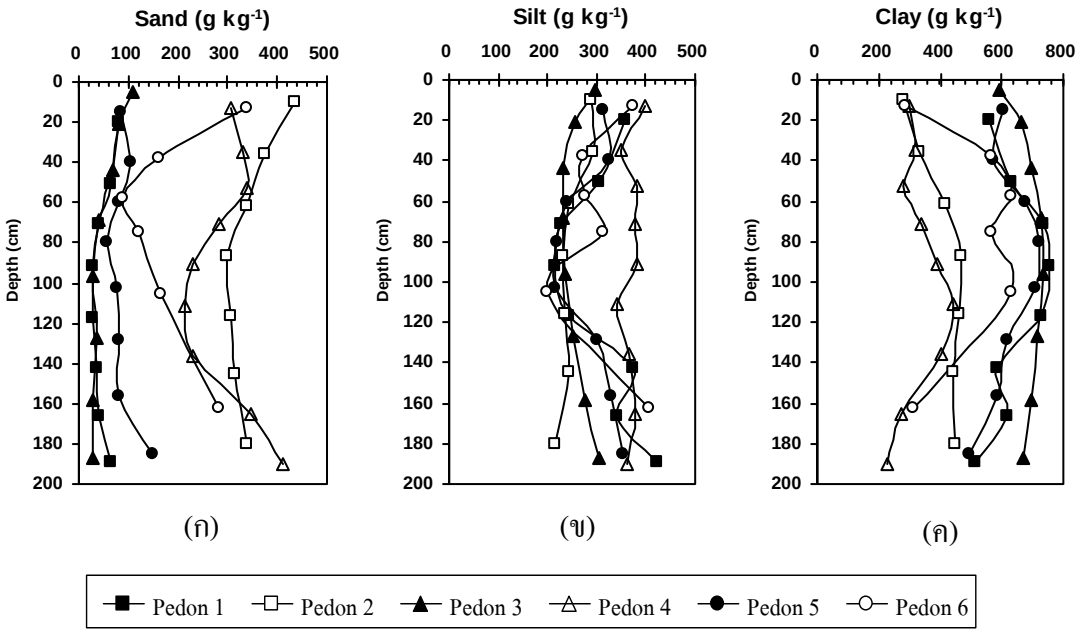
ผลการศึกษาการแจกกระจายของอนุภาคขนาดต่างๆ แสดงไว้ในตารางผนวกที่ 2 และภาพที่ 16, 17 พบว่า การแจกกระจายของอนุภาคขนาดทรายของดินที่สูงที่ทำการศึกษา โดยภาพรวมส่วนใหญ่มีการสะสมของอนุภาคขนาดทรายลดลงตามความลึกของหน้าตัดดิน และมีความแปรปรวนบ้างในบางพีดอน โดยอนุภาคทรายในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 81-435 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 26-412 กรัมต่อกิโลกรัม การที่มีอนุภาคทรายสูงในชั้นดินบน แล้วค่อยๆ มีค่าลดลงตามความลึก คาดว่าน่าจะเนื่องมาจากสาเหตุ 3 ประการใหญ่ๆ คือ 1) อิทธิพลที่เกิดจากการกร่อน ซึ่งทำให้อนุภาคขนาดเล็กถูกพัดพาไปจากผิวดิน ทำให้เหลืออนุภาคทรายในชั้นดินบนอยู่มาก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) 2) เกิดจากการชะละลายในหน้าตัดดิน โดยน้ำจะชะพาเอาอนุภาคขนาดเล็กลงไปสะสมในชั้นดินล่าง (อภิสิทธิ์, 2527; Buol *et al.,* 2003) และ 3) เป็นกระบวนการเคลื่อนย้ายเชิงกล (lessivage) ของอนุภาคแร่ขนาดเล็กจากชั้นดินบนลงสู่ชั้นดินล่าง (เอิบ, 2542ก) และเมื่อเปรียบเทียบกันทั้ง 6 พีดอน พบว่าการแจกกระจายอนุภาคขนาดทรายจะมีมากที่สุดในพีดอน 2 รองลงมาคือ พีดอน 4, 6, 5, 1 ตามลำดับ และต่ำที่สุดในพีดอน 3 ส่วนเรื่องความแปรปรวนพบว่าพีดอน 4 มีความแปรปรวนมากที่สุดเนื่องมาจากอิทธิพลความไม่ต่อเนื่องทางธรณี และการที่ดินพีดอน 6 มีอนุภาคขนาดทรายลดลงในตอนกลางของหน้าตัดดินและเพิ่มขึ้นจนไปถึงตอนล่างของหน้าตัดดินนั้น เป็นผลมาจากอิทธิพลของวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นหินเกรย์แวกที่อยู่ในช่วงของการผุพังสลายตัว และมีแร่ควอตซ์เป็นองค์ประกอบ (ภาพที่ 16ก)

การแจกกระจายของอนุภาคขนาดทรายแป้งของดินที่สูงที่ทำการศึกษาโดยภาพรวมมีความแปรปรวนไม่สม่ำเสมอ โดยอนุภาคทรายในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 288-397 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 199-423 กรัมต่อกิโลกรัม ซึ่งมีการเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกันเป็นช่วงๆ แต่อยู่ในพิสัยที่ไม่กว้างนัก และเมื่อเปรียบเทียบกันทั้ง 6 พีดอน พบว่าการแจกกระจายอนุภาคขนาด

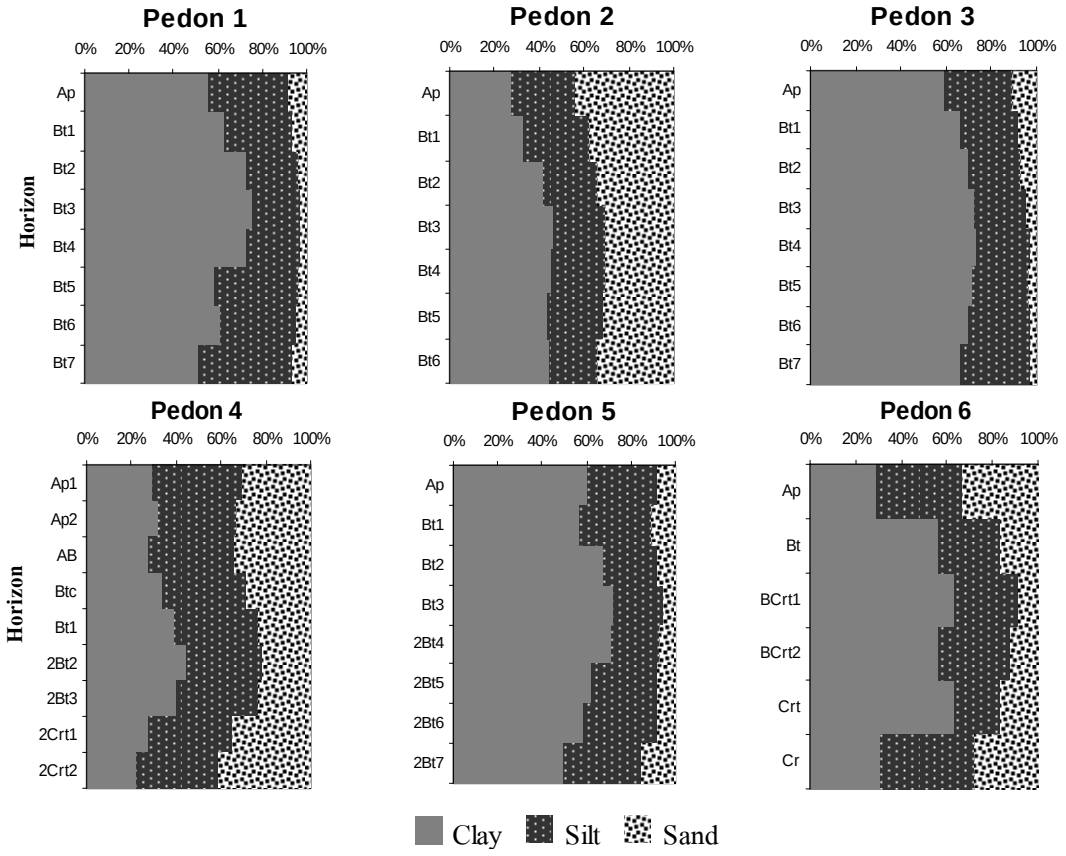
ทรายแป้งจะมีมากที่สุดในพีดอน 4 และต่ำสุดในพีดอน 3 ส่วนในพีดอนอื่นๆ จะมีค่าขึ้นลงสลับกันในหน้าตัดดิน (ภาพที่ 16ข)

ส่วนการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียว (ภาพที่ 16ค) ในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 81-435 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 26-412 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อเปรียบเทียบกันทั้ง 6 พีดอน พบว่าการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียวจะมากสุดในพีดอน 3 รองลงมาคือ 1, 5, 6 และ 2 ตามลำดับ และต่ำสุดในพีดอน 4 โดยภาพรวมส่วนใหญ่มีการสะสมของอนุภาคขนาดดินเหนียวจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงตอนบนของหน้าตัดดิน และกลับลดลงในตอนล่าง และมีความสัมพันธ์กันในทิศทางตรงกันข้ามกับการสะสมของอนุภาคขนาดทราย ยกเว้นพีดอน 2 ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกอย่างชัดเจน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าดินมีพัฒนาการของหน้าตัดดี (อภิสิทธิ์, 2527; Buol *et al.,* 2003) ก็เนื่องมาจากมีการเคลื่อนย้ายของอนุภาคดินเหนียวจากบางส่วนจากดินบนสู่ดินล่าง ทำให้คงเหลืออนุภาคขนาดใหญ่มากกว่า เป็นผลมาจากกระบวนการเคลื่อนย้ายเชิงกล (lessivage) และกระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุจากชั้นดินบน (eluviations) (Buol *et al*., 2003; Soil Survey Staff, 2006) สำหรับดินล่างที่มีการแจกกระจายอนุภาคขนาดละเอียดมากกว่ามาสะสมในดินล่างตลอดจนมีกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของแร่ปฐมภูมิในดินในดินล่าง ทำให้อนุภาคดินมีขนาดเล็กลง รวมถึงอาจจะมีการสังเคราะห์แร่จากการสลายซิลิกาและอะลูมินา เกิดเป็นแร่ดินเหนียวในชั้นดิน (Legro and Pedro, 1985; Churchman, 2000) จากการศึกษาการแจกกระจายของอนุภาคขนาดต่างๆ ในดินทุกพีดอน โดยเฉพะในพีดอน 4 ที่ค่อนข้างแปรปรวนมากกว่าพีดอนอื่น ๆ คาดว่าเนื่องมาจากอิทธิพลความไม่ต่อเนื่องทางธรณี แต่หน้าตัดดินยังเกิดต่อเนื่องกันตามลำดับชั้น เป็นผลมาจากผ่านการสร้างตัวของดินมานาน (อภิสิทธิ์, 2530; พรเทพ, 2541; Fanning and Fanning, 1989) ซึ่งผลการศึกษาการแจกกระจายของอนุภาคดินที่สูงที่ทำการศึกษามีลักษณะสอดคล้องกับ พรเทพ (2541) และนิวัติ (2546) ที่ทำการศึกษาดินที่สูงในบริเวณจังหวัดเชียงใหม่

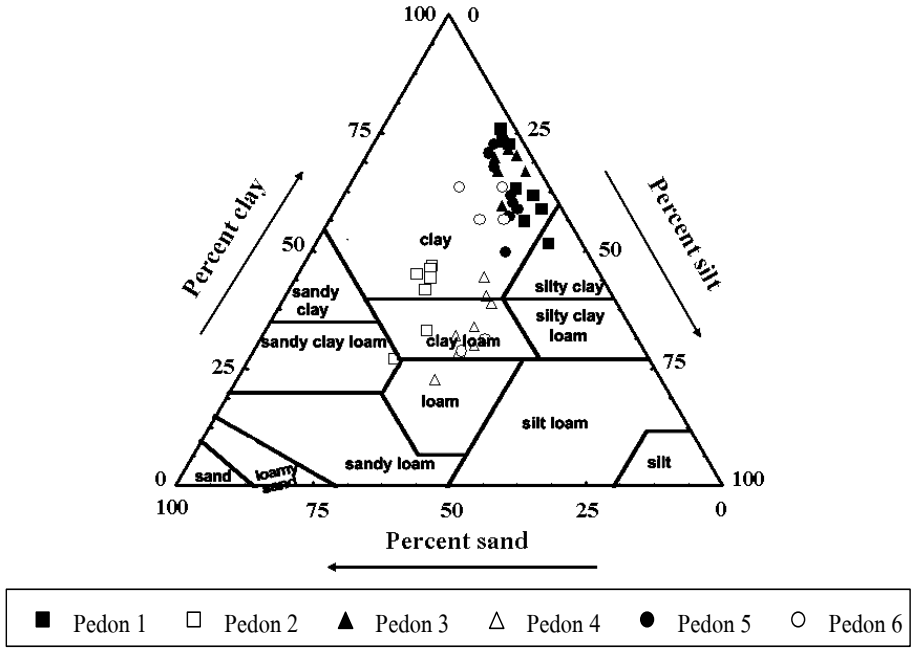
เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์การแจกกระจายของอนุภาคขนาดต่างๆ ของดินทั้ง 6 พีดอน แล้วนำค่าวิเคราะห์ได้เทียบหาประเภทชั้นเนื้อดินจากตารางสามเหลี่ยมแสดงความสัมพันธ์ของอนุภาคดิน โดยใช้เกณฑ์ของกระทรวงเกษตรสหรัฐอเมริกา (USDA textural class) (เอิบ, 2542ข; Soil Survey Staff, 2006) (ภาพที่ 18) พบว่าดินที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่อยู่ในกลุ่มดินเหนียว (clayey) และอยู่กลุ่มดินร่วน (loamy) โดยในกลุ่มดินเหนียว เป็นดินในพีดอน 1, 3 และ 5 ในดินล่างของพีดอน 2 และตอนกลางของหน้าตัดดินของพีดอน 4 และ 6 มีเนื้อดินเป็นดินเหนียวปนทรายแป้ง




**ภาพที่ 16** ความสัมพันธ์ระหว่างอนุภาคขนาดทราย (ก) อนุภาคขนาดทรายแป้ง (ข) และอนุภาคขนาดดินเหนียว (ค) กับความลึกของดินที่สูงที่ทำการศึกษา




**ภาพที่ 17** ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการแจกกระจายของขนาดอนุภาคในแต่ละชั้นดิน ของดินที่สูงที่ทำการศึกษา

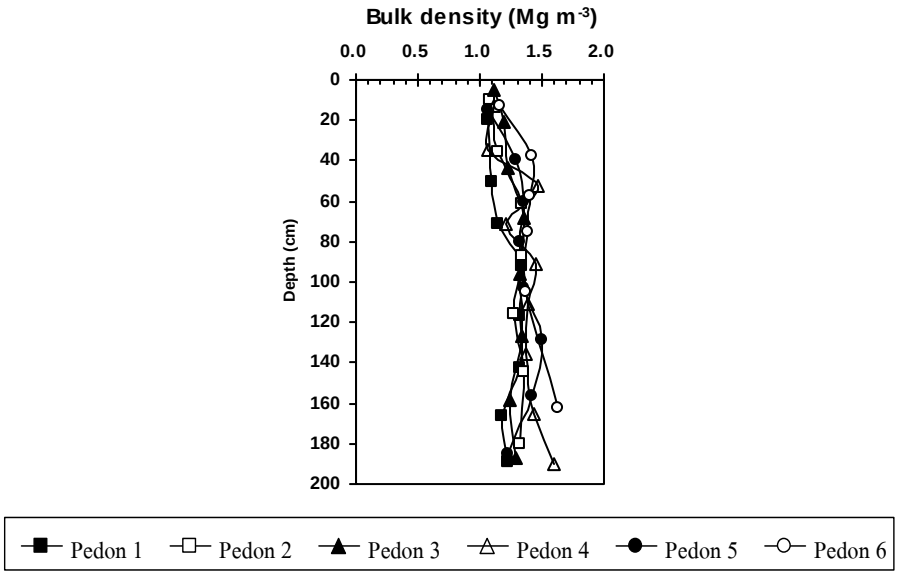



**ภาพที่ 18** การจำแนกประเภทเนื้อดิน ตามสัดส่วนโดยมวลของอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว ของดินที่สูงที่ทำการศึกษา

ในบางชั้นของดินล่างของดินพีดอน 1 ส่วนดินในกลุ่มดินร่วนนั้น พบว่าส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อละเอียดปานกลาง และมีเนื้อปานกลางในบางชั้นของดินพีดอน 4 ที่เป็นดินร่วน ดินเนื้อละเอียดปานกลางที่พบ คือ ดินร่วนเหนียวในชั้นดินบนของพีดอน 6 ชั้นดินบนถึงตอนกลางของหน้าตัดดินในพีดอน 4 และในชั้นดินล่างตอนบนของพีดอน 2 และดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย คือ ดินบนของพีดอน 2 ดินที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่มีสมบัติทางกายภาพของเนื้อดินละเอียดไม่เป็นข้อจำกัดในการใช้ทางการเกษตร เนื่องจากดินมีความสามารถในการอุ้มน้ำ และความสามารถในการดูดยึดธาตุอาหารพืชในดินได้ดี ดินจึงมีความเหมาะสมต่อการปลูกพืช (วิโรจ, 2531; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548)

3.2 ความหนาแน่นรวมของดิน

ความหนาแน่นรวมของดินโดยวิธี core method (Blake and Hartge, 1986) พบว่ามีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างสูง ดังแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 2 และภาพที่ 19 โดยในชั้นดินบน มีค่าอยู่ในระดับต่ำ อยู่ในพิสัย 1.07-1.16 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ส่วนในชั้นดินล่างจะอยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างสูง (1.09-1.63 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) โดยทั่วไปดินบนมีความหนาแน่นรวมต่ำกว่าเนื่องจากมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่า และมีการเคลื่อนย้ายดินเหนียวสู่ดินล่าง ซึ่งอนุภาคจะเข้าไป




**ภาพที่ 19** ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นรวมกับความลึกของดินที่สูงที่ทำการศึกษา

แทรกตัวอยู่ในที่ว่างต่าง ๆ ในดิน ทำให้ดินแน่นทึบขึ้น (คณาจาย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Adam, 1973; Marshall and Holmes, 1979; Owens and Watson, 1979; Calvert *et al.,* 1980; Brady and Weil, 2002) ในตอนล่างของชั้นดินล่าง พีดอน 4 และ 6 มีค่าความหนาแน่นรวมสูงกว่าพีดอนอื่น ๆ ก็เนื่องมาจากอิทธิพลของวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นหินอยู่ในช่วงผุพังสลายตัว จากการศึกษาเนื้อดินเป็นเนื้อปานกลางถึงละเอียด ทำให้ความหนาแน่นรวมของดินไม่มีปัญหาต่อการปลูกพืช (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; พิบูลย์, 2549; Brady and Weil, 2002)

3.3 ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว

การวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ ซึ่งใช้กระบอกเก็บตัวอย่างดินทุกชั้นกำเนิดดิน โดยวิธีพลังงานขับน้ำผันแปร (variable head method) (Klute, 1965) พบว่า มีค่าอยู่ในระดับช้ามากถึงเร็ว โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 6.71 x $10^{-3}$ ถึง 16.12 เซนติเมตรต่อชั่วโมง (O' Neal, 1952) ดังแสดงไว้ในตารางผนวกที่ 2 และภาพที่ 20

พีดอน 1 มีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำในชั้นดินบน 0.71 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ส่วนในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 2.67 x $10^{-3}$ ถึง 6.33 เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าสูงสุดในชั้น Bt1

พีดอน 2 มีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำในชั้นดินบน 1.26 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ส่วนในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 1.04-16.12 เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าสูงสุดในชั้น AB

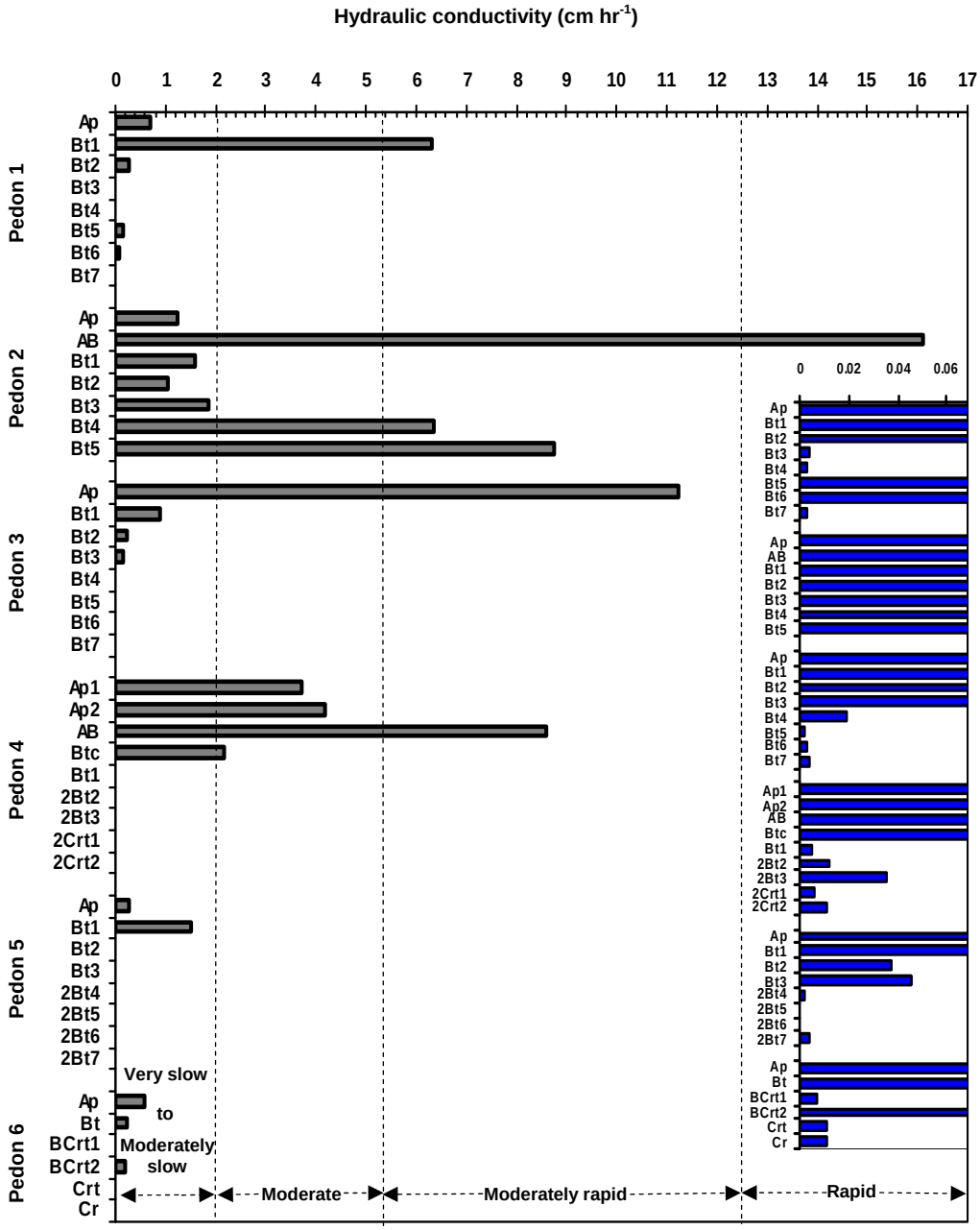
พีดอน 3 มีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำในชั้นดินบน 11.25 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ส่วนในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย $4.28 \times 10^{-3}$ ถึง 0.89 เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าสูงสุดในชั้น Ap

พีดอน 4 มีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำในชั้นดินบน 3.70 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ส่วนในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย $5.91 \times 10^{-3}$ ถึง 8.60 เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าสูงสุดในชั้น AB

พีดอน 5 มีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำในชั้นดินบน 0.29 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ส่วนในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย $3.74 \times 10^{-3}$ ถึง 1.51 เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าสูงสุดในชั้น Bt1

พีดอน 6 มีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำในชั้นดินบน 0.59 เซนติเมตรต่อชั่วโมง ส่วนในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย $6.71 \times 10^{-3}$ ถึง 0.23 เซนติเมตรต่อชั่วโมง โดยมีค่าสูงสุดในชั้น Ap

ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำ เป็นค่าที่แสดงความยากง่ายของน้ำที่จะสามารถเคลื่อนที่ในดินได้ อัตราการเคลื่อนที่ของน้ำในเวลาใดเวลาหนึ่งจะขึ้นอยู่กับสมบัติต่าง ๆ ของดิน (เอิบ, 2542ก) โดยปกติจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างของดิน ชนิดของเนื้อดิน ขนาด รูปร่าง การเชื่อมโยง ความต่อเนื่อง ความคดเคี้ยว ความคงทน การแจกกระจายของช่องว่างในดิน และชนิดของไอออนที่จะทำให้อนุภาคดินฟุ้งกระจาย (Hillel, 1998; Juma, 2001) การที่ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำในชั้นดินล่างโดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับช้ามากและต่ำกว่าในช่วงชั้นบนของหน้าตัดดิน เนื่องมาจากดินล่างมีความหนาแน่นรวมและการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียวสูงกว่า ซึ่งสภาวะเช่นนี้ทำให้ช่องว่างขนาดใหญ่มีปริมาณลดลง (Goldberg and Forster, 1990) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาที่พบว่าในชั้นดินบนโดยส่วนใหญ่มีช่องว่างมากกว่าในชั้นดินล่าง และในชั้นดินล่างนั้นมีการเคลื่อนย้ายอนุภาคขนาดดินเหนียวจากชั้นดินบนไปสะสมในชั้นดินล่าง ซึ่งเป็นลักษณะการเคลือบตามผนังช่องว่าง และบรรจุในช่องว่าง และนอกจากนี้ยังพบว่าในช่วงชั้นดินล่างมีหินแข็งอยู่ด้วยซึ่งอยู่ในช่วงของการผุพังสลายตัว โดยเฉพาะพีดอน 4 และ 6 จากเหตุผลดังกล่าวส่งผลให้การซึมผ่านของน้ำในดินเป็นไปได้ยาก นอกจากนี้การที่ในช่วงชั้นดินบนมีค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำโดยส่วนใหญ่สูงกว่าช่วงชั้นดินล่างเนื่องจากดินบนมีโครงสร้างดินดีกว่า มีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่า ซึ่งง่ายต่อการเกิดเม็ดดิน และมีโครงสร้างที่เสถียร (Iwata *et. al*, 1995; Juma, 2001)




**ภาพที่ 20** ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำ กับชั้นกำเนิดดินตามระดับความลึกของดินที่สูงที่ทำการศึกษา

จากการศึกษาสมบัติทางกายของดินที่สูงที่ทำการศึกษา พบว่า ดินทั้ง 6 พีดอน มีความเหมาะสมต่อการเกษตร เนื่องจากโดยส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นดินเนื้อละเอียด มีค่าความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับต่ำ แต่ในบางพีดอนมีกรวดปนในหน้าตัดดิน ทำให้ความจุในการอุ้มน้ำต่ำ รวมถึงมีค่าสัมประสิทธิ์ในการนำน้ำเร็วปานกลางถึงเร็ว อาจทำให้ดินขาดความชื้นได้ง่าย (เอิบ, 2542ก)

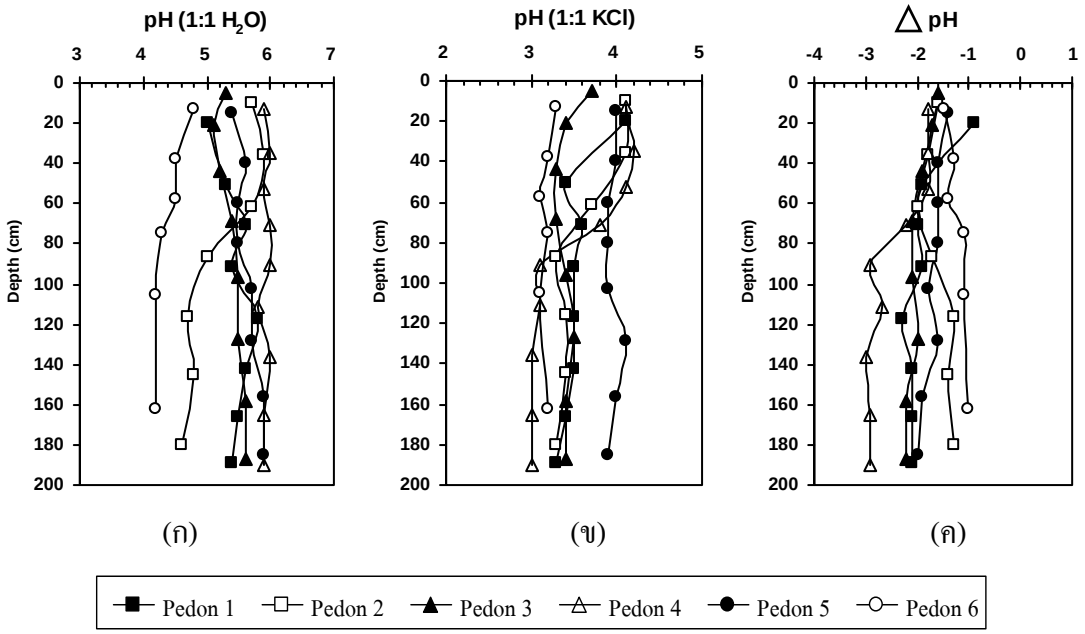
**4. สมบัติทางเคมีของดินที่สูง**

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินที่สูงที่ทำการศึกษา เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์การประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน แสดงตามตารางผนวกที่ 2 (นงคราญ, 2529; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973)

4.1 ปฏิกิริยาดิน (soil reaction)

ผลการวิเคราะห์ปฏิกิริยาดินในห้องปฏิบัติการกรณีใช้ดินต่อน้ำ ในอัตราส่วน 1:1 พบว่าดินที่ศึกษาทั้ง 6 พีดอน มีค่าปฏิกิริยาดินอยู่ในช่วงเป็นกรดปานกลางถึงกรดรุนแรงมาก (pH 4.2-6.0) ชั้นดินบนมีปฏิกิริยาดินอยู่ในช่วงเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 4.8-5.9) ส่วนชั้นดินล่างมีปฏิกิริยาดินอยู่ในช่วงเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดปานกลาง (pH 4.2-6.0) ค่าปฏิกิริยาดินจะมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ในพีดอน 2 และ 6 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก ในพีดอน 1, 3 และ 5 โดยมีความแปรปรวนบ้างในหน้าตัดดิน โดยมีพิสัยไม่กว้างนัก ส่วนในพีดอน 4 ค่อนข้างคงที่ แต่ก็มีความแปรปรวนบ้างเล็กน้อยในหน้าตัดดิน(ภาพที่ 21ก) ส่วนค่าปฏิกิริยาดินต่อโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตราส่วน 1:1 อยู่ในช่วงเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 3.0-4.2) โดยมีแนวโน้มลดลงตามความลึกในทุกพีดอน และมีความแปรปรวนบ้างเล็กน้อยในหน้าตัดดิน (ภาพที่ 21ข)

ค่าปฏิกิริยาดินเป็นเครื่องช่วยวินิจฉัยถึงสภาพความเป็นกรดเป็นด่าง ระดับการผุพังอยู่กับที่ ปริมาณการชะละลาย ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชบางชนิด และสภาพความเป็นพิษของดินต่อพืช (Coleman and Thomas, 1964; Coleman, 1967; Brady and Weil, 2002; Buol *et al*., 2003) การที่ดินมีปฏิกิริยาเป็นกรดนั้น เป็นลักษณะดินทั่วไปในเขตร้อนที่มีพัฒนาการค่อนข้างดี และมีการชะละลายสูง (Sanchez, 1976; Eiumnoh *et al*, 1984) ซึ่งเป็นผลมาจากกระบวนการชะละลายประจุบวกที่เป็นด่างออกไปจากหน้าตัดดิน แล้วมีไฮโดรเจนไอออนมาสะสมอยู่ที่ผิวอนุภาคดิน การที่ดินมีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรดมากกว่าแสดงถึงมีการชะละลายที่มากกว่าและพัฒนาการค่อนข้างสูงกว่าด้วย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548; Brady and Weil, 2002) และค่าปฏิกิริยาดินที่ต่ำกว่า 5.5 ธาตุฟอสฟอรัสจะรวมตัวกับสารประกอบกับเหล็กและอะลูมินัมซึ่งละลายยาก และไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช และธาตุอะลูมินัมจะละลายออกมามากอาจเป็นผลให้อะลูมินัมเป็นพิษต่อพืชได้ (Halvin *et al*., 2005) จึงไม่เหมาะสมกับการปลูกพืช (วิโรจ, 2531)




**ภาพที่ 21** ความสัมพันธ์ระหว่างค่าปฏิกิริยาดินที่วัดในน้ำ (ก) ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (ข) และผลต่างระหว่างค่าปฏิกิริยาดินที่วัดในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์กับในน้ำ (ค) กับความลึกของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา

จากการศึกษา พบว่า ค่าปฏิกิริยาดินที่ได้จากการวิเคราะห์โดยใช้น้ำมีค่าสูงกว่าค่าวิเคราะห์โดยใช้สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ แสดงให้เห็นว่าผลรวมประจุสุทธิของดินมีผลลัพธ์ของประจุในดินรวมเป็นลบ จึงบ่งชี้ได้ว่าธรรมชาติของระบบดินควบคุมโดยอิทธิพลของแร่ดินเหนียวซิลิเกต และทำให้เกิดการดูดซับแคตไอออนที่ผิวอนุภาคดินได้ดีกว่าแอนไอออน (Van and Peech, 1972; Sanchez, 1976)

4.2 ปริมาณอินทรียวัตถุ

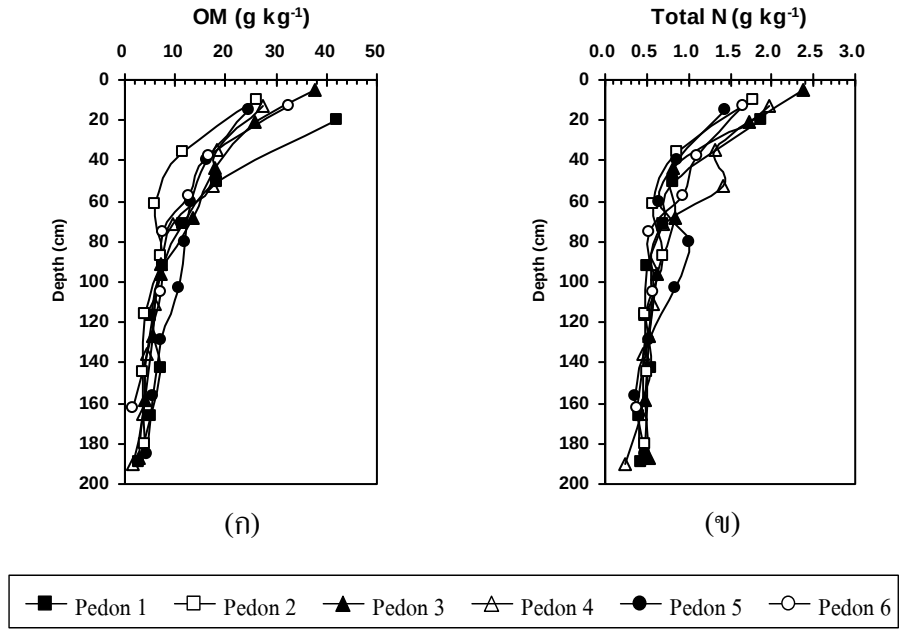
ปริมาณอินทรียวัตถุของดินที่สูงที่ทำการศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่า มีค่าแตกต่างกันตั้งแต่ต่ำมากถึงสูง โดยในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 24.5-42.1 กรัมต่อกิโลกรัม ชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 1.8-25.8 กรัมต่อกิโลกรัม การแจกกระจายมีแนวโน้มเหมือนกันทุกหน้าตัดดิน คือ มีค่าสูงในชั้นดินบน และลดลงตามความลึกของหน้าตัดดิน (ภาพที่ 22ก)

สำหรับพื้นที่สูงเขตร้อนที่มีอุณหภูมิต่ำปริมาณอินทรียวัตถุจะมีความผันแปรขึ้นกับปริมาณฝนที่ตก ถ้าฝนตกมากพืชพรรณเจริญเติบโตดีอินทรียวัตถุในดินมีค่ามากตามไปด้วย (อภิศักดิ์, 2543) ด้วยเหตุนี้เองจึงพบว่าดินที่ทำการศึกษาในชั้นดินบนจึงมีปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับที่สูง การที่มีปริมาณอินทรียวัตถุในชั้นดินบนสูงกว่าชั้นดินล่างของทุกดิน เป็นผลมาจากการผุพังสลายตัวของเศษซากอินทรีย์ที่สะสมอยู่ในดินตามธรรมชาติ โดยเฉพาะในดินที่พัฒนาในสภาพป่าไม้ (Thomson and Troch, 1978) และชิ้นส่วนที่สลายตัวหลงเหลือจากการเกษตรกรรม ตลอดจนรากพืชที่ขึ้นปกคลุมอยู่บนผิวดิน เมื่อสลายตัวจึงทำให้มีการสะสมอินทรียวัตถุในดินบน ส่วนในชั้นดินล่างโอกาสที่อินทรียสารต่างๆ จะลงไปสะสมอยู่มีน้อย ประกอบกับอยู่ในเขตร้อนการย่อยสลายอินทรียสารในชั้นดินบนจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว การชะละลายลงไปสะสมในดินจึงเกิดขึ้นได้น้อย จึงทำให้ปริมาณอินทรียวัตถุในชั้นดินล่างต่ำ (Virgo and Holmes, 1977; Baize, 1993; Brady and Weil, 2002) สำหรับความแตกต่างของอินทรียวัตถุในดินบนของแต่ละบริเวณ คาดว่าจะเกี่ยวข้องกับพืชพรรณธรรมชาติ สัณฐานภูมิประเทศ และการใช้ที่ดิน เป็นประการสำคัญ

4.3 ปริมาณไนโตรเจนรวม

ปริมาณไนโตรเจนรวมของดินที่สูงที่ทำศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่ามีปริมาณอยู่ในช่วงต่ำมากถึงปานกลาง โดยในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 1.44-2.38 กรัมต่อกิโลกรัม ชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 0.25-1.73 กรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 22ข) โดยมีแนวโน้มลดลงตามความลึก และชั้นดินบนมีปริมาณไนโตรเจนรวมสูงกว่าชั้นดินล่างอย่างชัดเจนในทุกพีดอน ซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกับปริมาณอินทรียวัตถุ (Brady and Weil, 2002)

โดยทั่วไปหินและแร่ซึ่งให้กำเนิดดินนั้นไม่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (ไพบูลย์, 2528; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ดินที่ศึกษาพบว่าปริมาณไนโตรเจนรวมจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ดังนั้นความเป็นประโยชน์ของไนโตรเจนในดินจึงขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนรูปของไนโตรเจนอินทรีย์เป็นไนโตรเจนอนินทรีย์เพียงอย่างเดียว (Mengesha, 2004) อย่างไรก็ตามการที่มีปริมาณไนโตรเจนรวมต่ำมากเกิดจากการนำไปใช้ของพืชและจุลินทรีย์ในดิน และจากกระบวนการชะละลาย และบางส่วนสูญหายไปในรูปของก๊าซในดิน (ไพบูลย์, 2528; Orlow, 1992; Kononova, 1996)




**ภาพที่ 22** ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอินทรียวัตถุ (ก) และปริมาณไนโตรเจนรวม (ข) กับความลึกของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา

4.4 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินที่สูงที่ทำศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่ามีปริมาณอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ที่วิเคราะห์ได้ตามความลึกมีลักษณะแปรปรวน แต่โดยส่วนใหญ่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงสุดในชั้นดินบน โดยในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 0.85-9.31 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม จากผลการศึกษาสังเกตได้ว่าพีดอน 2 และพีดอน 6 ในชั้นดินบนมีค่าสูงกว่าพีดอนอื่น ๆ คือ 9.31 และ 6.61 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการดินและปุ๋ยในการเพาะปลูก ส่วนชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 0.02-7.35 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 23ก)

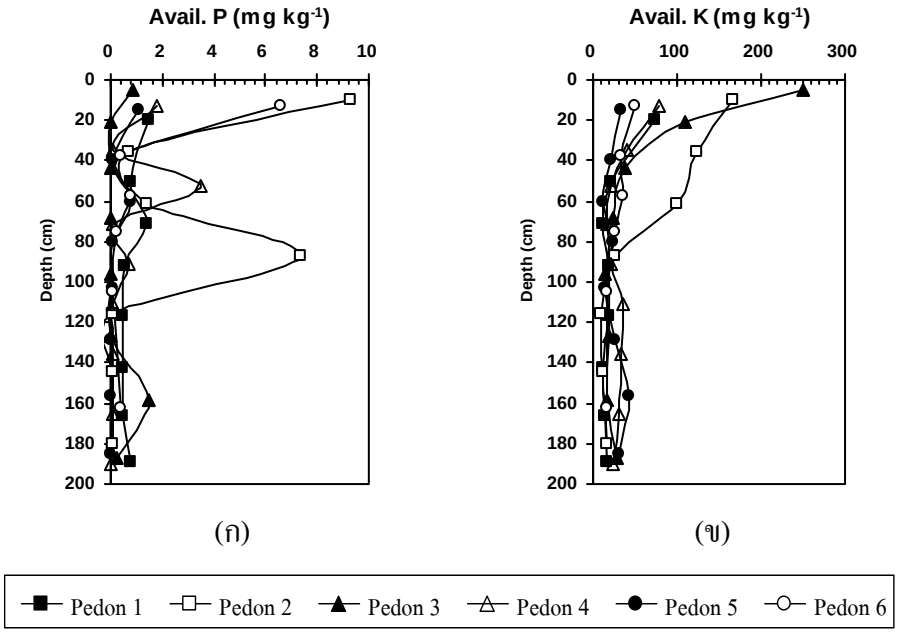
การที่มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งเป็นลักษณะทั่วไปของดินที่มีพัฒนาการดี (วรพันธ์, 2531; Sanchez *et al.,* 1983) และดินผ่านการชะละลายมานาน ทำให้มีปฏิกิริยาดินต่ำ ฟอสเฟตจะถูกตรึงโดยไอออนบวกที่ละลายได้พวก $Fe^{+2}$, $Al^{+3}$ และไฮดรัสออกไซด์ของเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีส เกิดเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำยากของสารประกอบเหล็กฟอสเฟตและสารประกอบอะลูมินัมฟอสเฟต ยังส่งผลให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินลดต่ำลง

(ชัยฤกษ์, 2536; Sanchez, 1976; Brady and Weil, 2002; Halvin *et al.,* 2005) นอกจากนี้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ยังมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรียวัตถุในดินโดยอยู่ในรูปฟอสเฟตอินทรีย์ (Tisdal and Nelson, 1975; Sanchez, 1976) และการที่มีปริมาณดินเหนียวเพิ่มขึ้นในชั้นดินล่างจะทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสลดลง (Brady and Weil, 2002) เป็นเพราะปริมาณดินเหนียวเพิ่มขึ้น มีแร่ดินเหนียวชนิดเคโอลิไนต์ มีกลุ่มไฮดรอกซิล (hydroxyl group) ในชั้นอะลูมินาสามารถแลกเปลี่ยนกับฟอสฟอรัสได้ (Halvin *et al.,* 2005)จึงทำให้ดินบนมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าในดินล่าง แต่ก็มีความแปรปรวนบ้างในบางหน้าตัดดิน ที่มีปริมาณฟอสฟอรัสในดินล่างบางชั้นสูงกว่าชั้นดินบน คาดว่าเกิดจากผลตกค้างจากการใส่ปุ๋ย และการพัดพามาจากบริเวณอื่น

4.4 ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ของดินที่สูงที่ทำศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่ามีปริมาณอยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงมาก โดยในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 32.44-249.00 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยชั้นดินบนเกือบทุกพีดอนมีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับปานกลาง (32.44-73.53 มิลลิกรัมกรัมต่อกิโลกรัม) ยกเว้นในพีดอนที่ 2 และ 3 มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าพีดอนอื่น ๆ คืออยู่ในระดับสูงมาก (166.05 และ 248.97 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ) คาดว่าเนื่องมาจากการจัดการดินและปุ๋ยในการเพาะปลูกพืช ส่วนในดินล่างปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 10.65-43.26 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ยกเว้นพีดอน 2 และ 3 อยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 100.10-123.80 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม โดยมีแนวโน้มลดลงตามความลึก และมีความแปรปรวนบ้างในหน้าตัดดิน (ภาพที่ 23ข)

การที่มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงสุดในชั้นดินบน และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก เป็นผลมาจากอิทธิพลของอินทรียวัตถุในดิน ซึ่งโดยทั่วไปจะมีการสะสมอยู่ในชั้นดินบนมากกว่าชั้นดินล่าง อินทรียวัตถุเป็นสารที่มีความสามารถในการดูดซับธาตุไอออนบวกได้สูงและขั้นตอนในการสลายตัวของอินทรียสารมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์บางส่วนให้กับดิน จึงยังคงมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระบบของดินได้มาก จึงพบว่ามีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงในชั้นดินบน และมีปริมาณต่ำในชั้นดินล่าง (Sanchez, 1976; Brady and Weil, 2002)




**ภาพที่ 23** ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (ก) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (ข) กับความลึกของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา

4.6 ปริมาณเบสที่สกัดได้

4.6.1 ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้

ดินที่สูงที่ทำการศึกษามีปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับที่แตกต่างกันตั้งแต่ต่ำมากจนถึงสูง โดยชั้นดินบนในพีดอน 2, 3 และ 6 มีค่าอยู่ในระดับต่ำ ค่าวิเคราะห์อยู่ในพิสัย 2.23-3.84 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ในพีดอน 1, 4 และ 5 มีค่าอยู่ในระดับปานกลาง ค่าวิเคราะห์อยู่ในพิสัย 5.48-9.69 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ส่วนชั้นดินล่างในพีดอน 1, 2 และ 3 อยู่ในระดับต่ำ ค่าวิเคราะห์อยู่ในพิสัย 0.01-2.62 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ในพีดอน 4 และ 5 อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ค่าวิเคราะห์อยู่ในพิสัย 8.71-12.48 เซนติโมลต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้กับความลึกของหน้าตัดดิน พบว่ามีแนวโน้มลดลงตามความลึกอย่างชัดเจน ยกเว้นพีดอน 4 และ 5 ที่มีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึก โดยมีความแปรปรวนบ้าง และมีปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้สูงกว่าพีดอนอื่น ๆ ซึ่งอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงตลอดความลึกของหน้าตัดดิน (ภาพที่ 24ก)

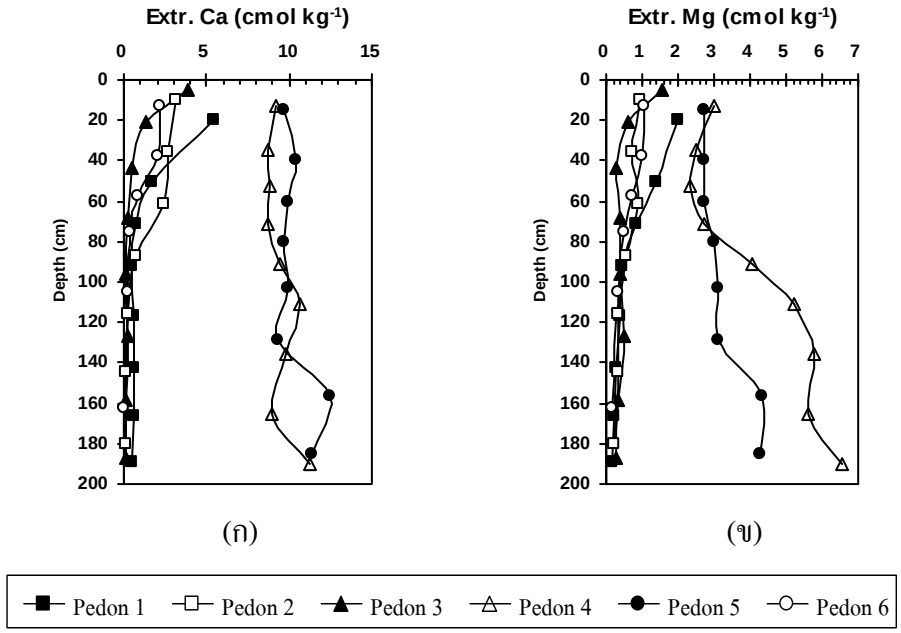
4.6.2 ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้

ดินที่สูงที่ทำการศึกษามีปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับที่แตกต่างกันตั้งแต่ต่ำมากจนถึงสูง โดยชั้นดินบนมีค่าอยู่ในระดับปานกลาง ค่าวิเคราะห์อยู่ในพิสัย 1.05-3.03 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ยกเว้นพีดอน 2 ที่มีปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำ คือ 0.95 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ส่วนชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง ค่าวิเคราะห์อยู่ในพิสัย 0.15-1.37 เซนติโมลต่อกิโลกรัม โดยภาพรวมจะอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ ยกเว้นพีดอน 4 และ 5 ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ค่าวิเคราะห์อยู่ในพิสัย 2.35-6.53 เซนติโมลต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้กับความลึกของหน้าตัดดิน พบว่ามีแนวโน้มลดลงตามความลึกอย่างชัดเจน ยกเว้นพีดอน 4 และ 5 ที่มีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึก โดยมีความแปรปรวนบ้าง และมีปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้สูงกว่าพีดอนอื่น ๆ ซึ่งอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงตลอดความลึกของหน้าตัดดิน ซึ่งมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกับปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ (ภาพที่ 24ข)

4.6.3 ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้

ดินที่สูงที่ทำการศึกษามีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับที่แตกต่างกันตั้งแต่ต่ำมากจนถึงสูง โดยชั้นดินบนมีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงสูง ค่าวิเคราะห์อยู่ในพิสัย 0.08-0.62 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ส่วนชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลางค่าวิเคราะห์อยู่ในพิสัย 0.03-0.31 เซนติโมลต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้กับความลึกของหน้าตัดดิน พบว่ามีแนวโน้มลดลงตามความลึกโดยมีความแปรปรวนบ้างเล็กน้อยในหน้าตัดดิน (ภาพที่ 25ก)

แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมที่สกัดได้ ในแต่ละพีดอนมีความแตกต่างกัน และมีความแปรปรวนบ้างในหน้าตัดดิน ซึ่งเป็นผลมาจากความไม่สม่ำเสมอของวัตถุต้นกำเนิดดินและอัตราการชะละลายที่ไม่เท่ากันในแต่ละหน้าตัดดิน (Greenland and Kowel, 1960; Sanchez *et al*., 1983; Brady and Weil, 2002) เมื่อพิจารณาเฉพาะปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้โดยเฉพาะพีดอน 4 และ 5 จะพบว่ามีปริมาณสูงกว่าพีดอนอื่นๆ เนื่องมาจากเป็นดินที่อยู่ในช่วงของการผุพังสลายตัวจากหินวัตถุต้นกำเนิดดินเมื่อพิจารณาจากพัฒนาการของหน้าตัดดินและตัวดิน ในที่นี้คือ หินไรโอลิติกทัฟฟ์ และแอนดีซิติกทัฟฟ์ ที่มีธาตุแคลเซียม และแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ

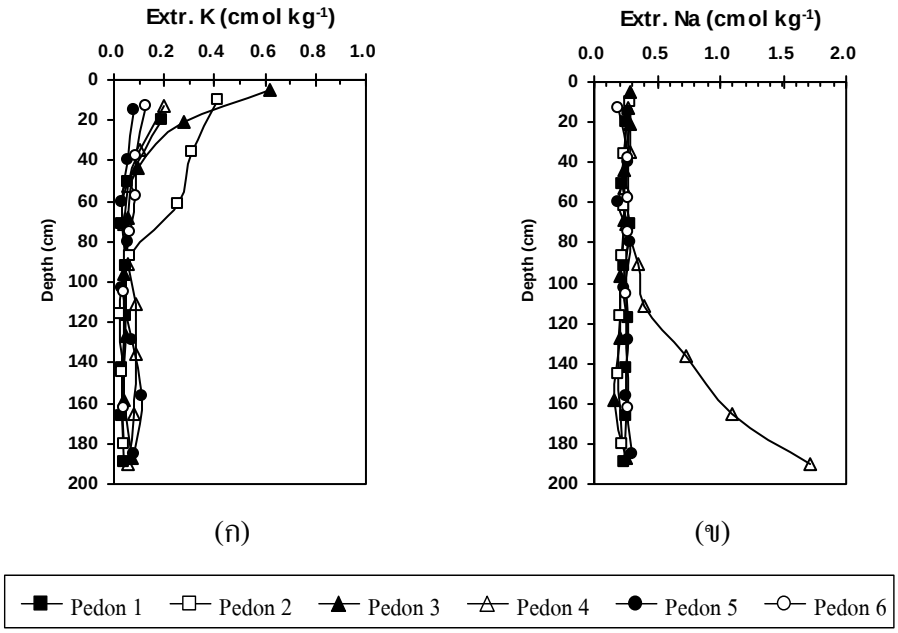



**ภาพที่ 24** ความสัมพันธ์ระหว่างแคลเซียมที่สกัดได้ (ก) ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ (ข) กับความลึกของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา

ซึ่งยังคงปลดปล่อยธาตุแคลเซียม และแมกนีเซียมให้แก่ดิน รวมไปถึงการพัดพามาจากบริเวณอื่นด้วย จากกผลการศึกษานี้แสดงว่าในดินพีดอนอื่น ๆ ที่มีการสลายตัวของหินวัตถุต้นกำเนิดดินเดียวกันมีการผุพังสลายตัวมานาน และมีการชะละลายที่สูงกว่า (Brady and Weil, 2002)

4.6.4 ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้

ดินที่สูงที่ทำการศึกษามีปริมาณโซเดียมที่สกัดได้อยู่ในระดับที่แตกต่างกันตั้งแต่ต่ำจนถึงสูง โดยชั้นดินบนมีค่าอยู่ในระดับต่ำ ค่าวิเคราะห์อยู่ในพิสัย 0.19-0.29 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ส่วนชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในระดับต่ำเช่นกัน ค่าวิเคราะห์อยู่ในพิสัย 0.16-0.30 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ยกเว้นพีดอน 4 ที่มีค่าอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง ในตอนกลางจนถึงตอนล่างของหน้าตัดดิน ค่าวิเคราะห์อยู่ในพิสัย 0.35-1.71 เซนติโมลต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณโซเดียมที่สกัดได้กับความลึกของหน้าตัดดิน พบว่ามีแนวโน้มค่อนข้างสม่ำเสมอโดยมีความแปรปรวนบ้างเล็กน้อยในหน้าตัดดิน ยกเว้นพีดอน 4 ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก (ภาพที่ 25ข)




**ภาพที่ 25** ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ (ก) ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ (ข) กับความลึกของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา

จากผลการวิเคราะห์ดินที่สูงที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่มีปริมาณโซเดียมที่สกัดได้ต่ำ เนื่องจากปริมาณโซเดียมในดินมีความสัมพันธ์ในทางลบกับธาตุไอออนบวกอื่น ๆ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม เนื่องจากดินโดยส่วนใหญ่จะมีแรงดูดยึดไอออนของแคลเซียม และแมกนีเซียมได้ดีกว่าโซเดียม ประกอบกับโซเดียมเป็นธาตุที่ละลายน้ำได้สูง และเคลื่อนย้ายได้ง่าย จึงทำให้โซเดียมสูญหายไปจากหน้าตัดดินได้ง่าย (คณาจารย์ปฐพีวิทยา, 2548; Brady and Weil, 2002) ส่วนในพีดอน 4 มีระดับปานกลางถึงสูง เนื่องมาจากการสลายตัวของวัตถุต้นกำเนิดดินที่ยังทำให้มีโซเดียมในรูปที่แลกเปลี่ยนได้หลงเหลืออยู่มากกว่าพีดอนอื่น ๆ (อัญชลี, 2534) และการที่มีปริมาณโซเดียมที่สกัดได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นก็เนื่องมาจากความไม่สม่ำเสมอของวัตถุต้นกำเนิดดิน และอัตราการชะละลายที่ไม่เท่ากันในหน้าตัดดินในแต่ละพีดอนของดินที่สูงที่ทำการศึกษา (Greenland and Kowel, 1960; Sanchez *et al*., 1983; Brady and Weil, 2002) รวมไปถึงดินในพีดอน 4 ยังอยู่ในช่วงของการผุพังสลายตัวจากหินวัตถุต้นกำเนิดดินที่มีธาตุโซเดียมเป็นองค์ประกอบ ในที่นี้คือ หินไรโอลิ-ติกทัฟฟ์ ซึ่งยังคงปลดปล่อยธาตุโซเดียมให้แก่ดิน และคาดว่าน่าจะมีการพัดพาโซเดียมจากส่วนอื่นมาทับถมด้วย เมื่อพิจารณาจากสภาพภูมิประเทศ และพัฒนาการของหน้าตัดดิน

4.7 ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้

ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้หาได้จากผลรวมของปริมาณแคลเซียม แมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียมที่สกัดได้ จากดินที่ศึกษาพบว่าในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 3.60-12.47 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ส่วนในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 0.48-19.55 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 26ก) ชนิดของเบสที่สกัดได้โดยส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างต่ำ แสดงว่าดินได้รับอิทธิพลการชะละลายที่รุนแรงพอที่จะเคลื่อนย้ายเบสบางส่วนออกไปจากหน้าตัดดิน (Bloom and Grigal, 1985; Bloom, 2000; Buol *et al*., 2003)

เมื่อพิจารณาระหว่างปริมาณเบสรวมที่สกัดได้กับปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ จะเห็นว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจน แสดงว่าปริมาณของเบสรวมที่สกัดได้ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแคลเซียม เนื่องจากมีปริมาณที่สกัดได้สูงกว่าเบสตัวอื่น ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของดินที่มีการพัฒนาการสภาพป่าไม้ในเขตร้อน (Buol *et al*., 2003) ซึ่งบริเวณพื้นที่ที่ทำการศึกษาเป็นพื้นที่ป่าที่เปิดนำมาใช้ในการเกษตร

4.8 ปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้

ปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ของดินที่สูงที่ทำการศึกษา ในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูง มีค่าอยู่ในพิสัย 5.15-10.66 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ส่วนในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง มีค่าอยู่ในพิสัย 4.30-14.32 เซนติโมลต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้กับความลึกของหน้าตัดดิน พบว่ามีการแจกกระจายไม่สม่ำเสมอ โดยส่วนใหญ่จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นบริเวณตอนกลางของหน้าตัดดิน และลดลงในตอนล่างของหน้าตัดดินโดยมีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับค่าปฏิกิริยาดินที่วัดด้วย 1 M KCl ($R^2 = 0.34$) (ภาพที่ 26ข และ 27ข)

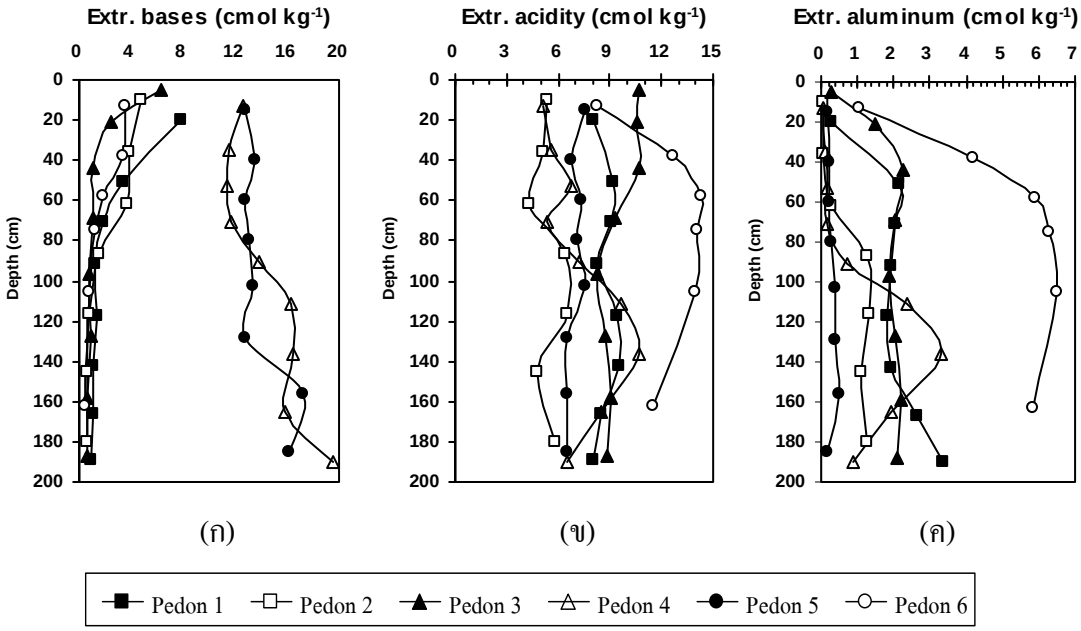
ปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้มีความสัมพันธ์ในทางตรงกับกระบวนการชะละลายภายในหน้าตัดดิน และพัฒนาการของดิน (Currie and Aber, 1997; Czepinska-Kaminska *et al.,* 2003) ดินที่ทำการศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่ามีปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการชะละลายไอออนบวกที่เป็นด่าง และการแทนที่ของไฮโดรเจนไอออนในดิน และบ่งชี้ว่าดินมีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง (Sanchez, 1976; Brady and Weil, 2002; Buol *et al.,* 2003)

4.9 ปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้

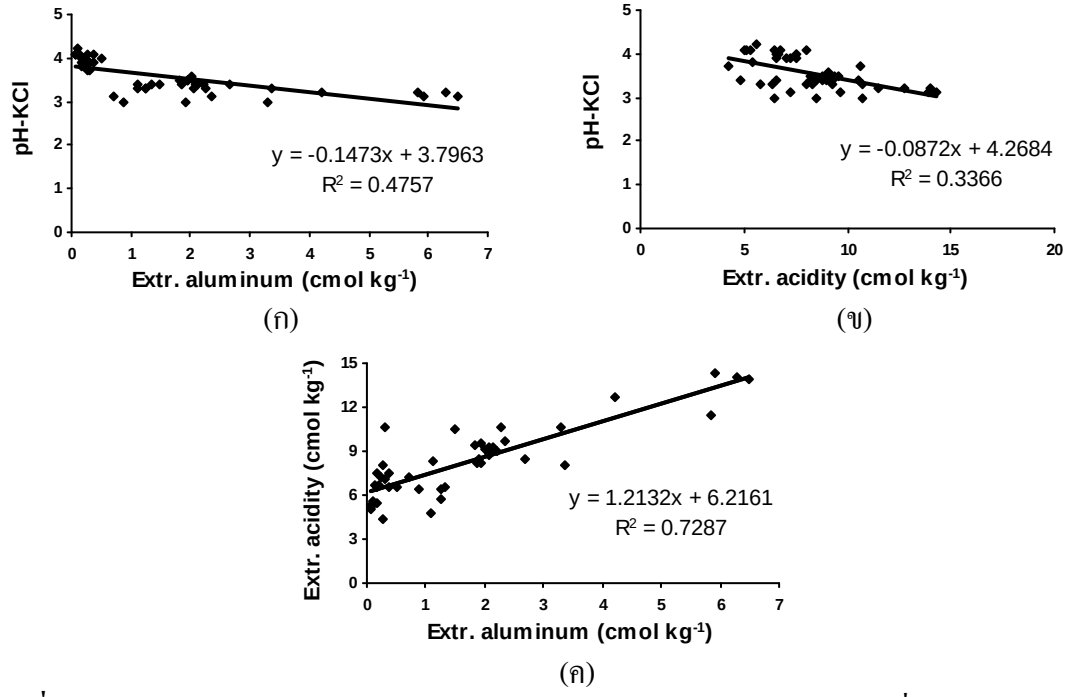
ปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้ของดินที่สูงที่ทำการศึกษา ในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 0.06-1.06 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ส่วนชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 0.95-92.45 เซนติโมลต่อกิโลกรัม โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกของหน้าตัดดิน (ภาพที่ 26ค) และมีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับค่าปฏิกิริยาดินที่วัดด้วย 1 M KCl ($R^2$= 0.48) (ภาพที่ 27ก)

ปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้มีความสัมพันธ์กับปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ ($H^+$+$Al^{3+}$) ($R^2$= 0.73) (ภาพที่ 27ค) เพราะการใช้ KCl หรือ $BaCl_2$ เป็นน้ำยาสกัดดิน ทั้ง $H^+$ และ $Al^{3+}$ จะถูกไล่ที่ออกมาเนื่องจากในดินกรดจัดมาก (pH<4.5) ถึงกรดแก่ (pH 5.1-5.5) แหล่งที่สำคัญของความเป็นกรดในดินคือ อะลูมินัมไอออน และอะลูมินัมไฮดรอกซีไอออน รองลงมาคือ ไฮโดรเจน-ไอออน (Baize, 1993; Brady and Weil, 2003) ดังนั้นทั้งปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้และปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้ ต่างก็มีความสัมพันธ์ในทางตรงข้ามกับ pH-KCl ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ผจงจิตต์ (2545)

โดยทั่วไปปริมาณอะลูมินัมในดินแต่ละชนิดมีปริมาณแตกต่างกัน และมีปริมาณแตกต่างกันตามการเปลี่ยนแปลงค่าปฏิกิริยาดิน โดยพบว่าส่วนใหญ่เมื่อค่าปฏิกิริยาดินต่ำกว่า 4 โดยประมาณ จะพบปริมาณของอะลูมินัมเพิ่มขึ้นตามการลดลงของค่าปฏิกิริยาดิน ผลจากการศึกษาแสดงให้เห็นว่า เมื่อค่าปฏิกิริยาดินต่ำลงปริมาณอะลูมินัมจะละลายออกมาได้มากขึ้น และปริมาณ-อะลูมินัมในดินมีแนวโน้มสูงขึ้นในดินล่าง เนื่องจากปริมาณอะลูมินัมในดินลดลงเมื่อปริมาณอินทรียวัตถุเพิ่มขึ้น เพราะจะเกิดการจับตัวอยู่ร่วมกับอินทรียวัตถุในดิน (Kaiser and Guggenberger, 2003) ไฮดรัสออกไซด์ของอะลูมินัมในดินทำให้เกิดประจุบวกขึ้นกับพีเอชดิน จึงสามารถดูดซับแอนไอออนได้ดีเมื่อดินมีค่าปฏิกิริยาดินต่ำ (Gebhardt and Coleman, 1974) ประกอบกับดินมีการชะละลายมาก อะลูมินัมจึงลงไปสะสมในตอนล่างของหน้าตัดดิน รวมถึงปริมาณดินเหนียวที่มีมากขึ้นตามความลึก ทำให้สามารถดูดซับอะลูมินัมได้มากขึ้น และการที่ดินตอนล่างมีปฏิกิริยาดินอยู่ในระดับกรดจัดถึงรุนแรงมาก เป็นผลทำให้อะลูมินัมละลายออกมามาก และสามารถแสดงความเป็นกรดได้ (Sanchez, 1976)




**ภาพที่ 26** ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (ก) ปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ (ข) และปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้ (ค) กับความลึกของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา




**ภาพที่ 27** ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะลูมินัม (ก) และปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ (ข) กับ pH-KCl และความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้กับปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ (ค) ของดินที่ทำการศึกษา

4.10 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน

ผลการวิเคราะห์ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินที่สูงที่ทำการศึกษาทั้ง 6 บริเวณ โดยวิธีการชะละลายแคตไอออนด้วยสารละลาย 1 M $NH_4OAc$ (pH 7.0) (Chapman, 1965) พบว่าอยู่ในระดับต่ำปานกลางถึงสูง มีค่าอยู่ในพิสัย 7.35-28.72 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (ภาพที่ 28ก)

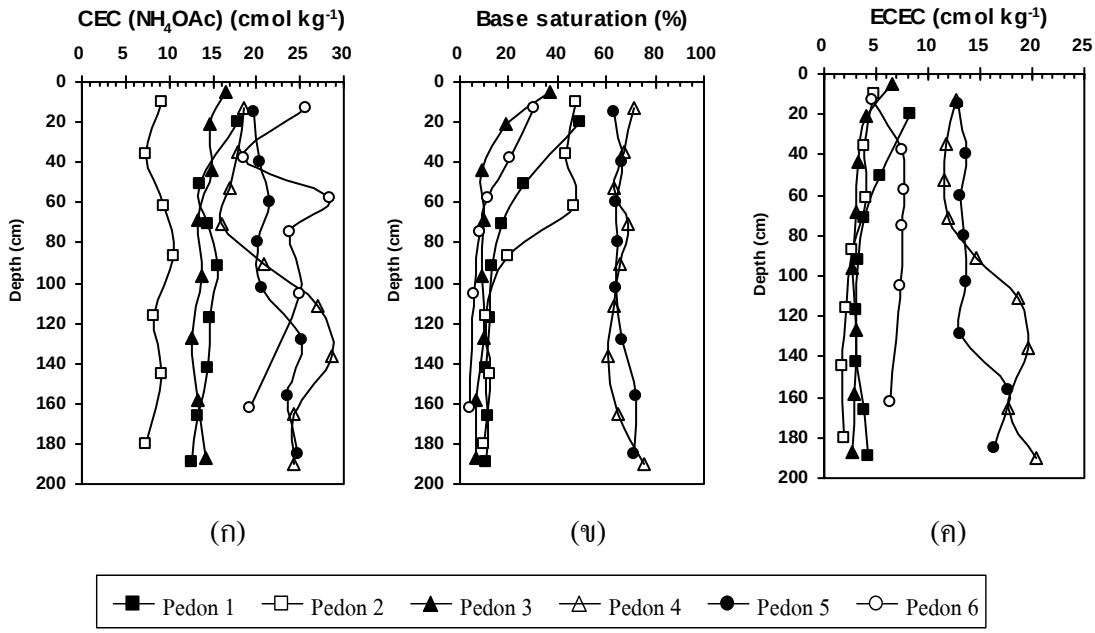
ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในชั้นดินบนอยู่ในระดับค่อนข้างสูง มีค่าอยู่ในพิสัย 16.6-19.7 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ยกเว้นพีดอน 2 และ 6 ที่มีค่าอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ และสูงคือมีค่า 9.11 และ 25.74 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงสูง มีค่าอยู่ในพิสัย 7.35-28.72 เซนติโมลต่อกิโลกรัม โดยส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนในพีดอน 4, 5 และ 6 มีค่าอยู่ในระดับสูงคาดว่าเป็นผลมาจากชนิดและปริมาณของแร่ดินเหนียว (Sanchez, 1976; Young, 1976)

4.11 อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส

ค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสของดินที่สูงที่ทำการศึกษา ทั้ง 6 พีดอน พบว่าในชั้นดินบนจะมีค่าอยู่ในระดับปานกลาง อยู่ในพิสัย ร้อยละ 37.16-71.12 ยกเว้นพีดอน 6 มีค่าอยู่ในระดับต่ำ คือ มีค่าร้อยละ 30.27 ส่วนในชั้นดินล่างโดยส่วนใหญ่จะมีค่าอยู่ในระดับต่ำ มีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 3.97-26.43 ยกเว้น ในดินล่างตอนบนของพีดอน 3 และดินล่างของพีดอน 4 และ 5 ที่มีค่าอยู่ในระดับสูง มีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 43.31-75.15 โดยภาพรวมจะมีค่าอยู่ในระดับต่ำและมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ซึ่งแสดงถึงดินมีพัฒนาการสูง ยกเว้นพีดอน 4 และ 5 ทีมีค่าอยู่ในระดับสูงและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าดินทั้ง 2 พีดอนนี้มีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง เนื่องด้วยยังมีเบสเหลืออยู่มากซึ่งมีอัตราร้อยละความอิ่มตัวของเบสมากกว่า 35 (ภาพที่ 28ข)

4.12 ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนประสิทธิผล

ผลการวิเคราะห์ปริมาณความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนประสิทธิผลของดินที่สูงที่ทำการศึกษาทั้ง 6 บริเวณ พบว่าอยู่ในพิสัย 1.79-20.42 เซนติโมลต่อกิโลกรัม (ภาพ 28ค) โดยมีแนวโน้มลดลงตามความลึกในพีดอน 1, 2, 3 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกในพีดอน 4, 5, 6



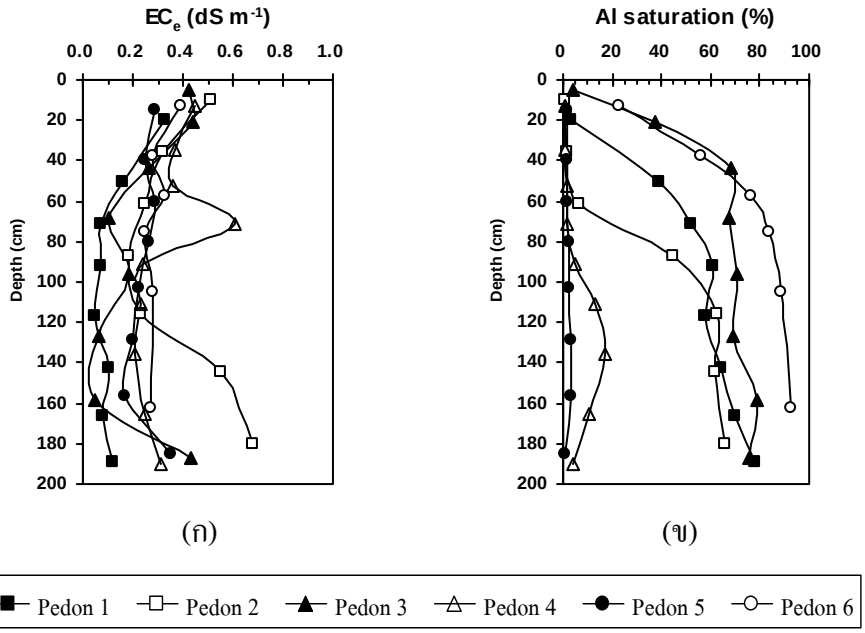

**ภาพที่ 28** ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (ก) ค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (ข) และปริมาณความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนประสิทธิผล (ค) กับความลึกของหน้าตัดดินที่ทำการศึกษา

เมื่อพิจารณาค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนประสิทธิผลกับปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ จะเห็นว่ามีความสัมพันธ์กัน แสดงว่าปริมาณของแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของแคลเซียม ยกเว้นพีดอน 6 ที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้ แสดงว่าปริมาณของแคตไอออนที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในรูปของอะลูมินัม

4.13 การนำไฟฟ้าของดิน

ค่าการนำไฟฟ้าของดินที่สูงที่ทำการศึกษาทั้ง 6 พีดอนโดยวัดสภาพการนำไฟฟ้าของสารสกัดอิ่มตัวของดิน พบว่ามีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.05-0.68 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ซึ่งน้อยกว่า 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร (ภาพที่ 29ก) แสดงว่าดินที่ทำการศึกษาไม่เป็นดินเค็มหรือไม่มีอิทธิพลของเกลือจากวัตถุต้นกำเนิด ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช (Richards, 1954)

การที่ค่าการนำไฟฟ้าของดินทุกพีดอนมีค่าต่ำมาก เนื่องจากดินมีการชะละลายไอออนบวกที่ละลายได้ออกไปจากหน้าตัดดิน จนเหลือในปริมาณน้อยมาก และไม่เกิดการสะสม




**ภาพที่ 29** ความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างค่าการนำไฟฟ้า (ก) และค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วยอะลูมินัม (ข) กับความลึกของดินที่สูงที่ทำการศึกษา

ในหน้าตัดดิน (Fitzpatrick, 1986; Soil Survey Division Staff, 1993) และการที่ค่าการนำไฟฟ้ามีความแปรปรวนในดินแต่ละพีดอน เนื่องมาจากอัตราการชะละลายที่ไม่เท่ากันในหน้าตัดดินในแต่ละพีดอนของดินที่สูงที่ทำการศึกษา และเป็นลักษณะทั่วไปของดินสีเหลืองและดินสีแดงที่มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ (Yu Tian-Ren and Zhang Xiao-Nian, 1986) ซึ่งสอดคล้องกับลักษะทางสัณฐานวิทยาสนามของดิน

4.14 ค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมินัม

ค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมินัมของดินที่สูงที่ทำการศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่ามีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.45-92.45 ซึ่งค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมินัมในชั้นดินบนมีค่าต่ำกว่าในชั้นดินล่าง คือ ชั้นดินบนมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.45-22.80 ส่วนชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 0.95-92.45 (ภาพที่ 29ข) การที่อัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยอะลูมินัมสูง ที่ประมาณร้อยละ 65-70 จะทำให้ขาดแมกนีเซียมได้ (Havlin *et al*., 2005) จะเห็นว่าได้ว่า ในพีดอนที่ 4 และ 5 จะมีค่าร้อยละความอิ่มตัวด้วยอะลูมินัมต่ำกว่าพีดอนอื่น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในพีดอน 4 และ 5 ที่มีค่าสูงกว่าพีดอนอื่น ๆ ด้วย

4.15 ปริมาณเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีส

การศึกษาปริมาณเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีส โดยใช้ตัวอย่างดินบดละเอียดแล้วนำไปสกัดด้วยสารละลาย 1) dithionite-citrate-bicarbonate (DCB) ซึ่งการสกัดด้วยวิธีนี้เป็นเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีสในรูปอิสระ (free form) ที่อยู่ในรูปสารอสัณฐาน และรูปที่มีผลึก โดยเฉพาะแร่ฮีมาไทต์ เกอไทต์ (Mehra and Jackson, 1960) ซึ่งปริมาณเหล็กอิสระมีความสำคัญมากเกี่ยวกับกระบวนการเกิดดินที่สูง คือกระบวนการ podzolization และ latosolization รวมถึงกระบวนการ laterization ด้วย (Olson and Roscoe, 1982) 2) ammonium oxalate (pH 3.0) เหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีส ที่สกัดด้วยวิธีนี้อยู่ในรูปอสัณฐาน (amorphous form) ซึ่งเป็นรูปที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ และในรูปสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน (McKeague and Day, 1966; Hodges and Zelazny, 1980; สมใจ, 2545; ผจงจิตต์, 2545; ดวงพร, 2548) 3) 0.1 M sodium pyrophosphate (pH 10.0) เป็นเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีสที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์เชิงซ้อน (organic complex form) (McKeague, 1967) ซึ่งอยู่ในรูปที่สามารถเป็นประโยชน์ของพืชได้ เมื่อสารอินทรีย์ถูกย่อยสลาย และมีปริมาณสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณอินทรียวัตถุที่มีอยู่ในดิน (ทัศนีย์, 2543) การสกัดโดยวิธีนี้จะไม่ทำลายโครงสร้างของแร่ดินเหนียวซิลิเกตและออกไซด์หรือไฮดรอกไซด์ของเหล็กและอะลูมินัมที่อยู่ในดิน (McKeague, 1967) หลังจากนั้นนำสารละลายที่สกัดได้ไปวัดปริมาณเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีสด้วย atomic absorption spectrophotometer ซึ่งผลการศึกษาปริมาณของเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีสของดินที่สูงที่ทำการศึกษาทั้ง 6 พีดอน ดังแสดงในตารางผนวกที่ 4 และภาพที่ 30, 31 และ 32

4.15.1 เหล็ก

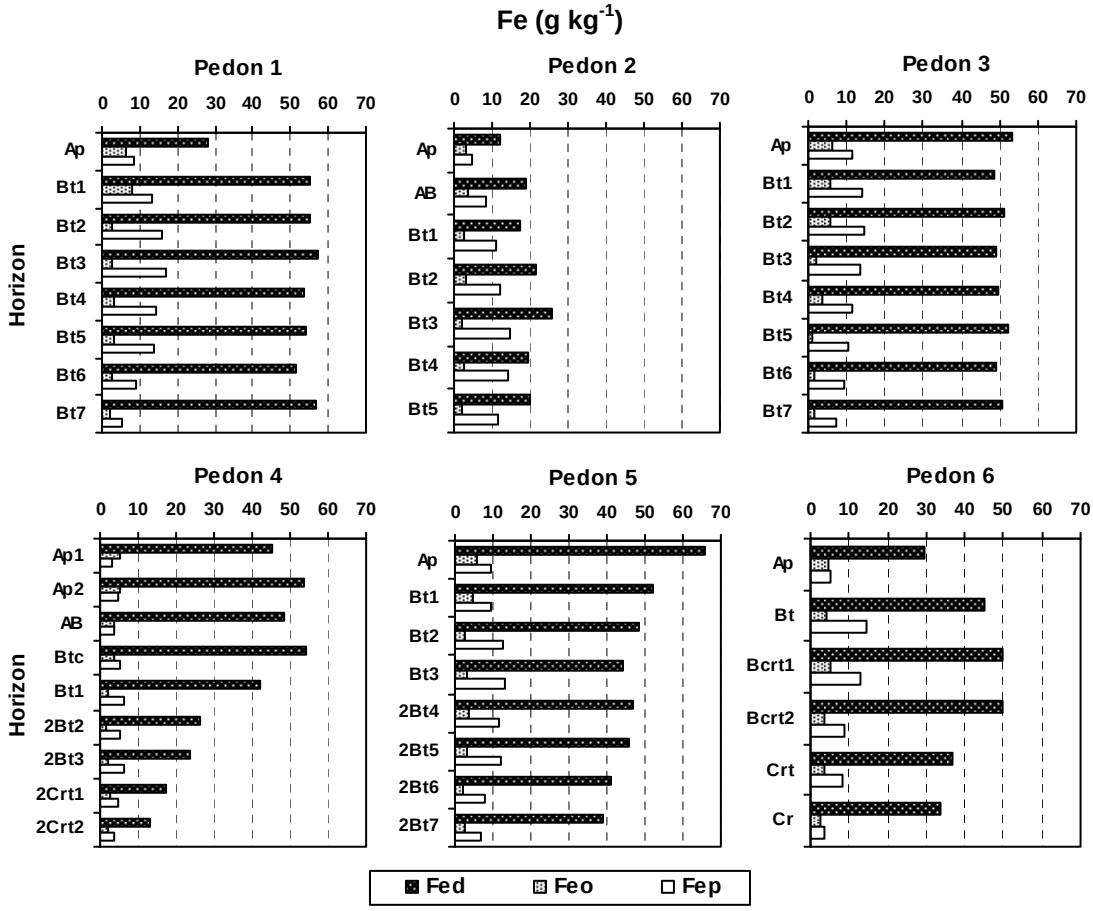
4.15.1.1 ปริมาณเหล็กอิสระที่สกัดด้วยวิธีไดไธโอไนต์-ซิเตรต-ไบคาร์บอเนต (dithionite-citrate-bicarbonate; $Fe_d$) ซึ่งอยู่ในรูปสารอสัณฐาน และรูปที่มีผลึก โดยเฉพาะแร่ฮีมาไทต์ เกอไทต์ ผลการศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่า ปริมาณเหล็กอิสระของชั้นบนในแต่ละหน้าตัดดินมีค่าแตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 11.95-66.04 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณเหล็กอิสระในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 13.29-57.36 กรัมต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณเหล็กอิสระภายในแต่ละพีดอนพบว่าการสะสมเหล็กอิสระในดินมีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึก และมีความแปรปรวนบ้าง การที่ตอนบนมีปริมาณเหล็กอิสระต่ำกว่าในชั้นดินล่าง เนื่องจากในชั้นตอนบนมีการชะละลายสูง เนดินที่สูงมีพัฒนาการมาก ทำให้เหล็กถูกชะละลายลงมาข้างล่างพร้อมกับอนุภาคดินเหนียว (กรรณิการ์ และคณะ, 2529) เมื่อพิจารณาสีดินในชั้นดินล่างจากดินที่สูงที่ทำการศึกษาจะมีสีตั้งแต่เหลืองจนถึง

แดงปนเหลืองโดยส่วนใหญ่ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณเหล็กที่สกัดได้

4.15.1.2 ปริมาณเหล็กที่สกัดด้วยวิธีแอมโมเนียมออกซาเลต (ammonium oxalate; $Fe_o$) เหล็กที่สกัดได้โดยวิธีนี้อยู่ในรูปอสัณฐาน รูปที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ (active Fe) เช่น เฟอร์ริไฮไดรต์ (ferrihydrite) และในรูปสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน ผลการศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่า ปริมาณเหล็กในชั้นดินบน มีค่าอยู่ในพิสัย 2.94-6.41 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณเหล็กในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 1.26-7.71 กรัมต่อกิโลกรัม พบว่าโดยส่วนใหญ่มีปริมาณเหล็กลดลงตามความลึก แสดงว่ามีเหล็กรูปอสัณฐาน และรูปเป็นสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อนสูงในชั้นดินบน ซึ่งอาจเกิดเนื่องจากอิทธิพลของอินทรียวัตถุซึ่งมีอยู่สูงในชั้นดินบน ซึ่งดินที่ศึกษามีปฏิกิริยาดินเป็นกรด ทำให้มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยเฉพาะการตรึงธาตุอาหารพืช

4.15.1.3 ปริมาณเหล็กที่สกัดด้วยวิธีโซเดียมไพโรฟอสเฟต (sodium pyrophosphate; $Fe_p$) เหล็กที่สกัดโดยวิธีนี้ อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน ผลการศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่า ปริมาณเหล็กในชั้นดินบน มีค่าอยู่ในพิสัย 3.30-11.29 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณเหล็กในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 3.43-16.72 กรัมต่อกิโลกรัม การวิเคราะห์เหล็กโดยวิธีนี้ทำให้ทราบว่าเหล็กที่มีในรูปนี้มักตรึงฟอสฟอรัสในดิน (ผจงจิตต์, 2545)

4.15.1.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของอัตราส่วนระหว่างเหล็กอสัณฐาน ($Fe_o$) กับเหล็กอิสระ ($Fe_d$) ซึ่งเหล็กอสัณฐานเป็นเหล็กที่อยู่ในรูปที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างๆ (McKeague and Day, 1996) ส่วนเหล็กอิสระนั้นเป็นเหล็กทั้งที่อยู่ในรูปอสัณฐาน และรูปที่มีผลึก (Mehra and Jackson, 1960) การศึกษาเปรียบเทียบอัตราสัดส่วนของ $Fe_o/Fe_d$ ถ้ามีค่าต่ำ แสดงว่าดินนี้มีปริมาณเหล็กอิสระอยู่สูงและเป็นเหล็กที่อยู่ในรูปที่มีผลึกเป็นปริมาณมาก แต่ถ้า $Fe_o/Fe_d$ มีค่าสูง แสดงว่าเหล็กในดินอยู่ในรูปอสัณฐานมากกว่ารูปที่มีผลึก โดยทั่วไปแล้วค่า $Fe_o/Fe_d$ มีค่าต่ำกว่า 1 เนื่องจากแอมโมเนียมออกซาเลตสามารถสกัดเหล็กออกมาได้น้อยกว่าไดไธโอไนต์-ซิเตรต-ไบคาร์บอเนต ซึ่งการผุพังสลายตัวของดิน แร่ปฐมภูมิจะสลายตัวและปลดปล่อยเหล็กออกมาสะสมอยู่ในดิน เมื่อดินมีปริมาณเหล็กสูงขึ้นจะมีการจัดเรียงตัวกันเกิดเป็นเหล็กที่มีผลึก จึงทำให้อัตราส่วนของ $Fe_o/Fe_d$ มีค่าต่ำลงเมื่อดินมีอายุเพิ่มขึ้น (Bronger *et al.,* 2000; Vacca *et al.,* 2003) ผลการวิเคราะห์ของดินที่สูงที่ทำการศึกษาทั้ง 6 บริเวณ (ตารางผนวกที่ 4) พบว่า พีดอน 1 มีค่า $Fe_o/Fe_d$ อยู่ในพิสัย 0.04-0.23 พีดอน 2 มีค่าอยู่ในพิสัย 0.08-0.25 พีดอน 3 มีค่าอยู่ในพิสัย 0.02-0.11 พีดอน 4 มีค่อยู่ในพิสัย 0.06-0.16 พีดอน 5 มีค่าอยู่ในพิสัย 0.06-0.09 และพีดอน 6 มีค่าอยู่ในพิสัย 0.07-0.16 (ตารางผนวกที่ 4) เมื่อพิจารณาการ




**ภาพที่ 30** ความสัมพันธ์ระหว่างเหล็กที่สกัดได้ด้วย dithionite-citrate-bicarbonate ($Fe_d$), ammonium oxalate ($Fe_o$) และ sodium pyrophosphate ($Fe_p$) กับความลึกของดินตามชั้นกำเนิดดินที่สูงที่ทำการศึกษา

เปลี่ยนแปลงของค่า $Fe_o/Fe_d$ พบว่าในแต่ละหน้าตัดดินมีลักษณะโดยรวม คือ มีค่าสูงในชั้นดินบนและมีค่าลดลงตามความลึก ค่า $Fe_o/Fe_d$ นี้สามารถใช้ในการบ่งบอกพัฒนาการของแต่ละหน้าตัดดินได้ว่ามีอายุมากน้อยต่างกัน ดินที่มีพัฒนาการมากเพียงพอก็จะมีเหล็กที่มีผลึกสะสมอยู่ในดินเป็นปริมาณสูงกว่าเมื่อเทียบกับดินที่มีพัฒนาการน้อยกว่า (ผจงจิตต์, 2545)

4.15.2 อะลูมินัม

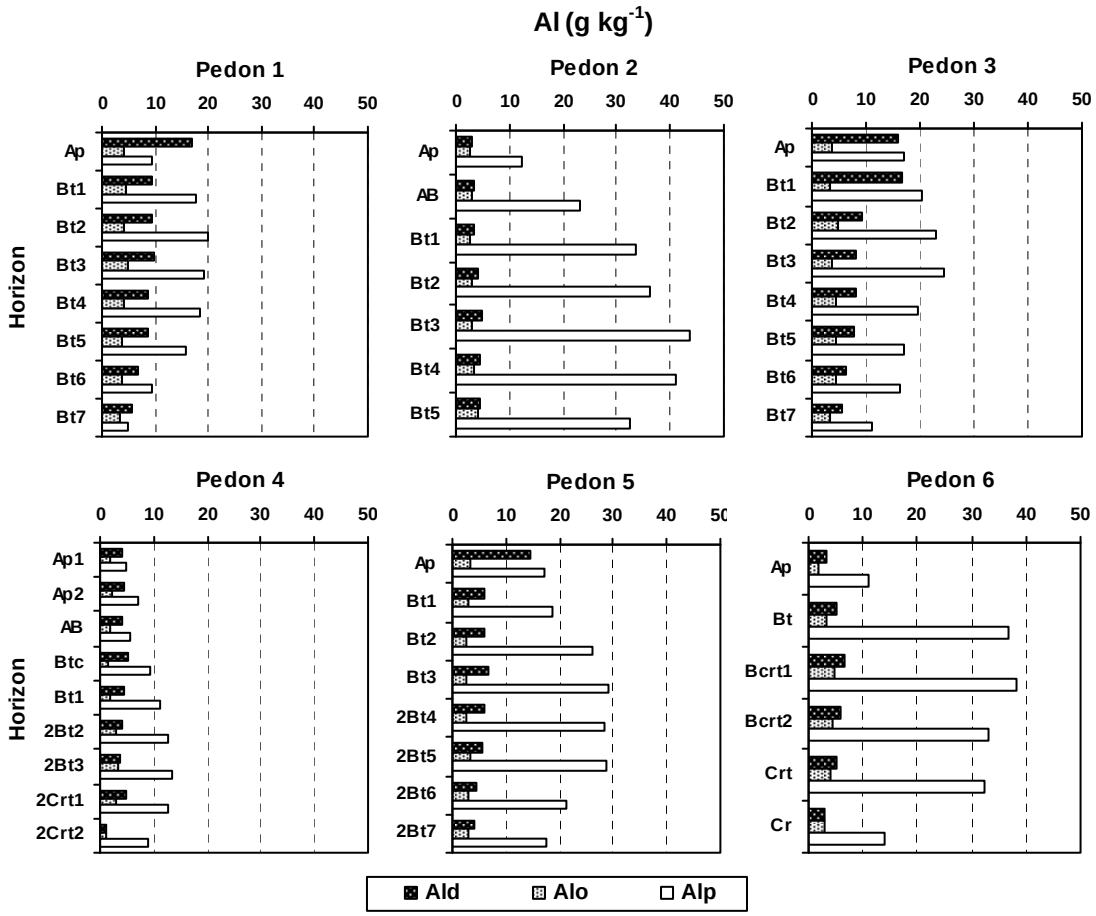
4.15.2.1 ปริมาณอะลูมินัมที่สกัดด้วยวิธีไดไธโอไนต์-ซิเตรต-ไบคาร์บอเนต (dithionite-citrate-bicarbonate; $Al_d$) ซึ่งอยู่ในรูปที่มีผลึก และรูปอสัณฐาน และสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน รวมทั้งที่อยู่ในลักษณะการแทนที่สารประกอบอื่น ๆ เช่น เหล็กออกไซด์ (Olson and

Roscoe, 1982; ผจงจิตต์, 2545) การสกัดอะลูมินัมโดยวิธีนี้ จะไม่ทำลายโครงสร้างของแร่ดินเหนียวอะลูมิโนซิลิเกต (Mehra and Jackson, 1960) ผลการศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่า ปริมาณอะลูมินัมอิสระของชั้นบนในแต่ละหน้าตัดดิน มีค่าแตกต่างกัน โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 2.97-16.79 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณอะลูมินัมอิสระในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 1.23-16.72 กรัมต่อกิโลกรัม

4.15.2.2 ปริมาณอะลูมินัมที่สกัดด้วยวิธีแอมโมเนียมออกซาเลต (ammonium oxalate; $Al_o$) ซึ่งอยู่ในรูปอสัณฐาน รูปที่ว่องไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี (active Al) และรูปสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน (McKeague and Day, 1996; National Soil Survey Center, 1996) ผลการศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่า ปริมาณอะลูมินัมในชั้นดินบน มีค่าอยู่ในพิสัย 1.95-4.04 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณอะลูมินัมในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 1.30-4.86 กรัมต่อกิโลกรัม

4.15.2.3 ปริมาณอะลูมินัมที่สกัดด้วยวิธีโซเดียมไพโรฟอสเฟต (sodium pyrophosphate; $Fe_p$) ซึ่งอยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน (McKeague, 1997; National Soil Survey Center, 1996) ผลการศึกษาทั้ง 6 พีดอน พบว่า ปริมาณอะลูมินัมในชั้นดินบน มีค่าอยู่ในพิสัย 4.78-17.22 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณอะลูมินัมในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 4.92-43.81 กรัมต่อกิโลกรัม

สภาพแวดล้อมในการเกิดอะลูมินัมออกไซด์ แตกต่างไปจากการเกิดเหล็กออกไซด์ คือต้องมีปริมาณน้ำฝนที่มากกว่า และการระบายน้ำที่ดีเกินไป เนื่องจากแร่ดินเหนียวในดินส่วนใหญ่เป็นแร่อะลูมิโนซิลิเกต ที่ประกอบด้วยธาตุซิลิคอน และอะลูมินัมเป็นธาตุหลัก ดังนั้นเมื่อแร่ดินเหนียวสลายตัวก็จะปลดปล่อยอะลูมินัม และซิลิคอนออกมา แต่ถ้ามีปริมาณน้ำฝนมากจะเกิดการชะละลายซิลิคอนออกไปจากดิน อะลูมินัมจะแยกตัวออกมารวมกับอนุมูลไฮดรอกไซด์ เกิดเป็นสารประกอบอะลูมินัมไฮดรอกไซด์ หรือแร่กิบบ์ไซต์ขึ้น (Hsu, 1989) เมื่อพิจารณาปริมาณอะลูมินัมในแต่ละวิธีในรูปต่าง ๆ พบว่า โดยส่วนใหญ่มีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึกจากชั้นดินบนจนถึงชั้นดินตอนกลาง แล้วกลับลดลงตั้งแต่ชั้นดินตอนกลางลงไป การที่อะลูมินัมมีค่าสูงในชั้นดินตอนกลางนี้ คาดว่าเนื่องมาจากการเกิดกระบวนการชะละลายภายในหน้าตัดดิน ภายใต้สภาพแวดล้อมที่เป็นกรด แร่ปฐมภูมิและแร่ดินเหนียวอะลูมิโนซิลิเกตชนิด 2:1 สามารถสลายตัว และมีการทำลายพันธะเคมี Si-O-Al แล้วปลดปล่อยอะลูมินัมไอออน ($Al^{3+}$) ออกมาในสารละลายดิน (Hsu, 1989) เมื่อเกิดการชะละลายภายในหน้าตัดดินธาตุที่ละลายน้ำง่ายก็ถูกชะละลายออกไปจากหน้าตัดดินแต่อะลูมินัมเป็นธาตุที่สามารถเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันแล้วตกตะกอนสะสมในดิน (อภิศักดิ์, 2543; ผจงจิตต์, 2545) และการที่ดินพีดอน 1, 3 และ 5 มีค่าลดลงตามความลึกนั้น คาดว่าได้รับอิทธิพลจากการมีอินทรียวัตถุสูงในชั้นดินบน




**ภาพที่ 31** ความสัมพันธ์ระหว่างอะลูมินัมที่สกัดได้ด้วย dithionite-citrate-bicarbonate ($Al_d$), ammonium oxalate ($Al_o$) และ sodium pyrophosphate ($Al_p$) กับความลึกของดินตามชั้นกำเนิดดินที่สูงที่ทำการศึกษา

4.15.3 แมงกานีส

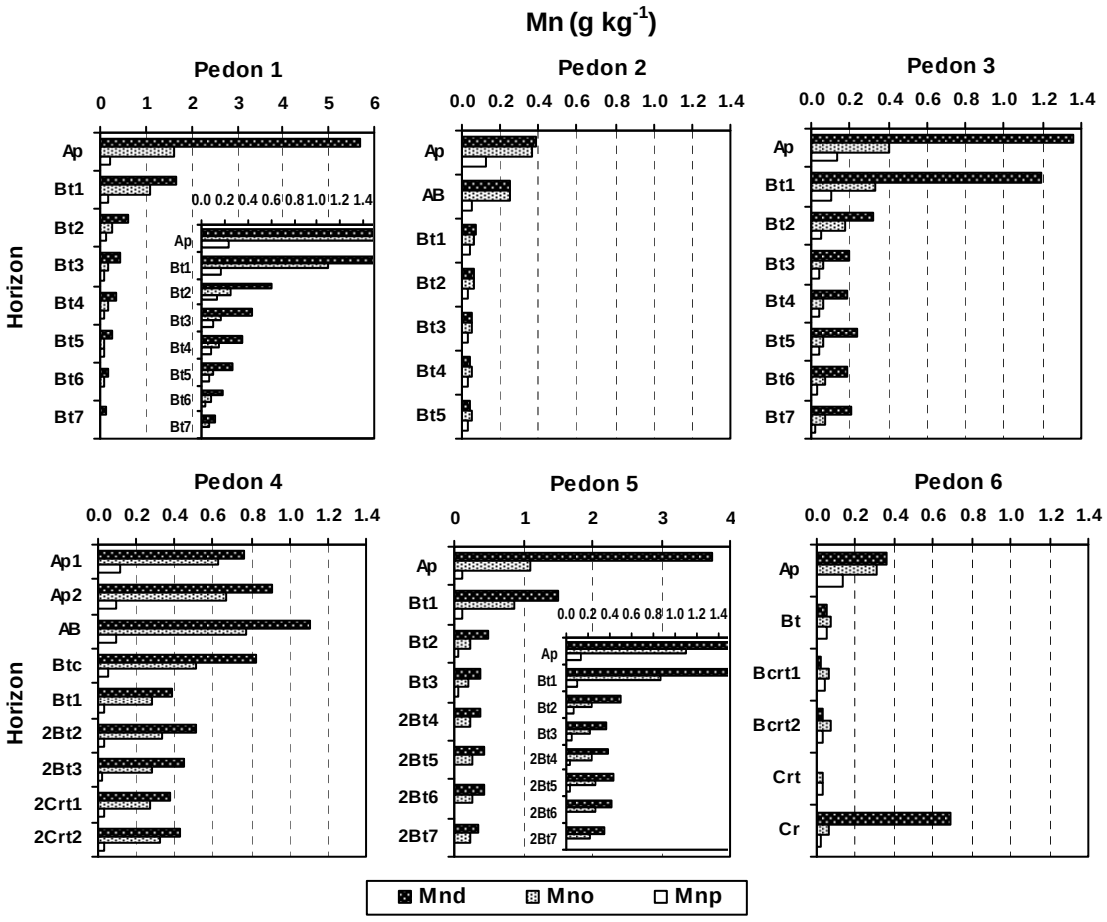
4.15.3.1 ปริมาณแมงกานีสที่สกัดด้วยวิธีไดไธโอไนต์-ซิเตรต-ไบคาร์บอเนต (dithionite-citrate-bicarbonate; $Mn_d$) มีค่าน้อยมากเมื่อเทียบกับเหล็กอิสระ แมงกานีสที่สกัดโดยวิธีนี้อยู่ในรูปผลึก รูปอสัณฐาน รูปที่รีดิวซ์ได้ง่าย และรูปสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน (Mehra and Jackson, 1960; National Soil Survey Center, 1996) ผลการศึกษาดินที่สูงทั้ง 6 บริเวณ พบว่าปริมาณแมงกานีสของดินชั้นบนมีค่าอยู่ในพิสัย 0.36-5.71 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในชั้นดินล่าง มีค่าอยู่ในพิสัย 0.01-1.66 กรัมต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณแมงกานีสออกในแต่ละพีดอน พบว่าการสะสมแมงกานีสลดลงตามความลึก

4.15.3.2 ปริมาณแมงกานีสที่สกัดด้วยวิธีแอมโมเนียมออกซาเลต (ammonium oxalate; $Mn_o$) แมงกานีสที่สกัดโดยวิธีนี้อยู่ในรูปอสัณฐาน และรูปสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน (McKeague and Day, 1996; National Soil Survey Center, 1996) ผลการศึกษาดินที่สูงทั้ง 6 บริเวณ พบว่าปริมาณแมงกานีสของดินชั้นบนมีค่าอยู่ในพิสัย 0.31-1.62 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 0.03-1.09 กรัมต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณแมงกานีสในแต่ละพีดอน พบว่าการสะสมแมงกานีสออกไซด์ลดลงตามความลึก

4.15.3.3 ปริมาณแมงกานีสที่สกัดด้วยวิธีโซเดียมไพโรฟอสเฟต (sodium pyrophosphate; $Mn_p$) แมงกานีสที่สกัดโดยวิธีนี้อยู่ในรูปสารประกอบอินทรีย์เชิงซ้อน (McKeague 1967; National Soil Survey Center, 1996) ผลการศึกษาดินที่สูงทั้ง 6 บริเวณ พบว่าปริมาณแมงกานีสของดินชั้นบนมีค่าอยู่ในพิสัย 0.11-0.24 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนในชั้นดินล่าง มีค่าอยู่ในพิสัย 0.01-0.16 กรัมต่อกิโลกรัม เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบปริมาณแมงกานีสในแต่ละพีดอน พบว่าการสะสมแมงกานีสลดลงตามความลึก

จากการศึกษาปริมาณแมงกานีสในดินที่สูง พบว่า มีค่าต่ำกว่าเหล็กและอะลูมินัมอาจเนื่องมาจากเป็นเพราะ 1) วัตถุต้นกำเนิดดินโดยทั่วไปมีแมงกานีสออกไซด์ต่ำ (Hamilton, 1964; ไพบูลย์, 2528; พรพนา, 2546; ดวงพร, 2548) 2) ในสภาพแวดล้อมที่มีการผุพังอยู่กับที่ค่าปฏิกิริยาดินจะทำให้เหล็กตกตะกอนเคมีได้ง่ายโดยกระบวนการออกซิเดชัน แต่ไอออนของแมงกานีสยังคงมีอยู่ในสารละลายได้ จึงมีโอกาสสูญเสียไปจากหน้าตัดดินได้ง่ายกว่าเหล็ก (McFarlane, 1976)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีส โดยการสกัดด้วยสารละลายต่าง ๆ พบว่า มีปริมาณเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีสในดินที่สูงอยู่ในรูปอิสระมากกว่ารูปอื่น ๆ ซึ่งได้จากการสกัดด้วยวิธีไดไธโอไนต์-ซิเตรต-ไบคาร์บอเนต ซึ่งมีปริมาณเหล็กมากที่สุด เนื่องจากผ่านกระบวนการผุพังอยู่กับที่มานาน ทำให้มีการสะสมเหล็กมากขึ้น และดินที่ทำการศึกษามีค่าปฏิกิริยาดินอยู่ในช่วง 4-6 ทำให้มีค่า Eh สูงและมีการออกซิไดซ์เพิ่มขึ้น จึงทำให้สารประกอบเฟร์ริกมีความเสถียรมากกว่า สารประกอบของอะลูมินัมและแมงกานีส ซึ่งสามารถสูญเสียหรือเปลี่ยนรูปไปได้ง่ายกว่า (McFarlane, 1976)




**ภาพที่ 32** ความสัมพันธ์ระหว่างแมงกานีสที่สกัดได้ด้วย dithionite-citrate-bicarbonate ($Mn_d$), ammonium oxalate ($Mn_o$) และ sodium pyrophosphate ($Mn_p$) กับความลึกของดินตามชั้นกำเนิดดินที่สูงที่ทำการศึกษา

## 5. สมบัติทางแร่วิทยาของดินที่สูง

ผลการศึกษาด้วยวิธีการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction) แล้วเปรียบเทียบกับชนิดของแร่มาตรฐาน (Whittig, 1965) โดยทำการวิเคราะห์แร่ในอนุภาคขนาดดินเหนียว และทรายแป้ง ดังแสดงในตารางที่ 8 และภาพผนวกที่ 1-10

### 5.1 องค์ประกอบเชิงแร่ในอนุภาคขนาดดินเหนียว

พีดอน 1 แร่องค์ประกอบหลักในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว คือ แร่เคโอลิไนต์ โดยมีการแจกกระจายในปริมาณสูงมากตลอดหน้าตัดดิน (>60%) ส่วนแร่เวอร์มิคิวไลต์ แร่ควอตซ์

และแร่ดินเหนียวสอดชั้น 1.0 & 1.4 นาโนเมตร พบปริมาณเล็กน้อยตลอดหน้าตัดดิน

พีดอน 2 แร่องค์ประกอบหลักในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว คือ แร่เคโอลิไนต์ โดยมีการแจกกระจายในปริมาณสูงตลอดหน้าตัดดิน (40-60%) ส่วนแร่เวอร์มิคิวไลต์ พบปริมาณน้อยตลอดหน้าตัดดิน พบแร่ควอตซ์ แร่อิลไลต์ แร่ดินเหนียวสอดชั้น 0.7 & 1.0 นาโนเมตร และ 1.0 & 1.4 นาโนเมตร ปริมาณเล็กน้อยตลอดหน้าตัดดิน

พีดอน 3 และ 5 แร่องค์ประกอบหลักในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว คือ แร่เคโอลิไนต์ โดยมีการแจกกระจายในปริมาณสูงมากตลอดหน้าตัดดิน (>60%) ส่วนแร่อิลไลต์ แร่ควอตซ์ และแร่ดินเหนียวสอดชั้น 1.0 & 1.4 นาโนเมตร พบปริมาณเล็กน้อยตลอดหน้าตัดดิน สำหรับพีดอน 5 พบแร่ดินเหนียวสอดชั้น 0.7 & 1.0 นาโนเมตร ปริมาณเล็กน้อยตลอดหน้าตัดดินอีกด้วย

พีดอน 4 แร่องค์ประกอบหลักในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว คือ แร่เคโอลิไนต์ โดยมีการแจกกระจายในปริมาณปานกลางตลอดหน้าตัดดิน (20-40%) พบแร่สเมกไทต์ ปริมาณน้อยตลอดหน้าตัดดิน ส่วนในช่วงความลึก 150-180 เซนติเมตร (ชั้น 2Crt1) พบแร่เวอร์มิคิวไลต์ ปริมาณน้อย พบแร่ควอตซ์ แร่เกอไทต์ แร่ดินเหนียวสอดชั้น 0.7 & 1.0 นาโนเมตร และ 1.0 & 1.4 นาโนเมตร ปริมาณเล็กน้อยตลอดหน้าตัดดิน และแร่เฟลด์สปาร์ ปริมาณเล็กน้อย ในช่วงความลึก 100-180 เซนติเมตร (ชั้น 2Bt2 และ 2Crt1) ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยา และสมบัติทางเคมีของดิน

พีดอน 6 แร่องค์ประกอบหลักในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว คือ แร่เคโอลิไนต์ และแร่คลอไรต์ โดยมีการแจกกระจายในปริมาณสูง (40-60%) ถึงปานกลาง (20-40%) ตลอดหน้าตัดดิน และพบแร่อิลไลต์ แร่ควอตซ์ แร่ดินเหนียวสอดชั้น 0.7 & 1.0 นาโนเมตร และ 1.0 & 1.4 นาโนเมตร ปริมาณเล็กน้อยตลอดหน้าตัดดิน

สมบัติทางแร่วิทยาในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินที่สูงทั้ง 6 พีดอน ที่ทำการศึกษา พบแร่หลักในเกือบทุกบริเวณ คือ แร่เคโอลิไนต์ ยกเว้นในพีดอน 6 ที่มีแร่หลักประกอบด้วยเคโอลิไนต์และคลอไรต์ ซึ่งในแต่ละบริเวณมีปริมาณแตกต่างกัน ตั้งแต่ปริมาณปานกลางถึงสูงมาก บางบริเวณพบแร่ดินเหนียวซิลิเกตอื่น ๆ ร่วมอยู่ด้วย เช่น แร่เวอร์มิคิวไลต์ แร่อิลไลต์ แร่สเมกไทต์ แร่ดินเหนียวสอดชั้น 0.7 & 1.0 นาโนเมตร แร่ดินเหนียวสอดชั้น 1.0 & 1.4 นาโนเมตร แร่เฟลด์สปาร์ แร่เกอไทต์

**ตารางที่ 8** ผลการวิเคราะห์และปริมาณองค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวและทรายแป้ง ของดินที่ทำการศึกษา

| Depth | Horizon | Clay Fraction | | | | | | | | | Silt Fraction | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (cm) | | Kao. | Ver. | Chl. | Smec. | Ill. | Qtz. | Inter. 0.7&1.0 nm | Inter. 0.7&1.4 nm | Others | Qtz. | Kao. | Mica | Feld. |
| **Pedon 1 Typic Paleudult, very fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-30/40 | Ap | xxxx | tr. | - | - | - | tr. | - | tr. | - | xxxx | tr. | tr. | - |
| 81-103 | Bt3 | xxxx | tr. | - | - | - | tr. | - | tr. | - | xxxx | tr. | tr. | - |
| 131-154 | Bt5 | xxxx | tr. | - | - | - | tr. | - | tr. | - | xxxx | tr. | tr. | - |
| 179-200+ | Bt7 | xxxx | tr. | - | - | - | tr. | - | tr. | - | xxxx | tr. | tr. | - |
| **Pedon 2 Typic Paleudult, fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-20 | Ap | xxx | x | - | - | tr. | tr. | tr. | tr. | - | xxxx | tr. | tr. | - |
| 51-72 | Bt1 | xxx | x | - | - | tr. | tr. | tr. | tr. | - | xxxx | tr. | tr. | - |
| 102-130 | Bt3 | xxx | x | - | - | tr. | tr. | tr. | tr. | - | xxxx | tr. | tr. | - |
| 160-200+ | Bt5 | xxx | x | - | - | tr. | tr. | tr. | tr. | - | xxxx | tr. | tr. | - |
| **Pedon 3 Typic Paleudult, very fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-10 | Ap | xxxx | - | - | - | tr. | tr. | - | tr. | 1.4 nm clay minerals (tr.) | xxxx | tr. | tr. | - |
| 56-81 | Bt3 | xxxx | - | - | - | tr. | tr. | - | tr. | 1.4 nm clay minerals (tr.) | xxxx | tr. | tr. | - |
| 112-142 | Bt5 | xxxx | - | - | - | tr. | tr. | - | tr. | 1.4 nm clay minerals (tr.) | xxxx | tr. | tr. | - |
| 175-200+ | Bt7 | xxxx | - | - | - | tr. | tr. | - | tr. | 1.4 nm clay minerals (tr.) | xxxx | tr. | tr. | - |
| **Pedon 4 Typic Paleudalf, fine-loamy, mixed, active, isohyperthermic** | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-25 | Ap1 | xx | - | - | x | - | x | tr. | tr. | Goe. (tr.) | xxxx | tr. | tr. | tr. |
| 45-60 | AB | xx | - | - | x | - | x | tr. | tr. | Goe. (tr.) | xxxx | tr. | tr. | tr. |
| 60-82 | Btc | xx | - | - | x | - | x | tr. | tr. | Goe. (tr.) | xxxx | tr. | tr. | tr. |
| 82-100 | Bt1 | xx | - | - | x | - | x | tr. | tr. | Goe. (tr.) | xxxx | tr. | tr. | tr. |
| 100-122 | 2Bt2 | xx | - | - | x | - | x | tr. | tr. | Goe. (tr.), Feld. (tr.) | xxxx | - | tr. | tr. |
| 150-180 | 2Crt1 | xx | x | - | - | - | x | tr. | tr. | Goe. (tr.), Feld. (tr.) | xxxx | - | tr. | tr. |

**ตารางที่ 8** (ต่อ)

| Depth (cm) | Horizon | Clay Fraction | | | | | | | | | Silt Fraction | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Kao. | Ver. | Chl. | Smec. | Ill. | Qtz. | Inter. 0.7&1.0 nm | Inter. 0.7&1.4 nm | Others | Qtz. | Kao. | Mica | Feld. |
| **Pedon 5 Vertic Hapludalf, very fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-30 | Ap | xxxx | - | - | - | tr. | tr. | tr. | tr. | 1.4 nm clay minerals (tr.) | xxxx | tr. | tr. | - |
| 70-90 | Bt3 | xxxx | - | - | - | tr. | tr. | tr. | tr. | 1.4 nm clay minerals (tr.) | xxxx | tr. | tr. | - |
| 90-115 | 2Bt4 | xxxx | - | - | - | tr. | tr. | tr. | tr. | 1.4 nm clay minerals (tr.) | xxxx | tr. | tr. | - |
| 142-165/170 | 2Bt6 | xxxx | - | - | - | tr. | tr. | tr. | tr. | 1.4 nm clay minerals (tr.) | xxxx | tr. | tr. | - |
| **Pedon 6 Typic Paleudult, fine, mixed, semiactive, isohyperthermic** | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-25 | Ap | xxx | - | xxx | - | tr. | tr. | tr. | tr. | - | xxxx | - | - | - |
| 25-39/50 | Bt | xxx | - | xxx | - | tr. | tr. | tr. | tr. | - | xxxx | tr. | tr. | - |
| 65-85 | BCrt2 | xx | - | xx | - | tr. | tr. | tr. | tr. | - | xxxx | tr. | tr. | - |
| 125-200+ | Cr | xxx | - | xxx | - | tr. | tr. | tr. | tr. | - | xxxx | tr. | tr. | - |

**หมายเหตุ**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Kao. | = | Kaolinite | |
| Ver. | = | Vermiculite | |
| Smec. | = | Smectite | |
| Chl. | = | Chlorite | |
| Ill. | = | Illite | |
| Feld. | = | Feldspar | |
| Goe. | = | Goethite | |
| Qtz | = | Quartz | |
| Inter 0.7&1.0 nm | = | Interstratified 0.7&1.0 nm clay minerals | |
| Inter 1.0&1.4 nm | = | Interstratified 1.0&1.4 nm clay minerals | |
| xxxx | = | Dominant (> 60%) | |
| xxx | = | Large (40 - 60%) | |
| xx | = | Medium (20 - 40%) | |
| x | = | Small (5 - 20%) | |
| tr. | = | Trace (<5%) | |
| - | = | not detected | |

ส่วนแร่ควอตซ์จะพบในทุกบริเวณในปริมาณน้อยถึงเล็กน้อย ถ้าพิจารณาลำดับการเปลี่ยนแปลงจากแร่ปฐมภูมิ คือ จากแร่เฟลด์สปาร์ มัสโคไวต์ หรือไบโอไทต์ ไปเป็นอิลไลต์ คลอไรต์ เวอร์มิคิวไลต์ สเมกไทต์ หรือเคโอลิไนต์ ซึ่งแล้วแต่ความเหมาะสมของสภาพแวดล้อม (Birkeland, 1974) การที่พบว่าแร่เคโอลิไนต์เป็นแร่หลักในดินที่สูงที่ทำการศึกษา แสดงว่าดินมีการระบายน้ำค่อนข้างดีจนถึงดี และ/หรือเป็นดินที่ผ่านกระบวนการกำเนิดดินมาเป็นเวลาค่อนข้างนาน (Gidden *et al.,* 1960; Goss and Allew, 1968) สภาพที่มีการระบายน้ำดีทำให้มีการชะละลายสูง จึงทำให้ธาตุที่เป็นเบสถูกชะละลายออกไปจากหน้าตัดดินได้ง่าย ทำให้มีไฮโดรเจนในสภาพไอออนมาสะสมที่ผิวอนุภาคดินมากขึ้น เป็นเหตุให้มีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนสูง ดินเป็นกรด ซึ่งเหมาะสมต่อการเกิดแร่เคโอลิไนต์ (อัญชลี, 2534; เอิบ, 2542ก; Goudic, 1973; Gilkes and Suddhiprakarn, 1979; Brady and Weil, 2002)

สำหรับการพบแร่สเมกไทต์ในดินพีดอน 4 นั้น เมื่อพิจารณาจากลักษณะทางสัณฐานวิทยาสนามจุลสัณฐานวิทยา และสมบัติทางเคมี พบว่ามีการผุพังไม่มาก เมื่อพิจารณาจากการสลายตัวของแร่เฟลด์สปาร์ ธาตุประจุบวกที่เป็นด่างจะถูกปลดปล่อยมาช้า ๆ และไม่ถูกชะละลายออกไปมาก สภาพแวดล้อมของการสลายตัวจะมีด่างพวกแคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียม รวมทั้งซิลิคอน และเหล็กสูง แร่เฟลด์สปาร์จะสลายตัวไปเป็นแร่สเมกไทต์ (เอิบ, 2542ก) เมื่อมีการผุพังอยู่กับที่ทางเคมีดำเนินไปเรื่อย ๆ แร่สเมกไทต์จะไม่เสถียร และเปลี่ยนไปเป็นแร่เคโอลิไนต์ พร้อม ๆ กับการปลดปล่อยซิลิคอนและโพแทสเซียมออกมา (อภิศักดิ์, 2543) ส่วนการพบแร่เวอร์มิคิวไลต์ในพีดอน 1 และ 2 นั้นสัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศของพื้นที่ศึกษาที่มีสภาพภูมิอากาศแบบกึ่งร้อนชื้น และมีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นหินไรโอลิติกทัฟฟ์ ซึ่งชนิดของวัตถุต้นกำเนิดดินนี้มีหินอัคนีสีจางเป็นองค์ประกอบ (อัญชลี, 2534)

โดยทั่วไปโอกาสที่จะพบแร่ดินเหนียวคลอไรต์ในเขตร้อนมีน้อยมาก เนื่องจากดินเขตร้อนทั่วไปผ่านกระบวนการชะละลายที่รุนแรง (อภิศักดิ์, 2543) แต่สำหรับการพบแร่คลอไรต์ในดินพีดอน 6 คาดว่าน่าจะเกี่ยวกับสภาพภูมิอากาศ และวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นสำคัญ ซึ่งแร่คลอไรต์จะเกิดในสภาพที่มีอุณหภูมิต่ำถึงปานกลาง (ไพบูลย์, 2546; Richard, 1977) และดินพีดอน 6 ที่ทำการศึกษามีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นหินตะกอน โดยทั่วไปแล้วสภาพการเปลี่ยนแปลงของตะกอนหลังจากการตกตะกอน (diagenesis) จะช่วยส่งเสริมให้เกิดแร่อิลไลต์และแร่คลอไรต์ (เอิบ, 2542ก) ซึ่งก็พบแร่อิลไลต์ด้วยเช่นกันในดินนี้ และสอดคล้องกับลักษณะจุลสัณฐานวิทยาของดินที่พบว่าหินเกรย์แวก (greywacke) มีหินดินดาน (shale) เป็นองค์ประกอบโดยส่วนใหญ่ ซึ่งในหินดินดานจะพบแร่อิลไลต์ และคลอไรต์เป็นส่วนใหญ่ (เอิบ, 2542ก) ดินที่มีแร่คลอไรต์มากจะมีปัญหาเรื่องความเป็นพิษของโลหะหนักในดิน เช่น โครเมียม และนิเกิล (อภิศักดิ์, 2543) และดินจะมีปัญหาเรื่องความอุดมสมบูรณ์อย่างเด่นชัด คือมี

ธาตุอาหารพืชโดยเฉพาะแคลเซียมน้อย รวมทั้งอาจมีปัญหาโลหะหนัก (อัญชลี, 2534) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี และผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน ที่พบว่ามีปริมาณแคลเซียมอยู่ในระดับต่ำมาก และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

5.2 องค์ประกอบเชิงแร่ในอนุภาคขนาดทรายแป้ง

ผลการศึกษาด้วยวิธีการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ พบว่าองค์ประกอบเชิงแร่ในอนุภาคขนาดทรายแป้งของทุกหน้าตัดดินมีลักษณะคล้ายคลึงกัน คือ เป็นแร่ควอตซ์ ซึ่งมีปริมาณสูงมาก นอกจากนี้แร่อื่น ๆ ที่พบ ได้แก่ แร่เคโอลิไนต์ ไมกา ในปริมาณเล็กน้อยทุกหน้าตัดดิน สำหรับพีดอน 4 ยังพบแร่เฟลด์สปาร์ในปริมาณเล็กน้อยอีกด้วย

การที่พบแร่ควอตซ์เป็นแร่หลักในกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้งนั้น เนื่องมาจากแร่ควอตซ์เป็นแร่ที่ทนทานต่อการสลายตัวมากกว่าแร่ชนิดอื่น โดยแร่ชนิดอื่นมีการสลายตัวเล็กลงเป็นแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว หรือเปลี่ยนแปลงเป็นแร่ดินเหนียวชนิดใหม่ขึ้นมา (Brikeland, 1974; Brady and Weil, 2002; Buol *et al.*, 2003) แต่ควอตซ์จะมีความคงทนต่อการสลายตัวทั้งทางกายภาพและเคมี จึงทำให้พบในอนุภาคขนาดทรายแป้งได้ (อัญชลี, 2534; Calvert *et al.*, 1980) เนื่องจากแร่ควอตซ์มีการจัดเรียงอะตอมในโครงสร้างเป็นแบบผลึกโควาเลนต์ (covalent crystal) ซึ่งแรงแบบโควาเลนต์ เป็นแรงดูดยึดที่แข็งแรงมากที่สุดในบรรดาพันธะเคมีด้วยกัน ส่งผลให้แร่ควอตซ์ทนทานต่อการผุพังสลายตัว (ไพบูลย์, 2546) แต่อย่างไรก็ตามแร่ควอตซ์ทนทานต่อการสลายตัวมากที่สุดหากมีอนุภาคขนาดทราย เมื่อมีอนุภาคขนาดทรายแป้ง แร่ควอร์ตซ์จะมีขนาดเล็กลงอย่างช้า ๆ แต่จะผุพังสลายตัวได้ง่ายขึ้นเมื่อมีอนุภาคเล็กลงขนาดดินเหนียว (Jackson, 1968; Oilier, 1969) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาที่พบแร่ควอร์ตซ์ในอนุภาคดินเหนียวด้วย ในแร่กลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้งนี้นอกจากควอร์ตซ์แล้ว ยังพบแร่เฟลด์สปาร์และไมกาหลงเหลืออยู่ในดินที่ศึกษา แสดงให้เห็นว่าดินผ่านกระบวนการผุพังอยู่กับที่ และชะลายพอสมควร แต่มีพัฒนาการไม่มากนักโดยเฉพาะพีดอน 4 เนื่องจากยังมีแร่ปฐมภูมิที่สลายตัวง่ายเหลืออยู่ (Gilkes and Suddhiprakarn, 1979; Suddhiprakarn, 1978)

**6. การกำเนิดของดินที่สูง**

สำหรับปัจจัยในการสร้างตัวของดิน ประกอบไปด้วยสภาพภูมิอากาศ วัตถุต้นกำเนิดดิน พืชพรรณธรรมชาติ สภาพภูมิประเทศ และเวลา (เอิบ, 2542ก; Buol *et al.,* 2003) แต่สำหรับดินที่สูง

ที่ทำการศึกษาในบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ปัจจัยในการสร้างตัวของดินที่เด่นคือ สภาพภูมิอากาศ และสภาพภูมิประเทศที่มีความต่างระดับ เนื่องจากอยู่ในเขตร้อน และบนที่สูง ซึ่งจากการรายงานของ Petterssen (1941) พบว่าอุณหภูมิจะลดลงในอัตราประมาณ 6 องศาเซลเซียสต่อความสูงจากระดับทะเลที่เพิ่มขึ้นทุก ๆ 1,000 เมตร และปริมาณฝนตกมักจะเพิ่มขึ้น (เอิบ, 2542ก) ทำให้มีความชื้นที่ต่อเนื่อง และมีอุณหภูมิที่เย็นกว่าสภาพทั่วไปของเขตร้อนที่ระดับความสูงน้อยกว่าทำให้ปฏิกิริยาทางเคมี และการชะละลายเกิดขึ้นได้อย่างสม่ำเสมอ ซึ่งในภาวะเช่นนี้ทำให้เกิดปฏิกิริยาภายในดินปลดปล่อยธาตุประจุบวกออกมา โดยการแทนที่ของไฮโดรเจนไอออน และมีการชะละลายออกไปจากดินได้ง่าย ส่วนปัจจัยในการสร้างดินตัวอื่น ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกันจึงเป็นปัจจัยที่รองลงมา (Buol *et al*., 2003)

โดยทั่วไปอิทธิพล และความสัมพันธ์ของวัตถุต้นกำเนิดดินกับดินจะมีมาก เมื่อเป็นดินใหม่หรือดินที่มีอายุน้อย เนื่องจากกระบวนการสร้างดินยังเกิดและดำเนินไปไม่มากนัก แต่เมื่อมีการผุพังอยู่กับที่มากขึ้นและกระบวนการสร้างดินดำเนินไปเรื่อย ๆ ความสำคัญของวัตถุต้นกำเนิดดินจะค่อย ๆ ลดลง (Buol *et al.,* 2003) จากการสำรวจภาคสนาม พบว่าดินที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่เกิดจากวัสดุตกค้าง และตะกอนดาดเชิงเขา ที่ผุพังสลายตัวมาจากหินแอนดีซิติกทัฟฟ์ และไรโอลิติกทัฟฟ์ และบางบริเวณ (พีดอน 6) เกิดจากวัสดุตกค้างที่สลายตัวมาจากหินเกรย์แวก โดยกระบวนการทางกายภาพ ทางเคมี ทำให้เกิดชั้นวัตถุต้นกำเนิดดิน และเกิดกระบวนสร้างดิน ซึ่งลักษณะของกระบวนการสร้างดินมีองค์ประกอบและปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่สลับซับซ้อน มีลำดับขั้นตอนต่าง ๆ มากมาย รวมทั้งปฏิกิริยาที่ยุ่งยาก โดยเหตุการณ์ดังกล่าวอาจจะเกิดขึ้นพร้อมกันหรือมีขั้นตอนต่อเนื่องกัน และอาจมีอิทธิพลในด้านส่งเสริมหรือหักล้างกันได้ กระบวนการสร้างดินประกอบด้วย 4 กระบวนการใหญ่ ๆ คือการเพิ่มเติม (additions) การสูญเสีย (losses) การเคลื่อนย้าย (translocations) และการเปลี่ยนแปลงสภาพ (transformation) โดยมีปัจจัยในการสร้างตัวของดินต่าง ๆ ที่กล่าวมาข้างต้น ที่ทำให้หน้าตัดดินมีความแตกต่างกันออกไป (เอิบ, 2542ก; Buol *et al.,* 2003)

จากการวิเคราะห์ลักษณะสัณฐานวิทยาสนาม จุลสัณฐานวิทยา สมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และแร่วิทยาของดินที่สูง พบว่ากระบวนการสร้างดินที่เกิดขึ้น โดยพิจารณาสีดิน คือ กระบวนการปลดปล่อยธาตุเหล็กออกจากแร่ปฐมภูมิ กลายเป็นแร่เหล็กออกไซด์เพิ่มขึ้นเกิดกระบวนการออกซิเดชัน และกระบวนการรับน้ำเข้าโมเลกุล (hydration) ที่เพิ่มขึ้น ทำให้ดินเกิดเป็นสีน้ำตาล น้ำตาลปนแดง และสีแดงตามลำดับ เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไป คือ braunification, rubification และ ferrugination ที่เกิดขึ้นในหน้าตัดดิน พบว่าในชั้นดินบนนั้นจะมีสีคล้ำกว่าในชั้นดินล่าง ก็เนื่องมาจากการผุพังและ

เปลี่ยนแปลงทางกายภาพ และเคมี ของเศษซากพืชที่ทับถมในชั้นดินบนทำให้เกิดกระบวนการเพิ่มเติม (enrichment) และต่อมาก็สลายตัว (decomposition) ของเศษซากพืชและสัตว์ โดยกิจกรรมของจุลินทรีย์ กลายเป็นอินทรียวัตถุและฮิวมัสเกิดขึ้น (humification) ด้วยเหตุนี้เองจึงส่งผลให้ดินบนมีสีคล้ำ (Buol *et al.*, 2003)

จากลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยา พบว่ามีการสะสมดินเหนียวที่เด่นชัดตามผนังช่องว่างของดินที่เคลื่อนย้ายจากชั้นดินบนลงสู่ดินล่าง และบ่งชี้ถึงวัตถุต้นกำเนิดดินที่ให้แร่ดินเหนียว คือแร่แพลจิโอเคลส เฟลด์สปาร์ ซึ่งส่งผลให้ดินเป็นเนื้อดินละเอียด ลักษณะทางกายภาพพบว่ามีการแจกกระจายของอนุภาคดินเหนียวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก เนื่องมาจากปริมาณฝนที่ค่อนข้างสูง ความชื้นที่ต่อเนื่องทำให้เกิดการชะละลาย (leaching) และการเคลื่อนย้ายวัสดุออกไปสะสมในชั้นดินอื่น (illuviation) ขึ้นภายในหน้าตัดดิน โดยจะชะละลายอนุภาคขนาดเล็กจากชั้นบนลงไปสะสมในดินล่าง ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาสนามและจุลสัณฐานวิทยาพบว่ามีชั้นสะสมดินเหนียวชัดเจน นอกจากดินเหนียวแล้วพวกเหล็กออกไซด์ยังเคลื่อนย้ายสะสมอยู่ด้วย ส่วนอนุภาคขนาดทรายพบว่าเหลืออนุภาคทรายในชั้นดินบนอยู่มาก เนื่องจากพื้นที่มีความลาดชันจึงส่งผลให้เกิดการกร่อน (erosion) ได้ง่ายซึ่งทำให้อนุภาคขนาดเล็กถูกพัดพาไปจากผิวดิน จากผลดังกล่าวก็สอดคล้องกับลักษณะทางจุลสัณฐานเช่นกันที่พบว่าในชั้นดินบน (Ap) ของพีดอน 2, 3 และ 5 มีลักษณะของการเคลือบของแร่ดินเหนียวตามช่องว่าง ซึ่งเป็นลักษณะของชั้นที่มีการสะสม (Bt) จากลักษณะในส่วนนี้สามารถบอกได้ว่าดินเหล่านี้มีการพัดพาหน้าดินออกไป แล้วชั้น Bt ก็จะพัฒนาเป็นชั้นดินบน (A) ต่อไป ส่วนในพีดอน 4 นั้นลักษณะทางจุลสัณฐานที่แตกต่างจากพีดอนอื่นที่สำคัญที่สามารถบอกได้ว่ามีความสัมพันธ์กับวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นตะกอนดาดเชิงเขา (colluvium) นั่นก็คือ พบสารก้อนกลมของเหล็กออกไซด์ที่มีขนาดและรูปร่างไม่แน่นอน (transported nodules) ซึ่งบ่งบอกถึงการเคลื่อนย้ายมาจากบริเวณอื่น

สมบัติทางเคมีนั้นพบว่าสอดคล้องกับกระบวนการต่าง ๆ ข้างต้นที่กล่าวมา คือ พบว่าดินมีปฏิกิริยาต่ำ มีค่าการนำไฟฟ้าต่ำ ปริมาณเบสที่สกัดได้โดยส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในระดับต่ำและมีแนวโน้มลดลงตามความลึกก็เนื่องมาจากดินมีการชะละลายที่สูง ส่วนในพีดอน 4 และ 5 ยังพบว่ามีปริมาณเบสที่สกัดได้สูงกว่าพีดอนอื่น ๆ เนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของวัตถุต้นกำเนิดดิน และอัตราการชะ-ละลายที่ต่ำกว่าพีดอนอื่น ๆ ซึ่งลักษณะดังกล่าวก็สอดคล้องกับลักษณะทางจุลสัณฐานเช่นกัน

สมบัติทางแร่วิทยา ซึ่งองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เป็นแร่หลักเป็นแร่ที่มีกิจกรรมต่ำ คือแร่เคโอลิ-ไนต์ และอาจมีบ้างที่เป็นแร่เวอร์มิคิวไลต์ ควอตซ์ อิลไลต์ เป็นปริมาณเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่าดินที่สูงที่ทำการศึกษามีพัฒนาการมานาน และการชะละลายสูง

**7. ผลการจำแนกดินที่สูง**

จากผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา จุลสัณฐานวิทยา แร่วิทยา สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 6 พีดอน สามารถจำแนกดินที่ศึกษาตามระบบอนุกรมวิธานดิน (Soil Survey Staff, 2006) ได้ดังต่อไปนี้

7.1 การจำแนกขั้นสูง

การจำแนกในขั้นอันดับ (order) พบว่าดินที่ทำการศึกษาจำแนกได้ 2 อันดับ ดังนี้ คือ พีดอน 1, 2, 3 และ 6 เป็นดินที่มีการพัฒนาของหน้าตัดดินดี มีการสะสมของอนุภาคดินเหนียวที่เคลื่อนย้ายจากชั้นดินบนมาอยู่ในชั้นดินล่างอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นลักษณะของการเป็นชั้นดินล่างวินิจฉัยอาร์จิลลิก (argillic horizon) และมีค่าอิ่มตัวเบสต่ำกว่าร้อยละ 35 จึงจัดอยู่ในอันดับอัลทิ-ซอลส์ (Ultisols) ส่วนพีดอน 4 และ 5 มีการสะสมของอนุภาคดินเหนียวในชั้นดินล่างอย่างชัดเจนเช่นกัน ทำให้เกิดเป็นชั้นดินล่างวินิจฉัยอาร์จิลลิก แต่ดินยังมีค่าอิ่มตัวเบสสูงกว่าร้อยละ 35 จึงจัดอยู่ในอันดับแอลฟิซอลส์ (Alfisols)

การจำแนกในขั้นอันดับย่อย (suborder) พบว่าดินที่ทำการศึกษาทั้ง 6 พีดอน มีระบอบความชื้นแบบยูดิก (udic) ดังนั้น พีดอน 1, 2, 3 และ 6 จึงจัดอยู่ในอันดับย่อย Udults ส่วนพีดอน 4 และ 5 จัดอยู่ในอันดับย่อย Udalfs

การจำแนกในขั้นกลุ่มดินใหญ่ (great group) พบว่า พีดอน 1, 2, 3, และ 6 มีปริมาณดินเหนียวลดลงในตอนล่างของหน้าตัดดินน้อยกว่าร้อยละ 20 จึงจัดอยู่ในกลุ่มดินใหญ่ Paleudults พีดอน 4 มีปริมาณดินเหนียวลดลงในตอนล่างของหน้าตัดดินน้อยกว่าร้อยละ 20 จึงจัดอยู่ในกลุ่มดินใหญ่ Paleudalfs ส่วนพีดอน 5 มีปริมาณดินเหนียวลดลงในตอนล่างของหน้าตัดดินมากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 20 จึงจัดอยู่ในกลุ่มดินใหญ่ Hapludalfs

การจำแนกในขั้นกลุ่มดินย่อย (subgroup) พบว่าเกือบทุกพีดอนไม่แสดงลักษณะอื่นใดที่แตกต่างไปจากกลุ่มดินใหญ่ จึงจัดจำแนกเป็น “Typic” ยกเว้น พีดอน 5 มีรอยแตก (cracks) กว้างมากกว่า 5 มิลลิเมตร หนา 30 เซนติเมตร จึงจำแนกเป็น “Vertic”

7.2 การจำแนกขั้นต่ำ

การจำแนกชั้นเนื้อดิน พบว่า พีดอน 1, 3 และ 5 อยู่ในชั้นเนื้อดิน “Very-fine” เนื่องจากดินมีเนื้อละเอียด และมีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวสูงกว่าร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ส่วนพีดอน 2 และ 6 อยู่ในชั้นเนื้อดิน “Fine” คือเป็นดินเนื้อละเอียดที่มีปริมาณอนุภาคขนาดดินเหนียวน้อยกว่าร้อยละ 60 โดยน้ำหนัก ส่วนพีดอน 4 จัดอยู่ในชั้นเนื้อดิน “Fine-loamy” เนื่องจากดินมีเนื้อหยาบแต่มีปริมาณดินเหนียวในช่วงร้อยละ 18-35 โดยน้ำหนัก

การจำแนกชั้นแร่วิทยา จำแนกได้ 2 กลุ่ม คือ “koalinitic” และ “mixed” โดยพบว่าพีดอน 1, 2, 3 และ 5 ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียว พบแร่เคโอลิไนต์ในปริมาณที่มาก จึงจำแนกเป็นชั้นแร่วิทยา “kaolinitic” ส่วนพีดอน 4 และ 6 จัดอยู่ในชั้นแร่วิทยา “Mixed” เนื่องจากไม่พบแร่ใดที่มีปริมาณมากเด่นชัด

การจำแนกชั้นกิจกรรมการแลกเปลี่ยนไอออนบวก เนื่องจากพีดอน 4 และ 6 จำแนกเป็นชั้นแร่วิทยา “mixed” สามารถจำแนกชั้นกิจกรรมการแลกเปลี่ยนไอออนบวกในพีดอนดังกล่าวเป็น “active” ในพีดอน 4 ส่วนในพีดอน 6 เป็น “semiactive” เพราะอัตราส่วนของค่าความจุแลกเปลี่ยนแคต-ไอออนกับค่าร้อยละของดินเหนียว (โดยน้ำหนัก) อยู่ในช่วง 0.40-0.60 และ 0.24-0.40 ตามลำดับ

การจำแนกชั้นอุณหภูมิดิน พบว่า ทุกพีดอนจัดอยู่ในชั้นอุณหภูมิดิน Isohyperthermic เนื่องจากมีอุณหภูมิดินเฉลี่ยตลอดปีมากกว่าหรือเท่ากับ 22 องศาเซลเซียส และมีความแตกต่างของค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูร้อนและฤดูหนาว แตกต่างกันไม่เกิน 6 องศาเซลเซียส

จากการจำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดิน (Soil Survey Staff, 2006) ดังได้กล่าวมาแล้ว สรุปได้ดังตารางที่ 9

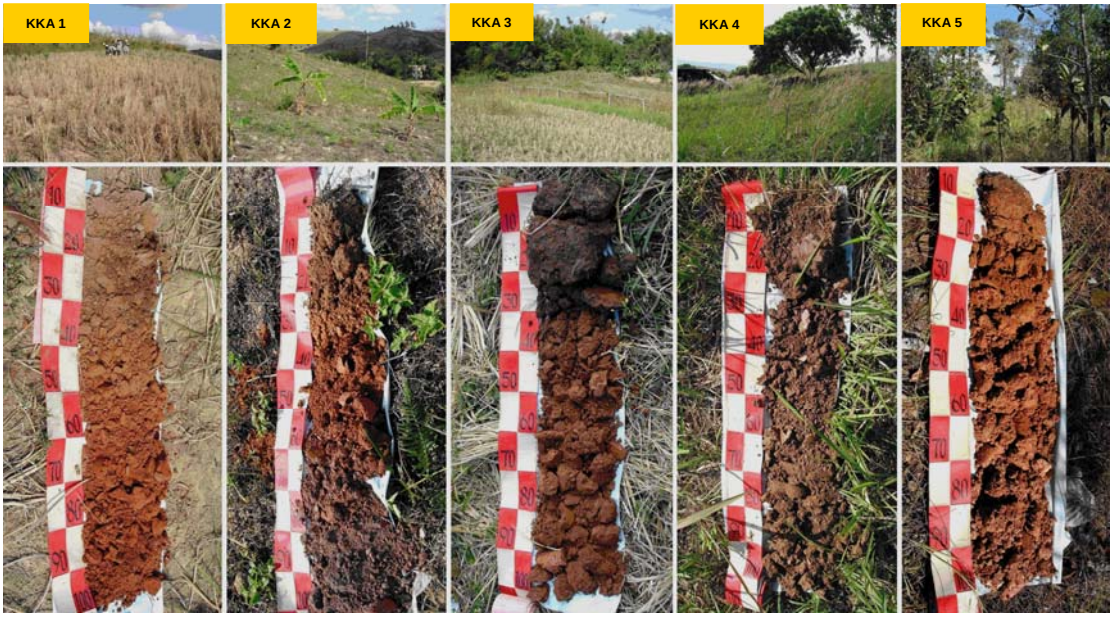
**ตารางที่ 9** ผลการจำแนกดินที่สูงที่ทำการศึกษา

| Site | Orders | Suborders | Great groups | Subgroups | family |
|---|---|---|---|---|---|
| Pedon 1 | Ultisol | Udult | Paleudult | Typic Paleudult | Very-fine, Kaolinitic, isohyperthermic |
| Pedon 2 | Ultisol | Udult | Paleudult | Typic Paleudult | Fine, Kaolinitic, isohyperthermic |
| Pedon 3 | Ultisol | Udult | Paleudult | Typic Paleudult | Very-fine, Kaolinitic, isohyperthermic |
| Pedon 4 | Alfisol | Udalf | Paleudalf | Typic Paleudalf | Fine-loamy, mixed, active isohyperthermic |
| Pedon 5 | Alfisol | Udalf | Hapludalf | Vertic Hapludalf | Very-fine, Kaolinitic, isohyperthermic |
| Pedon 6 | Ultisol | Udult | Paleudult | Typic Paleudult | Fine, mixed, semiactive isohyperthermic |

**8. การศึกษาตัวอย่างดินเพิ่มเติม**

จากการศึกษาตัวอย่างดินเพิ่มเติมโดยใช้สว่านเจาะดิน (auger) ที่ระดับความลึก 0-100 เซนติเมตร จำนวน 5 บริเวณ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเก็บตัวอย่างเพื่อให้ได้ข้อมูลเพิ่มเติมและครอบคลุมพื้นที่ศึกษามากที่สุด เพื่อใช้ในการประเมินความอุดมสมบูรณ์และสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งอยู่ในช่วงระดับความสูงระหว่าง 743-970 เมตร เหนือระดับทะเลปานกลาง ซึ่งสัญลักษณ์ในแต่ละบริเวณ คือ KKA ดังแสดงในภาพที่ 2 และ 33 โดยทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ และทางเคมี ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางผนวกที่ 2, 3 และ 4

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพเพิ่มเติม 5 บริเวณ ซึ่งทำการวิเคราะห์การแจกกระจายของอนุภาคและชั้นเนื้อดินพบว่าอนุภาคทรายในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 118-527 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 58-456 กรัมต่อกิโลกรัม อนุภาคขนาดทรายแป้งในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 208-414 กรัมต่อกิโลกรัม ชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย 195-457 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนอนุภาคขนาดดินเหนียว ในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 265-548 กรัมต่อกิโลกรัม ชั้นดินล่างมีค่าอยู่ในพิสัย




| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **KKA 1** | **Location:** Tambon Khao Kho, Amphoe Khao Kho, Changwat Phetchabun | | | |
| | **Elevation:** 970 m (MSL) | **Slope:** 8 % | **Aspect:** 240 Azimuth | **Coordination:** 47 0713869$^{E}$, 18 39174$^{N}$ |
| | **Physiographic position:** Crestal spur slope | | | **Surrounding land form:** Hilly |
| | **Land use:** upland rice | | **Parent material:** Residuum derived from weathered rhyolitic tuff | |
| **KKA 2** | **Location:** Tambon Khao Kho, Amphoe Khao Kho, Changwat Phetchabun | | | |
| | **Elevation:** 917 m (MSL) | **Slope:** 27 % | **Aspect:** 50 Azimuth | **Coordination:** 47 0714231$^{E}$, 18 41683$^{N}$ |
| | **Physiographic position:** Shoulder of highland rolling hilly area | | | **Surrounding land form:** Hilly |
| | **Land use:** Banana | | **Parent material:** Residuum derived from weathered rhyolitic tuff | |
| **KKA 3** | **Location:** Tambon Thung Samoh , Amphoe Khao Kho, Changwat Phetchabun | | | |
| | **Elevation:** 743 m (MSL) | **Slope:** 20 % | **Aspect:** South North | **Coordination:** 47 0718280$^{E}$, 18 46925$^{N}$ |
| | **Physiographic position:** Lower backslope of highland rolling slope plain | | | **Surrounding land form:** Hilly |
| | **Land use:** upland rice | | **Parent material:** Residuum derived from weathered andesitic tuff | |
| **KKA 4** | **Location:** Tambon Thung Samoh , Amphoe Khao Kho, Changwat Phetchabun | | | |
| | **Elevation:** 830 m (MSL) | **Slope:** 28 % | **Aspect:** 70 Azimuth | **Coordination:** 47 0717856$^{E}$, 18 51007$^{N}$ |
| | **Physiographic position:** Shoulder slope of highland hilly area | | | **Surrounding land form:** Hilly |
| | **Land use:** Litchie | | **Parent material:** Residuum derived from weathered andesitic tuff | |
| **KKA 5** | **Location:** Tambon Camp Son, Amphoe Khao Kho, Changwat Phetchabun | | | |
| | **Elevation:** 786 m (MSL) | **Slope:** 8 % | **Aspect:** 172 Azimuth | **Coordination:** 47 0715370$^{E}$, 18 53494$^{N}$ |
| | **Physiographic position:** Upper backslope on highland rolling plain | | | **Surrounding land form:** Hilly |
| | **Land use:** Pine Dipterocarp Forest | | **Parent material:** Residuum derived from weathered andesitic tuff | |

**ภาพที่ 33** ลักษณะภูมิประเทศ หน้าตัดดิน และรายละเอียดของพื้นที่ที่ทำการศึกษาเพิ่มเติมที่ระดับความลึก 0-100 เซนติเมตร บริเวณอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

347-665 กรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อนำมาวิเคราะห์เนื้อดินพบว่าเนื้อดินโดยส่วนใหญ่มีเนื้อดินเป็นดินเหนียว ยกเว้นชั้นดินบนของจุดเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมที่ 1 และ 2 (KKA1 และ KKA2) มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย และดินเหนียวปนทรายแป้ง ตามลำดับ เมื่อนำผลการวิเคราะห์การแจกกระจายของอนุภาคและชั้นเนื้อดินของจุดเก็บตัวอย่างเพิ่มเติมทั้ง 5 บริเวณ เปรียบเทียบกับจุดเก็บตัวอย่างทั้ง 6 พีดอน พบว่าลักษณะการแจกกระจายของอนุภาคขนาดต่าง ๆ มีลักษณะการแจกกระจายไปในลักษณะเดียวกัน จึงส่งผลให้ชั้นเนื้อดินมีลักษณะที่เหมือนกันด้วย เนื่องจากมีวัตถุต้นกำเนิดดินที่เหมือนกัน และสภาพภูมิประเทศที่คล้ายคลึงกัน

ผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีเพิ่มเติม 5 บริเวณ ซึ่งผลการวิเคราะห์ดังแสดงตารางผนวกที่ 3 และ 4 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ค่าปฏิกิริยาดิน (pH) ในกรณีใช้ดินต่อน้ำ ในอัตราส่วน 1:1 พบว่าในชั้นดินบนและดินล่างมีปฏิกิริยาอยู่ในช่วงเป็นกรดรุนแรงมากถึงปานกลาง มีค่าอยู่ในพิสัย 4.5-6.0 ในกรณีใช้ดินต่อโพแทสเซียมคลอไรด์ ในอัตราส่วน 1:1 มีค่าอยู่ในช่วง 3.2-4.6 และมีค่าต่ำกว่าค่าวิเคราะห์โดยใช้น้ำ

ค่าการนำไฟฟ้า พบว่ามีค่าต่ำมาก โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.08-0.30 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร ซึ่งน้อยกว่า 2 เดซิซีเมนต์ต่อเมตร แสดงว่าไม่เป็นดินเค็ม

ปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณไนโตรเจนรวม มีค่าลดลงตามความลึก และมีความสัมพันธ์กัน พบว่า ปริมาณอินทรียวัตถุมีค่าอยู่ในระดับสูงมากถึงค่อนข้างต่ำโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 2.76-72.84 กรัมต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณไนโตรเจนรวม พบว่า อยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก ดินบนมีค่าอยู่ในพิสัย 1.75-0.41 กรัมต่อกิโลกรัม

ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ มีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงสูง โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.19-38.04 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ในชั้นดินบนมีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.19-66.79 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ปริมาณเบสที่สกัดได้ ซึ่งประกอบด้วยแคลเซียม มีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.02-7.02 เซนติโมลต่อกิโลกรัม แมกนีเซียม มีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงสูง โดยมีค่าอยู่ใน

พิสัย 0.06-4.33 เซนติโมลต่อกิโลกรัม โพแทสเซียม มีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.02-0.17 เซนติโมลต่อกิโลกรัม โซเดียม มีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลางโดยมีค่าอยู่ในพิสัย 0.24-0.66 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ส่วนปริมาณเบสรวม มีค่าอยู่ในพิสัย 0.35-11.77 เซนติโมลต่อกิโลกรัม

ปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ มีค่าอยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูง โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 5.70-11.0 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้อยู่ในพิสัย 0.22-4.27 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ปริมาณความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนประสิทธิผลอยู่ในพิสัย 2.02-12.3 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ค่าร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมินัมของอะลูมินัมมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 3.09-88.42 ปริมาณความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน มีค่าอยู่ในระดับต่ำปานกลางถึงสูง โดยมีค่าอยู่ในพิสัย 8.1-29.9 เซนติโมลต่อกิโลกรัม และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบสอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง โดยมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 4.98-64.53

ปริมาณเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีสที่สกัดได้ พบว่าปริมาณเหล็กที่สกัดด้วยวิธีไดไธโอไนต์-ซิเตรต-ไบคาร์บอเนต, วิธีแอมโมเนียมออกซาเลต และวิธีโซเดียมไพโรฟอสเฟต มีค่าอยู่ในพิสัย 9.85-60.84 กรัมต่อกิโลกรัม, 0.91-5.92 กรัมต่อกิโลกรัม และ 4.43-13.95 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ปริมาณอะลูมินัมที่สกัดด้วยวิธีไดไธโอไนต์-ซิเตรต-ไบคาร์บอเนต, วิธีแอมโมเนียมออกซาเลต และวิธีโซเดียมไพโรฟอสเฟต มีค่าอยู่ในพิสัย 2.05-9.35 กรัมต่อกิโลกรัม, 1.39-2.94 กรัมต่อกิโลกรัม และ 11.80-38.55 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และปริมาณอะลูมินัมที่สกัดด้วยวิธีไดไธโอไนต์-ซิเตรต-ไบคาร์บอเนต, วิธีแอมโมเนียมออกซาเลต และวิธีโซเดียมไพโรฟอสเฟต มีค่าอยู่ในพิสัย 0.01-1.20 กรัมต่อกิโลกรัม, 0.02-0.74 กรัมต่อกิโลกรัม และ 0.01-0.15 กรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ

จากผลการศึกษาดินตัวอย่างเพิ่มเติม ทั้ง 5 บริเวณ ในเรื่องของลักษณะทางดิน สภาพแวดล้อม การใช้ที่ดิน สภาพภูมิประเทศ สมบัติทางกายภาพ และทางเคมีที่สำคัญ พบว่าดินที่ทำการศึกษาเพิ่มเติมมีค่าวิเคราะห์และแนวโน้มอยู่ในลักษณะใกล้เคียงกัน และไม่แตกต่างกันมากนัก อาจมีผลการวิเคราะห์บางอย่างที่แตกต่างกันบ้าง คือปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างดินเพิ่มเติมที่ 1 (KAA 1) พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในระดับสูงในชั้นดินบน คาดว่าเนื่องมาจากอิทธิพลของการใส่ปุ๋ย และนอกจากนี้ บริเวณจุดเก็บตัวอย่างดินเพิ่มเติมที่ 1, 2 และ 5 (KAA 1, 2 และ 5) ยังมีปริมาณร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมินัมสูงด้วย

**9. การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินที่สูง**

จากผลการศึกษาของดินที่สูงในบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ทั้งหมด 11 บริเวณ ซึ่งประกอบด้วย 6 พีดอน และจุดเก็บตัวอย่างดินเพิ่มเติม 5 บริเวณ นำมาสู่การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยใช้หลักเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งใช้ผลการวิเคราะห์ดินทางเคมี ได้แก่ ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนรวม ค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส ค่าความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวกของดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (กองสำรวจดิน, 2523) ทั้งนี้ได้แสดงวิธีคิดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินไว้ในตารางผนวกที่ 10 พบว่าในชั้นดินบน ส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ยกเว้นจุดเก็บตัวอย่างดินเพิ่มเติมที่ 5 (KKA 5) ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ส่วนในชั้นดินล่างพบว่ามีความอุดมสมบูรณ์ปานกลางในพีดอน 2, 3, 4 และ 5 และมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำในพีดอน 1 และ 6 และทุกจุดเก็บตัวอย่างดินเพิ่มเติม ดังแสดงตารางที่ 10

**10. การประเมินสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์และแนวทางการใช้ที่สูง**

จากผลการศึกษาของดินที่สูงในบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ทั้งหมด 11 บริเวณ ซึ่งประกอบด้วย 6 พีดอน และจุดเก็บตัวอย่างดินเพิ่มเติม 5 บริเวณ นำมาสู่การประเมินสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดังแสดงในตารางที่ 11 เพื่อนำไปสู่แนวทางในการจัดการดิน ดังนี้

พีดอน 1 และ 5 จำแนกชั้นสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์เป็น Chk มีลักษณะทั่วไป คือดินบน และดินล่างเป็นดินเหนียว ลักษณะดินไถพรวนง่าย ดินเป็นกรด ควรมีการใส่ปูน และเพิ่มปุ๋ยฟอสฟอรัส เนื่องจากมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมาก และดินมีโพแทสเซียมสำรองต่ำ ($\leq$ 0.2 เซนติโมล/ กก.) และเกิดความไม่สมดุลของธาตุแมกนีเซียม และแคลเซียม

พีดอน 2 จำแนกชั้นสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์เป็น Lh มีลักษณะทั่วไปคือดินบนและดินล่างเป็นดินร่วน มีข้อจำกัดทางการเกษตรคือดินเป็นกรด เกิดความไม่สมดุลของธาตุแมกนีเซียม และแคลเซียม

พีดอน 3 จำแนกชั้นสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์เป็น Ch มีลักษณะทั่วไปคือดินบนและดินล่างเป็นดินเหนียว มีข้อจำกัดทางการเกษตรคือดินเป็นกรด และเกิดความไม่สมดุลของธาตุแมกนีเซียม และแคลเซียม

**ตารางที่ 10** ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินที่สูงที่ทำการศึกษา ประเมินโดยใช้สมบัติทางเคมีบางประการ (กองสำรวจดิน, 2523)

| ตำแหน่ง | ความลึก | OM[1/] | | Avail.P[2/] | | Avail.K[3/] | | CEC[4/] | | BS[5/] | | คะแนน | ระดับความ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | (cm) | g kg$^{-1}$ | | mg kg$^{-1}$ | | mg kg$^{-1}$ | | cmol kg$^{-1}$ | | % | | รวม | อุดมสมบูรณ์ |
| Pedon 1 | Topsoil[6/] | 42.1 | (3) | 1.44 | (1) | 73.5 | (2) | 17.9 | (2) | 49.6 | (2) | 10 | ปานกลาง |
| | Subsoil[7/] | 18.4 | (2) | 0.75 | (1) | 21.1 | (1) | 13.4 | (2) | 26.4 | (1) | 7 | ต่ำ |
| Pedon 2 | Topsoil | 26.4 | (2) | 9.31 | (1) | 166.1 | (3) | 9.1 | (1) | 47.4 | (2) | 9 | ปานกลาง |
| | Subsoil | 10.3 | (1) | 0.87 | (1) | 118.5 | (3) | 7.8 | (1) | 44.0 | (2) | 8 | ปานกลาง |
| Pedon 3 | Topsoil | 37.9 | (3) | 0.85 | (1) | 249.0 | (3) | 16.6 | (2) | 37.2 | (2) | 11 | ปานกลาง |
| | Subsoil | 20.7 | (2) | 0.02 | (1) | 67.5 | (2) | 14.6 | (2) | 13.2 | (1) | 8 | ปานกลาง |
| Pedon 4 | Topsoil | 27.3 | (2) | 1.77 | (1) | 78.7 | (2) | 18.5 | (2) | 71.1 | (2) | 9 | ปานกลาง |
| | Subsoil | 17.9 | (2) | 1.56 | (1) | 32.8 | (1) | 17.5 | (2) | 65.5 | (2) | 8 | ปานกลาง |
| Pedon 5 | Topsoil | 24.5 | (2) | 1.10 | (1) | 32.4 | (1) | 19.7 | (2) | 62.9 | (2) | 8 | ปานกลาง |
| | Subsoil | 15.3 | (2) | 0.32 | (1) | 19.2 | (1) | 20.7 | (2) | 65.8 | (2) | 8 | ปานกลาง |
| Pedon 6 | Topsoil | 32.5 | (2) | 6.61 | (1) | 51.0 | (1) | 25.7 | (3) | 30.3 | (1) | 8 | ปานกลาง |
| | Subsoil | 15.5 | (2) | 0.50 | (1) | 34.5 | (1) | 21.3 | (2) | 18.2 | (1) | 7 | ต่ำ |
| การศึกษาตัวอย่างดินเพิ่มเติม | | | | | | | | | | | | | |
| KKA1 | Topsoil | 24.3 | (2) | 38.04 | (3) | 37.1 | (1) | 9.3 | (1) | 6.2 | (1) | 8 | ปานกลาง |
| | Subsoil | 2.8 | (1) | 0.38 | (1) | 17.4 | (1) | 8.1 | (1) | 6.0 | (1) | 5 | ต่ำ |
| KKA2 | Topsoil | 36.3 | (3) | 0.73 | (1) | 55.7 | (1) | 18.4 | (2) | 10.7 | (1) | 8 | ปานกลาง |
| | Subsoil | 13.6 | (1) | 0.39 | (1) | 53.8 | (1) | 18.8 | (2) | 5.0 | (1) | 6 | ต่ำ |
| KKA3 | Topsoil | 32.0 | (2) | 0.20 | (1) | 66.8 | (2) | 14.4 | (2) | 45.9 | (2) | 9 | ปานกลาง |
| | Subsoil | 13.4 | (1) | 0.20 | (1) | 14.9 | (1) | 14.7 | (2) | 50.8 | (2) | 7 | ต่ำ |
| KKA4 | Topsoil | 72.8 | (3) | 0.19 | (1) | 37.9 | (1) | 29.9 | (3) | 59.5 | (2) | 10 | ปานกลาง |
| | Subsoil | 6.2 | (1) | 0.20 | (1) | 22.0 | (1) | 24.9 | (2) | 60.9 | (2) | 7 | ต่ำ |
| KKA5 | Topsoil | 23.6 | (2) | 0.39 | (1) | 33.3 | (1) | 14.6 | (2) | 14.1 | (1) | 7 | ต่ำ |
| | Subsoil | 4.3 | (1) | 0.39 | (1) | 6.9 | (1) | 19.8 | (2) | 6.5 | (1) | 6 | ต่ำ |

**หมายเหตุ** [1/] OM = organic matter, [2/] Avail. P = available phosphorus [3/] Avail. K = available potassium [4/] CEC = cation exchange capacity [5/] BS = base saturation

[6/] Topsoil = ชั้นดินบน (Ap) [7/] Subsoil = ชั้นดินล่าง (Ap-60 เซนติเมตร)

วิธีคิดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินใช้วิธีให้คะแนน (ตัวเลขคะแนนอยู่ในวงเล็บในตาราง) ถ้าคะแนนรวมเท่ากับ 7 หรือน้อยกว่า ถือว่าดินมีความอุดมสบูรณ์ต่ำ คะแนนรวมอยู่ระหว่าง 8-12 ถือว่าดินมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลาง คะแนนรวมเท่ากับ 13 หรือมากกว่า ถือว่าดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง

**ตารางที่ 11** สมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินที่สูงที่ทำการศึกษา จำแนกโดยใช้สมบัติทางกายภาพ ทางคมี และแร่วิทยาบางประการ

| Site | Horizon[1/] (cm) | Texture | 2:1 expending clay | pH 1:1 $H_2O$ | K reserved cmol $kg^{-1}$ | Gravel (%) | Al sat. (%) | $\%Fe_2O_3$/ %clay | FCC[2/] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pedon 1 | Topsoil | Clayey | <50% | 5.0 | 0.19 | - | 3.43 | 0.05 | Chk |
| | Subsoil | Clayey | <50% | 5.1 | 0.14 | - | 15.33 | - | |
| Pedon 2 | Topsoil | Loamy | <50% | 5.7 | 0.42 | - | 1.21 | | Lh |
| | Subsoil | Loamy | <50% | 5.9 | 0.31 | - | 1.38 | - | |
| Pedon 3 | Topsoil | Clayey | <50% | 5.3 | 0.62 | - | 4.47 | 0.09 | Ch |
| | Subsoil | Clayey | <50% | 5.1 | 0.20 | - | 52.15 | | |
| Pedon 4 | Topsoil | Loamy | <50% | 5.9 | 0.20 | 18.4 | 0.45 | | L'hk |
| | Subsoil | Loamy | <50% | 6.0 | 0.11 | 18.3 | 0.92 | - | |
| Pedon 5 | Topsoil | Clayey | <50% | 5.4 | 0.08 | - | 1.36 | 0.11 | Chk |
| | Subsoil | Clayey | <50% | 5.5 | 0.06 | - | 1.46 | - | |
| Pedon 6 | Topsoil | Loamy | <50% | 4.8 | 0.13 | - | 22.80 | - | LCak |
| | Subsoil | Clayey | <50% | 4.6 | 0.09 | - | 61.12 | | |
| การศึกษาตัวอย่างดินเพิ่มเติม | | | | | | | | | |
| KKA 1 | Topsoil | Loamy | <50% | 4.5 | 0.09 | - | 75.12 | - | LCak |
| | Subsoil | Clayey | <50% | 4.5 | 0.04 | - | 82.01 | - | |
| KKA 2 | Topsoil | Clayey | <50% | 4.9 | 0.14 | - | 64.52 | 0.06 | Cak |
| | Subsoil | Clayey | <50% | 4.9 | 0.14 | - | 83.64 | - | |
| KKA 3 | Topsoil | Clayey | <50% | 5.2 | 0.17 | - | 3.96 | 0.11 | Chk |
| | Subsoil | Clayey | <50% | 5.5 | 0.04 | - | 3.65 | - | |
| KKA 4 | Topsoil | Clayey | <50% | 5.7 | 0.09 | - | 3.09 | 0.08 | Chk |
| | Subsoil | Clayey | <50% | 5.7 | 0.05 | - | 3.88 | - | |
| KKA 5 | Topsoil | Clayey | <50% | 5.6 | 0.08 | - | 61.79 | 0.09 | Cak |
| | Subsoil | Clayey | <50% | 5.5 | 0.02 | - | 84.76 | - | |

**หมายเหตุ**

[1/] Topsoil = Ap or 0-20 cm, Subsoil = horizon under Ap or 20-50/60 cm depth interval

[2/] L = loamy, C = clayey, a = pH < 5.0 and Al saturation >60%, h = pH range 5.0-6.0, k = K reserve ≤0.2 $cmol_c\ kg^{-1}$, _' = gravel 15-35%

พีดอน 4 จำแนกชั้นสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์เป็น L'hk มีลักษณะทั่วไปคือดินบนและดินล่างเป็นดินร่วน มีข้อจำกัดทางการเกษตรคือดินมีอัตราการซึมน้ำผ่านผิวดินสูง และมีความสามารถในการอุ้มน้ำต่ำ เนื่องจากดินมีกรวดปนอยู่ในหน้าตัดดิน ดินเป็นกรด ดินมีโพแทสเซียมสำรองต่ำ (≤ 0.2 เซนติโมล/ กก.)

พีดอน 6 จำแนกชั้นสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์เป็น LCak มีลักษณะทั่วไปคือดินบนเป็นดินร่วน และดินล่างเป็นดินเหนียว มีข้อจำกัดทางการเกษตรคือดินมีความเป็นพิษของธาตุอะลูมินัม เนื่องจากดินมีค่าปฏิกิริยาเป็นกรด ดินมีโพแทสเซียมสำรองต่ำ (≤ 0.2 เซนติโมล/ กก.)

ส่วนตัวอย่างดินที่เก็บเพิ่มเติมอีก 5 บริเวณ มีหน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินไม่แตกต่างมากนักกับจุดเก็บตัวอย่างดินที่เป็นพีดอน พบว่า บริเวณจุดเก็บตัวอย่างดินเพิ่มเติมที่ 2, 3 และ 4 (KKA2, KKA3 และ KKA4) มีหน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์เหมือนกับดินพีดอน 1 และ 5 คือ Chk ส่วนจุดเก็บตัวอย่างดินเพิ่มเติมที่ 1 เหมือนกับดินพีดอน 6 คือ LCak และนอกจากนี้ยังมีหน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์เพิ่มเติมอีกคือ Cak ในบริเวณจุดเก็บตัวอย่างดินเพิ่มเติมที่ 5 (KAA 5) ซึ่งเป็นดินมีเนื้อดินเป็นดินเหนียว มีอะลูมินัมเป็นพิษ และมีปริมาณโพแทสเซียมสำรองต่ำ

จากผลการศึกษาดินทั้ง 11 บริเวณ ทั้งในส่วนที่เป็นพีดอนจำนวน 6 บริเวณ และเก็บตัวอย่างดินโดยใช้ Auger จนถึงความลึก 100 เซนติเมตร อีกจำนวน 5 บริเวณ ทุกบริเวณที่ทำการศึกษามีการใช้ที่ดินในการเกษตรกรรม ซึ่งมีรูปแบบการทำการเกษตร และชนิดพืชปลูกที่แตกต่างกันออกไป เมื่อพิจารณาจากสมบัติทางกายและเคมีของดินนั้น จากการใช้ระบบสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Sanchez *et al.,* 1982; เอิบ, 2542ก) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 11 พบว่า ดินที่ทำการศึกษานี้มีข้อจำกัดของดิน คือ ปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีธาตุโพแทสเซียมต่ำ และบางมีความเป็นพิษจากอะลูมินัม หากพิจารณาถึงการใช้ทางการเกษตรนั้น น่าจะรองรับการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ แต่ต้องมีการจัดการในเรื่องของธาตุอาหารพืช ซึ่งแนวทางในการจัดการธาตุอาหารพืชนั้นควรมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม และเนื่องจากดินเป็นกรดจากการวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ พบว่าส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ ควรมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสด้วย ร่วมกับการใช้ปุ๋ยพืชสด เนื่องจากการใช้ปุ๋ยพืชสดทำให้ธาตุอาหารต่าง ๆ ในดินเป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะปุ๋ยพืชสดตระกูลถั่วบางชนิดที่มีระบบรากลึกสามารถดึงธาตุอาหารพืชที่อยู่ลึกในดินขึ้นมา เมื่อมีการไถกลบจะเพิ่มธาตุอาหารให้แก่ดินบนได้ โดยเฉพาะไนโตรเจน นอกจากนี้ปุ๋ยพืชสดยังช่วยเพิ่มธาตุฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมให้สูงขึ้นด้วย (Sangakkara *et al.,* 2004; Astier *et al.,* 2006) และสามารถเพิ่มปริมาณ

คาร์บอนอินทรีย์ให้แก่ดิน (Singh *et al.,* 2006) สำหรับพีดอน 6 ที่มีอะลูมินัมเป็นพิษควรใส่ปุ๋ยคอก ซึ่งปุ๋ยคอกจะทำปฏิกิริยาคล้ายกับสารแคลเซียมคาร์บอเนต โดยทำให้อะลูมินัมตกตะกอน ทำให้ความเข้มข้นของอะลูมินัมในดินลดลง (Whalen *et al*., 2000) และเป็นการเพิ่มแมกนีเซียมให้แก่ดินด้วย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544) นอกจากนี้ควรมีการใส่ปูน ซึ่งการใช้ปูนในการปรับปฏิกิริยาของดินในกรณีที่มีความเป็นพิษของอะลูมินัม จะช่วยเพิ่มปริมาณความอิ่มตัวของเบส เพิ่มแคลเซียม และแมกนีเซียมให้แก่ดิน และลดปริมาณอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน รวมถึงการดูดดึงธาตุอาหารพืชได้ดี (Yamoah *et al.,* 1999) อย่างไรก็ตามพื้นที่สูงที่ทำการศึกษาจัดอยู่ในพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน ดังนั้นหากนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรจึงต้องมีมาตรการเชิงอนุรักษ์ดินและน้ำควบคู่ไปด้วย (บรรณพิชญ์ และคณะ, 2550; Samrit *et al.,* 2007)

แนวทางจัดการดิน และควบคุมสภาพแวดล้อมในการปลูกพืชในพื้นที่ศึกษา คือ ระบบวนเกษตรบนโครงสร้างอนุรักษ์ดิน ซึ่งเป็นรูปแบบการใช้ที่ดินที่อยู่กลางระหว่างการเกษตรและการป่าไม้ โดยจัดให้มีระบบการปลูกพืชสลับแนว (alley cropping) ตามแนวระดับของความลาดชัน พร้อม ๆ กับการปลูกพืชอาหารควบลงไประหว่างแถวไม้พุ่มนั้น (Kang *et al.,* 1981) เป็นรูปแบบการปลูกพืชหลายชนิด (multiple cropping) ที่มีความปราณีตมากขึ้น รูปแบบของการเกษตรแบบแถวพุ่มไม้นี้ อาจนำมาใช้ในทุกสภาพนิเวศ ซึ่งรูปแบบการเกษตรนี้มักจะพบอยู่ในบริเวณพื้นที่สูงทั่วไป เนื่องจากแถวไม้พุ่มมักจะปลูกเพื่อควบคุมการไหลบ่าของน้ำที่ผิวดินลดการกระทบของเม็ดฝนกับผิวดิน และยังเป็นแนวกำบังลมอีกด้วย นอกจากนี้ประโยชน์ของแถวไม้พุ่มยังอาจก่อให้เกิดขั้นบันไดธรรมชาติ เป็นแหล่งไม้เชื้อเพลิง อาหารสัตว์ และปุ๋ยพืชสด (มณฑล, 2535) ซึ่งปุ๋ยพืชสด จะช่วยปรับปรุงโครงสร้างของดิน ทำให้ดินร่วนซุย และอุ้มน้ำได้ดีขึ้น (MacRae and Mehuts, 1985) และทำให้ความหนาแน่นของดินลดลง เพิ่มช่องว่างในดินได้ (Mandal *et al.,* 2003) ทำให้เกิดเม็ดดิน ความสามารถในการเก็บกักน้ำของดินเพิ่มมากขึ้น (Singh *et al*., 2006) ซึ่งเป็นการลดการไหลบ่าของน้ำผิวดิน และลดการกร่อนของดินได้ด้วย

# สรุปและข้อเสนอแนะ

## สรุป

จากผลการศึกษาดินที่สูงในบิเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ 11 บริเวณ ซึ่งประกอบด้วยการเก็บตัวอย่างแบบพีดอน 6 บริเวณ และตัวอย่างเพิ่มเติมที่เก็บโดยสว่านเจาะดิน ที่ระยะความลึก 0-100 เซนติเมตร ตั้งแต่ระดับความสูง 724-970 เมตรจากระดับทะเลปานกลาง โดยส่วนใหญ่ดินเกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นวัสดุตกค้าง และตะกอนดาดเชิงเขาที่สลายตัวมาจากหินแอนดีซิติกทัฟฟ์ ไรโอลิติกทัฟฟ์ และบางบริเวณเป็นหินเกรย์แวก (พีดอน 6) ดินเป็นดินลึกปานกลางถึงลึกมาก ลักษณะพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเนินเขา และลูกคลื่นลอนลาด ดินมีการระบายน้ำดี

ลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาที่เด่นของดิน คือ ดินมีเนื้อดินละเอียด พบการรวมตัวของเหล็กออกไซด์เป็นสารก้อนกลม และมีลักษณะการเคลือบของแร่ดินเหนียวในชั้นดินล่างในทุกพีดอน ซึ่งแสดงเป็นชั้นดินล่างวินิจฉัยอาร์จิลลิก (argillic horizon) แสดงว่าดินมีพัฒนาการดี และบางบริเวณพบชิ้นส่วนของหินวัตถุต้นกำเนิดดินที่อยู่ในช่วงการผุพังสลายตัว ซึ่งแสดงถึงระดับพัฒนาการปานกลาง ดังสอดคล้องกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาสนาม สมบัติทางกายภาพ และเคมี

สมบัติทางกายภาพของดินที่สูงที่ทำการศึกษา พบว่ามีเนื้อดินส่วนใหญ่เป็นเนื้อดินละเอียดไปถึงเนื้อดินปานกลาง มีแนวโน้มการแจกกระจายของอนุภาคขนาดดินเหนียวในหน้าตัดดินเด่นชัดกว่าอนุภาคขนาดทราย และทรายแป้ง โดยมีเนื้อดินเป็นดินเหนียวถึงดินร่วน ค่าความหนาแน่นรวมมีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างสูง (1.07-1.63 เมกะกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) โดยชั้นดินบนมีความหนาแน่นรวมต่ำกว่าดินล่าง ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ มีค่าอยู่ในระดับช้ามากถึงเร็ว ($6.71 \times 10^{-3}$ ถึง 16.12 เซนติเมตรต่อชั่วโมง)

สมบัติทางเคมีของดินที่สูงที่ทำการศึกษา พบว่าค่าปฏิกิริยาดินในเขตรากพืชส่วนใหญ่อยู่ในช่วงไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยมีค่าปฏิกิริยาดินอยู่ในช่วงที่เป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดปานกลาง (pH 4.2-6.0) แสดงถึงอิทธิพลการชะละลายที่ชัดเจน ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในช่วงต่ำมากถึงสูง (1.8-42.1 กรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณไนโตรเจนรวมอยู่ในช่วงต่ำมากถึงปานกลาง (0.25-2.38 กรัมต่อกิโลกรัม) และมีความสัมพันธ์กับปริมาณไนโตรเจนรวม โดยมีแนวโน้มลดลงตามความลึกของหน้าตัดดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำปานกลาง

(0.02-9.31 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงมาก (10.7-249.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) ซึ่งพบว่าในชั้นดินบนของพีดอน 2 และ 3 มีค่าสูงกว่าพีดอนอื่นๆ คาดว่าเนื่องมาจากอิทธิพลของการจัดการทางการเกษตร ปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้มีค่าอยู่ในระดับต่ำมากจนถึงสูง (0.01-12.48 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) พบว่าโดยส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในระดับต่ำ และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ยกเว้นพีดอน 4 และ 5 ที่มีค่าส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก ปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้มีค่าอยู่ในระดับต่ำมากจนถึงสูง (0.15-6.53 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) พบว่าโดยส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในระดับต่ำ และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ยกเว้นพีดอน 4 และ 5 ที่มีค่าอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก ซึ่งมีลักษณะเดียวกันกับปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ เนื่องมาจากความไม่สม่ำเสมอของวัตถุต้นกำเนิดดิน และอัตราการชะละลายไม่เท่ากัน ซึ่งลักษณะนี้สอดคล้องกับลักษณะจุลสัณฐานวิทยาของดินที่พบว่าดินพีดอน 4 และ 5 ยังมีเศษชิ้นส่วนของวัตถุต้นกำเนิดดินที่กำลังผุพังสลายตัวอยู่ และมีลักษณะคล้ายคลึงกัน

ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำมากจนถึงสูง (0.03-0.62 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) โดยส่วนใหญ่มีค่าลดลงตามความลึก ปริมาณโซเดียมที่สกัดได้มีค่าอยู่ในระดับต่ำมากจนถึงสูง (0.16-1.71 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) โดยส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในระดับต่ำยกเว้นพีดอน 4 ที่มีค่าอยู่ในระดับสูงและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก ซึ่งผลดังกล่าวนี้สอดคล้องกับลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดินที่พบชิ้นส่วนของแร่แพลจิโอเคลส เฟลด์สปาร์ ชนิดที่มีโซเดียมเป็นองค์ประกอบจึงยังส่งผลทำให้ดินยังมีโซเดียมสูงกว่าพีดอนอื่น ๆ ปริมาณเสรวมที่สกัดได้มีค่าอยู่ในพิสัย 0.48-19.55 เซนติโมลต่อกิโลกรัม โดยส่วนใหญ่มีค่าต่ำก็เนื่องจากการที่ดินได้รับอิทธิพลที่รุนแรงพอที่จะเคลื่อนย้ายเบสบางส่วนออกไปจากหน้าตัดดิน ปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้มีค่าอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (4.30-14.32 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ปริมาณอะลูมินัมที่สกัดได้ อยู่ในพิสัย 0.06-92.45 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ปริมาณความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนมีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงสูง (7.35-28.72 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) ค่าร้อยละความอิ่มตัวเบส มีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (3.97-75.15%) ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนประสิทธิผล อยู่ในพิสัย 1.97-20.42 เซนติโมลต่อกิโลกรัม ปริมาณเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีส โดยการสกัดด้วยสารละลายต่าง ๆ พบว่า มีปริมาณเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีสในดินที่สูงอยู่ในรูปอิสระมากกว่ารูปอื่น ๆ ซึ่งได้จากการสกัดด้วยวิธีไดไธโอไนต์-ซิเตรต-ไบคาร์บอเนต ซึ่งมีปริมาณเหล็กมากที่สุด เนื่องจากผ่านกระบวนการผุพังอยู่กับที่มานาน ซึ่งจากลักษณะดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าดินมีพัฒนาการปานกลางถึงสูง

จากผลการศึกษาทางแร่วิทยา พบว่าดินส่วนใหญ่มีแร่เคโอลิไนต์เป็นองค์ประกอบเชิงแร่หลักในกลุ่มขนาดอนุภาคดินเหนียว ยกเว้นพีดอน 6 ที่มีแร่คลอไรต์เป็นแร่หลักร่วมกับแร่เคโอลิไนต์ด้วย และมีแร่ควอตซ์เป็นองค์ประกอบเชิงแร่หลักในอนุภาคขนาดทรายแป้ง

การกำเนิดของดิน พบว่ามีกลุ่มกระบวนการสร้างดินที่สำคัญ คือ การเพิ่มเติม (additions) ซึ่งมีกระบวนการย่อยคือ กระบวนการเพิ่มเติม (enrichment) กลุ่มกระบวนการสูญเสีย (losses) ซึ่งมีกระบวนการย่อย คือ กระบวนการชะละลาย (leaching) และการกร่อน (erosion) กลุ่มกระบวนการเคลื่อนย้าย (translocation) มีกระบวนการย่อย คือ กระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุออกไปสะสมในชั้นดิน (illuviation) กระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุจากชั้นดินบน (eluviations) และกระบวนการเปลี่ยนแปลงสภาพ (transformation) มีกระบวนการย่อย คือ กระบวนการสลายตัว (decomposition) และกระบวนการที่ทำให้เกิดสีดิน คือดินมีสีน้ำตาล (braunification) สีน้ำตาลปนแดง (rubification) และสีแดง (ferrugination) โดยมีปัจจัยที่เด่นชัด คือ สภาพภูมิอากาศ และระดับความสูงที่ทำให้อุณหภูมิเย็นกว่าสภาพทั่วไปของเขตร้อนที่ระดับความสูงน้อยกว่า

การจำแนกดินที่สูงที่ทำการศึกษา จากการวิเคราะห์ลักษณะทางสัณฐานวิทยา จุลสัณฐานวิทยา สมบัติทางกายภาพ เคมี และแร่วิทยา พบว่าดินจำแนกตามระบบอนุกรมวิธานดินเป็นดินในอันดับอัลทิซอลส์ (Ultisols) และ แอลฟิซอลส์ (Alfisols) ที่มีสภาพความชื้นภายในดินค่อนข้างต่อเนื่อง โดยมีชั้นอนุกรมวิธานดิน ดังต่อไปนี้

พีดอน 1 Typic Paleudult, very fine, kaolinitic, isohyperthermic
พีดอน 2 Typic Paleudult, fine, kaolinitic, isohyperthermic
พีดอน 3 Typic Paleudult, very fine, kaolinitic, isohyperthermic
พีดอน 4 Typic Paleudalf, fine-loamy, mixed, active, isohyperthermic
พีดอน 5 Vertic Hapludalf, very fine, kaolinitic, isohyperthermic
พีดอน 6 Typic Paleudult, fine, mixed, semiactive, isohyperthermic

จากการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (กองสำรวจดิน, 2523) พบว่าดินมีความอุดมสมบูรณ์ตั้งแต่ปานกลางจนถึงต่ำ ซึ่งความอุดมสมบูรณ์ของดินนั้นที่ความแตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่ในชั้นดินบนมีความอุดมสมบูรณ์สูงกว่าในชั้นดินล่าง เนื่องจากมีปริมาณอินทรียวัตถุที่สูงกว่า เมื่อนำผลการวิเคราะห์จากการเก็บตัวอย่างดินเพิ่มเติม (KKA) มาประเมินความอุดมสมบูรณ์เพิ่มเติม

เพื่อให้มีตัวอย่างดินครอบคลุมพื้นที่ศึกษา พบว่าโดยภาพรวมไม่มีความแตกต่างกันมากนักกับจุดเก็บตัวอย่างดินที่เป็นพีดอน

หน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินที่จำแนกได้ คือ พีดอน 1 และ 5 เป็น Chk พีดอน 2 เป็น Lh พีดอน 3 เป็น Ck พีดอน 4 เป็น L'hk และพีดอน 6 เป็น LCak และเมื่อนำผลการวิเคราะห์จากการเก็บตัวอย่างดินเพิ่มเติม (KKA) มาประเมินสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์เพิ่มเติมเพื่อให้มีตัวอย่างดินครอบคลุมพื้นที่ศึกษา พบว่าโดยภาพรวมไม่มีความแตกต่างกันมากนักกับจุดเก็บตัวอย่างดินที่เป็นพีดอน แต่ก็มีบ้างในจุดเก็บตัวอย่างดินเพิ่มเติมที่ 2 และ 5 (KKA2 และ KKA5) ที่มีหน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ เป็น Cak ซึ่งดินที่ทำการศึกษานี้มีข้อจำกัดของดิน คือ ปฏิกิริยาดินเป็นกรด มีธาตุโพแทสเซียมต่ำ และบางดินมีความเป็นพิษจากอะลูมินัม หากพิจารณาถึงการใช้ทางการเกษตร ดินเหล่านี้รองรับการใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้ แต่ต้องมีการจัดการในเรื่องของธาตุอาหารพืช ควรมีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ เช่น ปุ๋ยพืชสด ปุ๋ยคอก ร่วมกับปุ๋ยเคมี รวมทั้งมีการใส่ปูน อย่างไรก็ตามพื้นที่สูงที่ทำการศึกษาจัดอยู่ในพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อน ดังนั้นหากมีการใช้ประโยชน์ที่ดินทางการเกษตรจะต้องมีมาตรการเชิงอนุรักษ์ดินและน้ำควบคู่ไปด้วย

## ข้อเสนอแนะ

ปัจจุบันการพัฒนางานเกษตรบนที่สูง ได้มีหน่วยงานของทางราชการเริ่มดำเนินงานเกี่ยวกับการเกษตรบนที่สูง ได้แก่ กรมประชาสงเคราะห์ กรมพัฒนาที่ดิน และกรมส่งเสริมการเกษตรจากพื้นที่ราบเข้าไปช่วยดำเนินงานร่วมกับเจ้าหน้าที่เกษตรของมูลนิธิโครงการหลวง และต่อมาได้เกิดโครงการต่าง ๆ ขึ้นมากมายเกี่ยวกับการเกษตรบนที่สูง โดยมีเป้าหมายของการดำเนินงานที่แยกกัน เช่น ปปส. (โครงการปราบปรามยาเสพติด), กอรมน. (โครงการอาสาพัฒนารักษาความปลอดภัย พัฒนาและบริการในพื้นที่ธุรกันดาร), ตชด. (โครงการโรงเรียนตามแนวชายแดนส่งเสริมการเกษตร และโครงการอาหารกลางวัน) และโครงการดอยตุง เป็นต้น ซึ่งมีการแบ่งพื้นที่ในการดำเนินงานที่ชัดเจน แต่สถานการณ์ในปัจจุบันพบว่าการพัฒนางานเกษตรบนที่สูงเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องจากตัวชาวเขาและคนพื้นราบที่ขึ้นไปดำเนินชีวิต เช่น กิจการโรงแรมและรีสอร์ท เป็นต้น ทำให้เป้าหมายในการดำเนินงานของหน่วยงานต่างๆ เกี่ยวกับการเกษตรบนที่สูงอาจมีการเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย ดังนั้นสถาบันการศึกษาจึงน่าจะเข้ามาร่วมทำงานกับกรมกองต่าง ๆ ในการส่งเสริมการเกษตรบนที่สูง

สำหรับการใช้ที่ดินบนพื้นที่สูงนั้นควรนำพื้นที่ที่ถูกบุกรุกแล้ว และพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมเท่านั้นมาพัฒนา มีการจำกัดให้มีการใช้พื้นที่ทางการเกษตรน้อยที่สุด มีข้อจำกัดค่อนข้างสูงถึงสูงต่อการใช้ที่ดินทางการเกษตร โดยมีความชันเป็นข้อจำกัดที่รุนแรงกว่าลักษณะของดินเองคือ มีการกร่อนของดินมาก ซึ่งการใช้ที่ดินทางด้านการเกษตรจะทำได้เป็นบริเวณจำกัดนั้น และจะต้องมีมาตรการเชิงอนุรักษ์ร่วมกับมาตรการด้านกฎหมายเชิงอนุรักษ์สภาวะแวดล้อม และสิ่งที่จำเป็นที่จะมีส่วนทำให้การใช้ที่ดินในบริเวณที่สูงมีความเหมาะสมเพิ่มขึ้น คือการถ่ายทอดเทคโนโลยีทางด้านอนุรักษ์ดินและน้ำควบคู่ไปกับเทคโนโลยีการผลิตทางการเกษตรลงในพื้นที่ให้เร็วและมากยิ่งขึ้น โดยต้องมีเทคโนโลยีที่เหมาะสม และลักษณะการใช้ที่ดินจะต้องสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมของพื้นที่ สภาพภูมิอากาศ สมรรถนะและความเหมาะสมของที่ดินตลอดจนสภาพทางเศรษฐกิจและสังคมที่เน้นการใช้เชิงอนุรักษ์ให้ชัดเจนที่สุด ในการใช้พื้นที่ควรใช้ในลักษณะผสมผสานและพิจารณาจากความเหมาะสม ซึ่งหน่วยงานของรัฐควรมีส่วนในการให้การสนับสนุนดูแล และให้คำปรึกษา นอกจากการใช้พื้นที่ในการเกษตรแล้ว อาจจะพัฒนาไปในรูปแบบอื่น เช่นเป็นสถานที่ท่องเที่ยวโดยให้ชุมชนในพื้นที่มีส่วนร่วมในการพัฒนา และมีหน่วยงานรัฐที่เกี่ยวข้อง ให้คำปรึกษาในเรื่องรูปแบบของการพัฒนาเพื่อการท่องเที่ยว ซึ่งต้องดูถึงศักยภาพของพื้นที่ในเชิงอนุรักษ์ด้วย

# เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2524. **รายงานการสัมมนาการเกษตรภาคเหนือ ระหว่างวันที่ 23-27 กุมภาพันธ์ 2524.** ณ สำนักงานเกษตรภาคเหนือ, เชียงใหม่.

เกษม พิลึก. 2535. การปลูกผักในที่สูง. น.177-193. *ใน* **การพัฒนาป่าไม้ในที่สูง.** เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร KUFF/LAO/SIDA Highland Forest Development. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กรมทรัพยากรธรณี. 2527. **แผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทย มาตราส่วน 1:250,000.** กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

กรมแผนที่ทหาร. 2547ก. **แผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ระวางอำเภอวังโป่ง (5141 I).** กระทรวงกลาโหม, กรุงเทพฯ.

_____. 2547ข. **แผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ระวางบ้านแยง (5142 I).** กระทรวงกลาโหม, กรุงเทพฯ.

_____. 2547ค. **แผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ระวางอำเภอเขาค้อ (5142II).** กระทรวงกลาโหม, กรุงเทพฯ.

_____. 2547ง. **แผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ระวางจังหวัดเพชรบูรณ์ (5241IV).** กระทรวงกลาโหม, กรุงเทพฯ.

_____. 2547จ. **แผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ระวางบ้านท่าพล (5242III).** กระทรวงกลาโหม, กรุงเทพฯ.

_____. 2547ฉ. **แผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ระวางอำเภอหล่มเก่า (5242 IV).** กระทรวงกลาโหม, กรุงเทพฯ.

กรมอุตุนิยมวิทยา. 2550. **ข้อมูลสถิติภูมิอากาศของประเทศไทยในคาบ 10 ปี (พ.ศ. 2540-2549).** กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กรุงเทพฯ. (แผ่นบันทึกข้อมูล)

กองสงเคราะห์ชาวเขา. 2540. **ข้อมูลชุมชนบนพื้นที่สูงในประเทศไทย**. กรมประชาสงเคราะห์ กระทรวงแรงงานและสวัสดิการสังคม, กรุงเทพฯ. (แผ่นบันทึกข้อมูล)

กองสำรวจดิน. 2520. **แผนที่ดินรายจังหวัด มาตราส่วน 1:100,000**. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

_____. 2522. **รายงานการสำรวจดินจังหวัดเชียงใหม่**. รายงานการสำรวจ ฉบับที่ 204. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2523. **คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ**. เอกสารวิชาการ เล่มที่ 28. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2529. **เนื้อที่หน่วยแผนที่ดินในแต่ละจังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. (เอกสารโรเนียว)

_____. 2530. **รายงานการสำรวจดินและแผนการใช้ที่ดิน** โครงการพัฒนาที่สูงไทย-นอรเวย์ แปลงบ้านป่าเกี๊ยะ-บ้านห้วยน้ำจาง เขตพื้นที่ม่อนยะ อำเภอสะเมิง จังหวัดเชียงใหม่. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2537. **รายงานการสำรวจดินและศึกษาสภาวะทรัพยากรที่ดินและสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ โครงการพัฒนาชุมชนพื้นที่สูงภาคเหนือ**. เอกสารวิชาการเล่มที่ 240. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กองวางแผนการใช้ที่ดิน และกองสำรวจดิน. 2537ก. **การศึกษาความเหมาะสมเพื่อวางแผนพัฒนาพื้นที่สูงจังหวัดพะเยา**. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กองวางแผนการใช้ที่ดิน และกองสำรวจดิน. 2537ข. **การศึกษาความเหมาะสมเพื่อวางแผนพัฒนาพื้นที่สูงจังหวัดเชียงราย**. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2537ค. **การศึกษาความเหมาะสมเพื่อวางแผนพัฒนาพื้นที่สูงจังหวัดเชียงใหม่**. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

_____. 2537ง. **การศึกษาความเหมาะสมเพื่อวางแผนพัฒนาพื้นที่สูงจังหวัดแม่ฮ่องสอน**. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กองวางแผนการใช้ที่ดิน และกองสำรวจและจำแนกดิน. 2538. **การศึกษาความเหมาะสมเพื่อวางแผนพัฒนาพื้นที่สูง จังหวัดเพชรบูรณ์**. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. **ปฐพีวิทยาเบื้องต้น.** สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชวเลิศ นวลโคกสูง. 2537. **การประเมินสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน จังหวัดฉะเชิงเทรา. ผลงานวิจัยกรมพัฒนาที่ดินปี 2535-2538**. แหล่งที่มา: http:// www.ldd.go.th/pldweb/tech/RISabst/plan37. htm, 3 พฤษภาคม 2549.

ชัยฤกษ์ สุวรรณรัตน์. 2536. **ความอุดมสมบูรณ์ของดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จตุรงค์ ละออพันธ์สกุล. 2543. **ลักษณะของดินกับความหลากหลายของชนิดป่าบริเวณสวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ดุสิต มานะจุติ, บุญวาทย์ ลำเพาพงศ์ และ จรูญ สุขเกษม. 2528. **การศึกษาคุณสมบัติของดินที่ใช้ปลูกกาแฟในภาคเหนือของประเทศไทย.** ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

ดวงพร วิฐรจิตต์. 2548. **สมบัติทางเคมีและแร่วิทยาของศิลาแลง และศิลาแลงอ่อนบางชนิดที่พบในประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นิวัติ อนงค์รักษ์. 2532. **การกำเนิดของดินบนที่สูงที่เกิดจากหินแกรนิตในภาคเหนือตอนบนของประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

_____. 2546. **ลำดับดินบนพื้นที่สูง ที่ได้รับอิทธิพลจากการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปก-คลุมดินในบริเวณดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นงคราญ กาญจนประเสริฐ. 2529. **การศึกษาลักษณะวินิจฉัยที่สำคัญในพัฒนาการของดินและศักยภาพของดินอันดับแอลฟิซอลส์และอินเซปติซอลส์บริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์, เอิบ เขียวรื่นรมณ์ และอัญชลี สุทธิประการ. 2550. สมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินที่สูงในบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์, น. 104-112. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการของมหาวิยาลัยแม่โจ้ ประจำปี 2550 (สาขาเกษตรศาสตร์)**. มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

ผจงจิตต์ ศรีสุข. 2545. **สมรรถนะควาแมอุดมสมบูรณ์ของดินศิลาแลงในเขตชายฝั่งทะเลตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิเชษฐ ไชยพานิชย์. 2531. **การกำเนิด การแจกกระจาย และธรณีสัณฐานวิทยาของดินอันดับเวอร์ติซอลส์ ในบริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษรศาสตร์.

_____, ดารุณี โกศัยเสวี และ ยุทธกร ธรรมศิริ. 2544. **การใช้ระบบจำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน (FCC) เพื่อศึกษาความเหมาะสมของดินปลูกยาง ในภาคตะวันออก. ศูนย์วิจัยยางฉะเชิงเทรา จ.ฉะเชิงเทรา.** แหล่งที่มา: http://www.rubberthai.com/research/year/42/1.html, 3 พฤษภาคม 2549.

พิชัย สุริยะสุขประดิษฐ์. 2542. **ลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยา และความสัมพันธ์ของการดูดซับฟอสเฟตกับสมบัติบางประการของดินในบริเวณเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์.** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิบูลย์ กังแฮ. 2526. **การศึกษาลักษณะ และความเหมาะสมต่อการปลูกพืชของดินไหล่เขาบางชนิดในภาคเหนือของประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2549. **เอกสารประกอบการเรียนวิชาดินที่สูง.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พรเทพ ศรีศุข. 2541. **ลักษณะของดินที่สูงบริเวณลุ่มน้ำแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรทิวา กัญยวงศ์หา. 2532. **การกำเนิด และสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินกรดจัดในบริเวณที่ราบลุ่มภาคกลางของประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พรพนา เหล่าสุวรรณ์. 2546. **ลักษณะและสมบัติของศิลาแลง และดินศิลาแลงบางชนิดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิสุทธิ์ วิจารสรณ์. 2518. คู่มือการทำคำบรรยายหน้าตัดดิน. *ใน* **เอกสารวิชาการเล่มที่ 21**. กองสำรวจดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ไพบูลย์ ประพฤติธรรม. 2528. **เคมีของดิน**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

_____. 2543. การใช้ที่ดินให้ถูกต้องและเป็นธรรม แก้ปัญหาเศรษฐสังคม และสิ่งแวดล้อมของประเทศได้. *ใน* **สัมมนาเรื่อง การศึกษาวิจัยการเปลี่ยนแปลงของโลก: บทบาทของประเทศไทยในความร่วมมือเพื่อการวิจัยในโครงการ IGBP ระหว่างวันที่ 7-8 กันยายน 2543.** สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

ไพบูลย์ วิวัฒน์วงศ์วนา. 2546. **เคมีดิน**. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มณฑล จำเริญพฤกษ์พิลึก. 2535. ระบบวนเกษตรบนที่สูง. น.106-125. *ใน* **การพัฒนาป่าไม้ในสูง**. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร KUFF/LAO/SIDA Highland Forest Development. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มรกต ทัพพะกุล ณ อยุธยา. 2532. **จุลสัณฐานวิทยาของดิน.** กองวิเคราะห์ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ราชบัณฑิตสถาน. 2523. **พจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์ อังกฤษ-ไทย ฉบับราชบัณฑิตสถาน เล่ม 2**. พิมพ์ครั้งที่ 3, หจก นนทชัย, กรุงเทพฯ.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. **แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการ : การวิเคราะห์ดินและพืช.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธีราวุธ น้อยนะวะกุล. 2530. บทบาทของภูเขาต่อการเป็นแหล่งทรัพยากรธรรมชาติ, น. 2-33. *ใน* **สัมมนาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและการจัดการลุ่มน้ำเรื่องหลักการและแนวทางการอนุรักษ์ภูเขาเพื่อเป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร พ.ศ. 2530**. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศสาตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วรพันธ์ เกียรติชิมกุล. 2531. **การศึกษาคุณสมบัติและการกำเนิดของดินสีแดงและดินสีเหลืองในภาคตะวันตกของประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิชา นิยม. 2530. สภาพภูมิประเทศและสภาพภูมิอากาศบนที่สูง, น. 3-16. *ใน* **สัมมนาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและการจัดการลุ่มน้ำเรื่องหลักการ และแนวทางการอนุรักษ์ภูเขาเพื่อเป็นแหล่งต้นน้ำลำธาร พ.ศ. 2530**. ภาควิชาอนุรักษวิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วิโรจ อิ่มพิทักษ์. 2531. **การจัดการดิน เล่ม 1 และ 2.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิภาวรรณ ท้ายเมือง. 2544. **การศึกษารอยพิมพ์ประจุของดิน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วีรศักดิ์ อุดมโชค. 2526. สมบัติทางกายภาพของดินเพื่อพัฒนาแหล่งน้ำตามธรรมชาติ: แนวทางการจัดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำสำหรับประเทศไทย, น. 1-13. *ใน* **รายงานการสัมมนาเรื่องการจัดการลุ่มน้ำ ครั้งที่ 1, 4-6 พฤศจิกายน 2526**. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมเจตน์ จันทวัฒน์. 2532. **การอนุรักษ์ดินและน้ำ, เล่ม 1.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมใจ เชนยพาณิชย์. 2545. **ดินศิลาแลงภายใต้สภาพการปลูกยางพาราและไม้ผลบางชนิดในภาคใต้ของประเทศไทย**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุนันท์ คุณาภรณ์ และ เล็ก มอญเจริญ. 2530. **การศึกษาลักษณะ และการกำเนิดดินชนิดต่างๆ ในเขานิเวศพันธุ์ไม้ ดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่.** เอกสารวิชาการฉบับที่ 66. กองสำรวจและจำแนกดิน กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ

สุทธิ จันทบูรณ์. 2527. **การเกษตรแบบตัดฟันโค่นผาบนพื้นที่สูง: วิทยาการพื้นบ้านการเลือกพื้นที่.** ข่าวสารศูนย์วิจัยชาวเขา ปีที่ 8 ฉบับที่ 1:23-33.

สุรนันท์ สุภัทรพันธ์. 2535. การปลูกไม้ผลบนที่สูง. น.148-177. *ใน* **การพัฒนาป่าไม้ในที่สูง**. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร KUFF/LAO/SIDA Highland Forest Development. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบเกษตรในเขตวิกฤต. 2546. **รายงานสภาพอากาศประจำปี 2544 บริเวณสถานีวิจัยในสังกัดสถาบันค้นคว้าและพัฒนาระบบเกษตรในเขตวิกฤต.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สถิระ อุดมศรี. 2547. สถานะทรัพยากรที่ดินในประเทศไทย. *ใน* **เอกสารประกอบการบรรยายพิเศษ ประกอบรายวิชาดินของประเทศไทย (028443) วันศุกร์ ที่ 6 สิงหาคม 2547.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

สากล สถิตวิทยานันท์. 2538. **การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดินและธรณีสัณฐานและการประเมินสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินที่เกิดจากภูเขาไฟ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เสวียน เปรมประสิทธิ์. 2538. **การศึกษาเชิงนิเวศวิทยาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างสังคมพืชในป่าเต็งรังกับคุณสมบัติของดิน บริเวณอุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์ จังหวัดเชียงใหม่.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อัญชลี สุทธิประการ. 2534. **แร่ในดิน เล่ม 1 และ 2**. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อภิสิทธิ์ เอี่ยมหน่อ. 2526. การจำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน. **วารสารดินและปุ๋ย** 5:156-196.

_____. 2527. **การกำเนิดและการจำแนกดิน.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น. 2543. **ดินเขตร้อน.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

อภิศักดิ์ โพธิ์ปั้น. 2541. **ธรณีวิทยาประเทศไทย.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระ-จอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร.

อรดี สหวัชรินทร์. 2535. ไม้ดอกเมืองหนาว. น.194-208. *ใน* **การพัฒนาป่าไม้ในที่สูง**. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร KUFF/LAO/SIDA Highland Forest Development. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อิสรา สุขสถาน. 2535. การผลิตพืชไร่บนที่สูง. น.126-173. *ใน* **การพัฒนาป่าไม้ในที่สูง**. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร KUFF/LAO/SIDA Highland Forest Development. ศูนย์วิจัยป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2534. **ดินของประเทศไทย.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2542ก. **การสำรวจดิน: มโนทัศน์ หลักการและเทคนิค.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

_____. 2542ข. **คู่มือปฏิบัติการ การสำรวจดิน.** ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Adam, W.A. 1973. The effect of organic matter on the bulk and true densities of some uncultivated Podzolic Soils. **Soil Sci. J**. 24:10-17.

Allen, C.E., R.G. Darmody, C.E. Thorn, J.C. Dixon and P. Schlyter. 2001. Clay mineralogy, chemical weathering and landscape evolution in Arctic-Alpine Sweden. **Geoderma** 99: 277-294.

Allison I.S. and D.F. Palmer. 1980. **Geology**. 7th edition. Mc Graw-Hall Inc., New York.

Astier, M., J.M. Mass, J.D. Etchevers-Barra, JJ. Pena and F. de Leon. Gonzalez. 2006. Short-term green manure and tillage management effects on maized yield and soil quality in an Andisol. **Soil Tillage Res**. 88: 153-159.

Baize, D. 1993. **Soil Science Analysis: A Guide to Current Use**. John Wiley and Sons, Ltd., England.

Bloom, P.R. 2000. Soil pH and pH Buffering, pp. B333-B352. *In* M.E. Sumner, ed. **Handbook of Soil Science**. CRC Press LLC.

Bloom, P.R. and D.F. Grigal. 1985. Modeling soil response to acidic deposition in non-sulfate adsorbing soils. **J. Environ. Qual**. 14: 481-495.

Brady, N.C. and R.R. Weil. 2002. **The Nature and Properties of Soils.** 13th ed. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, USA.

Blake, G.R. and K.H. Hartge. 1986. Bulk density, pp. 363-382. *In* A. Klute, ed. **Methods of Soil Analysis. Part I.** 2nd ed. Amer. Soc. Of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.

Brindley, G.W. and G. Brown. 1980. X-ray diffraction procedures for clay mineral identification, pp. 305-359. *In* G.W. Brindley and G. Brown, eds. **Crystal Structure of Clay Minerals and Their X-ray Identification.** Mineralogical Society Monograph. No. 5. Spottiswoode Ballantyne Ltd., London.

Brikeland, P.W. 1974. **Pedology, Weathering and Geomorphological Research.** Oxford Univ. Press, New York.

Brong, A., P. Wichmann and J. Ensling, 2000. Over-estimation of efficiency of weathering in tropical "Red Soils": its importance for geoecological problems. **Catena** 41: 181-179.

Bullock, P., N. Fedoroff, A. Jongerius, G. Stoops, T. Turisna, U. Bablel, J. Agrilar, H.J. Altemuller, E.A. Fitzpatrick, S.T. Kowalinski, G.K. Rutherford and E.A. Yarilova. 1985. **Handbook for Thin Section Description.** Waine Research, Albrighton, United Kingdom.

Buol, S.W. 1987. Fertility capability classification system and its utilization, pp. 317-331. *In* **Soil Management under Humid Conditions in Asia (ASIALAND).** IBSRAM Proceedings No. 5, Bangkok.

Buol, S.W., P.A. Sanchez and G.S. Buol. 1988. **FCC-Draft for editing: English, Spanish, Frence, Portugess (A microcomputerized FCC program basic language).**

_____, R.J. Southard, R.C. Graham and P.A. McDaniel. 2003. **Soil Genesis and Classification.** 5th eds. Iowa State Press. A Blackwell Pub Co., Ames.

Butzer, K.W. 1976. **Geomorphology from the Earth.** Harper and Row Publishers, New York.

Calvert, C.S., S.W. Buol and S.B. Weed. 1980. Mineralogical characteristics and transformation of a vertical rock saprolite-soil sequence in the North Carolina piedmont. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.** 44:1096-1103.

Coleman, N.T. and G.W. Thomas. 1964. Buffer curves of acid clay as affected by the presence of ferric iron and aluminum. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** 28: 187-190

Coleman, N.T. 1967. The basic chemical of soil acidity, pp. 1-41. *In* R.W. Pearson and F. Adams eds. **Soil Acidity and Liming.** Agron. Monograph 12: Am. Agron., Madison, Wisconsin.

Couto, W. 1988. The fertility capability classification system, pp. 207-213. *In* **First Training Workshop on Site Selection and Characterization.** IBSRAM Technical Notes No. 1, Bangkok.

Chapman, N. 1965. Cation exchange capacity, pp. 891-901. *In* C.A. Black, ed**. Methods of Soil Amalysis. Part II.** Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron., Madison, Wisconsin, USA.

Churchman, G.J. 2000. The Alteration and formation of soil minerals by weathering, pp. F3-F76. *In* M.E. Sumner, ed. **Handbook of Soil Science**. CRC Press LLC.

Culley, J.L.B. 1993. Density and Compressibility, pp. 529-540. *In* M.R. Carter (ed.). **Soil Sampling and Methods of Analysis.** Canadian Society of soil Science, Lewis publishers, Boca Raton , FL.

Currie, W.S. and J.D. Aber. 1997. Modeling leaching as a decomposition process in humid montane forest. **Ecology** 78 (6): 1844-1860.

Czepinska-Kaminska, D., K. Konecka-Bettey and E. Janowska. 2003. **The Dynamics of Exchangeable Cations in the Environment of Soils at Kampinoski National Park**. Article in Press. Chemosphere.

Davis, S.N., Ph. H. Reitan and R. Pestrong. 1976. **Geology Our Physical Environment**. McGraw-Hill Inc., New York.

Day, P.R. 1965. Particle fractionation and particle size analysis, pp. 545-567. *In* C.A. Black ed. **Methods of Soil Analysis. Part I**. Agronomy, No.9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

Dudal, R. and F.R. Moormann. 1964. Major soils of Southeast Asia. **The J. of Tropical Geography** 18: 54-80.

Eiumnoh, A. 1984. Application of soil taxonomy to fertility capability classification of problem soils in the S.E. Coast of Thailand, pp. 169-190. *In* **Ecology and Management of Problem Soils in Asia. FFTC Book Series No. 27.** Taipei, Taiwan.

Faithfull, N.T. 2002. **Methods in Agricultural Chemical Analysis.** CAB International, Wallingford, UK.

Fanning, D.S. and M.C.B. Fanning. 1989. **Soil Morphology, Genesis and Classification.** John Wiley and Sons, Inc., New York.

Fitzpatrick, E.A. 1986. **Soils, Their Formation, Classication and Distribution.** Longman Inc., New York.

Gebhardt, H. and N.T. Coleman. 1974. Anion adsorption by allophonic tropical soils: II. sulfate adsorption. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.** 38: 259–262.

Goldberg, S. and H.S. Foster. 1990. Flocculation of reference clays and arid-zone soil clay. **Soil Sci. Soc. Am. J.** 54: 714-718.

Goss, D.W. and B.L. Allew. 1968. A genetic study of two soils developed on granite in Liano Country, Texas. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc**. 32: 409-413.

Gibson, J. D., S.L. Collins and R.E. Good. 1988. Ecosystem fragmentation of oak–pine forest in the New Jersey pineland. **Forest Ecology and Management** 25: 105-122.

Gidden, J., H.F. Perkins and R.L. Carter. 1960. Soil of georgia. **Soil Sci**. 89: 229-238.

Gilkes R.J. and A. Suddhiprakarn. 1979. Biotite alteration in deeply weathered granite. II. The oriented growth of secondary minerals. **Clays Clay Miner**. 27: 361-367.

Goudic, A. 1973. **Duricrust in Tropical and Subtropical Landscapes**. Oxford University Press, London.

Greenland, D.J. and J.M.L. Kowel. 1960. Nutrient content of the most tropical forest of Ghana. **Plant and Soil** 12: 154-174.

Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and W.L. Nelson. 2005. **Soil Fertility and Fertilizer: an Introduction to Nutrient Management.** 7th ed., Prince-Hall Inc., Upper Saddle River, New Jersey.

Hendricks, C.A. 1981. Soil-vegetation relations in the north continental highland region of Thailand: A preliminary investigation of soil-vegetation correlation. **Soil Surv. Rept. Tech. Bull.** 32: 1-112.

Hillel, D. 1998. **Environment Soil Physics**. Academic Press, San Diego, U.S.A.

Hodges, S.C. and L.W. Zelazny. 1980. Determination of noncrystalline soil components by weight difference after selective dissolution. **Clays Clay Minerals** 28: 35-42.

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

Jackson, M.L. 1965. **Soil Chemistry Analysis.** Advanced Courses. Dept. of Soils, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin.

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

Jianfei, C., Z. Hejian and V. Ranst. 1999. Clay mineralogy a soil toposequence on granite in Meihua Mountain Reservation, China, pp 510-519. *In* **Proc. of the 10th Int. Clay Conf. CSIRO Publ**, Melbourne.

Juma, N.G. 2001. **The Pedosphere and Its Dynamics: : A Systems Approach to Soil Science**. Salman Productions Inc., Edmonton, Alberta, Canada.

Kaiser, K. and G. Guggenberger. 2003. Mineral surfaces and soil organic matter. **Eur. J. Soil Sci.** 54: 219 – 236.

Kang, B.T. G.F. Wilson, and L. Sipkens. 1981. Alley cropping mize and leucaena in Southern Nigeria. **Plant Soil** 63:165.

Kheoruenromne, I. 1989. The fertility capability soil classification system: applications and interpretation for crop production planning, pp. 235-249. *In* **Asialand Workshop on the Establishment of Soil Management Experiments on Sloping Lands.** IBSRAM Technical Notes No. 3, Bangkok. pp. F19-F19.16.

Kheoruenromne, I., A. Suddhiprakarn and P. Kanghae. 1998. Properties, environment and fertility capability of sandy soils in Northeast Plateau, Thailand. **Kasetsart Journal (Nat. Sci. )**. 32 : 355-373.

Kheoruenromne, I., S. Ratanasophon and N. Sighabootra. 1991. **Description of Soil in Khao Kho Denuded Forest Lands Petchabun Province**. Kasetsart University, Bangkok, Thailand.

Kilmer, V.J. and L.T. Alexander. 1949. Method of making mechanical analysis of soils. **Soil Sci.** 68: 15-24.

Klute, A. 1965. Laboratory measurement of hydraulic conductivity of saturated soil, pp. 210-220. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis. Part I**. Agronomy, No. 9. Amer. Soc. Agron., Madison, Wisconsin, USA.

Klankamsorn., B. and T. Charuppat. 1980. **Application of Remote Sensing in Forest Landuse Planning.** Bangkok : Royal Forest Department, Ministry of Agriculture and Cooperatives. (Mimeographed)

Kononova, M.M. 1966. **Soil Organic Matter**. Pergamon Press, New York.

Koppi, A.J. 1981. A soil toposequence on Bunya Phyllite in Brisbane. **Aust. J. Soil Res.** 19: 1-11.

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

Legro, J.P. and G. Pedro. 1985. The causes of particle-size distribution in soil profiles derived from crystalline rocks, France. **Geoderma** 36: 15-25.

MacKenzie, W.S., C.H. Donaldson and C. Guilford. 1982. **Atlas of Igneous Rocks and Their Textures.** Longman Group Ltd., London.

MacRae, R.J. and G.R. Mehuys. 1985. The effect of green manuring on the physical properties of temperate-area soils. **Adv. Soil Sci**. 3: 71-94.

Manndal, U.K., G. Singh, U.S. Victor and K.L. Sharma. 2003. Green manuring: its effect on soil properties and crop growth under rice-wheat cropping system. **Europ. J. Agron**. 19: 225-237.

Marshall, T.J. and J.W. Holmes. 1979. **Soil Physics**. Cambridge University Press, London.

McCaleb, S.B. 1959. The genesis of the red-yellow podzolic soils. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc**. 23:164-168.

McKeague, J.A. 1967. An evaluation of 0.1 M pyrophosphate and pyrophosphate-dithionite in comparision with oxalate as extractants of the accumulation products in podzols and some other soils. **Can. J. Soil Sci.** 46: 13-22.

McKeague, J.A. and J.H. Day. 1996. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. **Can. J. Soil Sci.** 46: 13-22.

Mehra, O.P. and M.L. Jackson. 1960. Iron oxide removal from soils and clays in a dithionite-citrate-bicarbonate system buffered with sodium. **Clays Clay Miner.** 7: 317-327.

Mengesha, Y.G.S. 2004. **Modeling of Nitrogen and Phosphorus Fertilizer Recommendations for Maize (Zea Mays L.) Grown on Alfisols of Northwestern Ethiopia**. Ph.D. dissertation, Kasetsart University.

Miller, D.C. and P.W. Birkeland. 1992. Soil catena variation along an alpine climatic transect, northern Peruvian Andes. **Geoderma** 55: 211-223.

National Soil Survey Center. 1996. **Soil Survey Laboratory Method Manual.** Soil Survey Investigation. Report No. 42, Version 3.0 National Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture.

Norfleet, M.L., A.D. Karathanasis and B.R. Smith. 1993. Soil solution composition relative to mineral distribution in Blue Ridge Mountain soils. **Soil Sci. Soc. Amer. J**. 57: 1375-1380.

Nwadialo, B.E. and D.A. Lietzke. 1989. Mineralogy and weathering of soils in the Tennesse Copper Basin. **Soil Sci.** 147: 162-173.

Oilier, C.D. 1969. **Weathering**. Oliver and Boyd. Edinburgh.

Ojima, D. S., K.A. Galvin and B.L. Turner II. 1994. The global impact of land-use change. **BioScience** 44: 300-304.

Olson, R.V. and Jr.E. Roscoe. 1982. Iron, pp. 301-312. *In* C.A. Black (ed.). **Methods of Soil Analysis. Part II.** Agronomy No. 9. Amer. Soc. Of Agron. Inc., Madison, Wisconsin, USA.

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

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

Oughton, G.A. 1972. **Proposal for a Highland Zonal Development Project**. Chiang Mai, Thailand: Tribal Research Centre.

Ovalles, F.A. and M.E. Collins. 1986. Soil-landscape relationships and soil variability in North Central Florida. **Soil Sci. Soc. Amer. J.** 50: 401-408.

Owens, L.B. and J.P. Watson. 1979. Rate of weathering and soil formation on granite in Rhodesia. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc**. 43:160-166.

Peech, M. 1945. Determinations of exchangeable cations and exchange capacity of soils rapid micromethods utilizing centrifuge and spectrophotometer. **Soil Sci.** 59: 25-28.

Petterssen, S. 1941. **Introduction to Meteorology**. McGraw-Hill, New York.

Pinthong, J., T. Kunaporn, T. Klodpeng, N. Anongrak, A. Ramlee and S. Tuntikiat. 1994**. Vetiver Grass as Hedges Against Soil Erosion in the Shifting Cultivation Area of Northern**

**Thailand.** Final Report Submitted to Forestry Research Support Programme for Asia and Pacific.

Pratt, P.E. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. *In* C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis. Part II**. Agronomy No. 9. Amer. Soc. of Agron., Madison, Wisconsin, USA.

Richards, I.B. 1977. Chlorites and Hydroxy Interlayered Vermiculite and Smectite, pp. 331-356. *In* : J. B. Dixon et. al. (eds.), **Minerals in Soil Environments**. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA.

Richards, L.A.(ed.). 1954. **Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. U.S. salinity Laboratory**, U.S. Dept. Agr. Hbk. 60.

Samrit, B., I. Kheoruenromne, A. Suddhiprakarn. 2007. Properties and agricultural potential of highland soils in Khao Kho area, Phetchabun Province, p.252. *In* **The 33rd Congress on Science and Technology of Thailand. Science and Technology for Global Sustainability**. Walailuk University, Nakhon Si Thammarat, Thailand.

Sanchez, P.A. 1976. **Properties and Management of Soil in the Tropics.** John Wiley and Son, Inc., New York.

_____, W. Cauto and S.W. Buol. 1982. The fertility capability soil classification system: interpretation, applicability and modification. **Geoderma** 27: 283-309

_____, J.H. Villachica and D.E. Bandy. 1983. Soil fertility dynamics after cleaning a tropical rainforest in Peru. **Soil Sci. Soc. Amer. J**. 47:1171-1178.

_____, C.A. Palm and S.W. Buol. 2003. Fertility capability soil classification : a tool to help assess soil quality in the tropics. **Geoderma** 114: 157-185.

Sangakkara, U.R., M. Liedgens, A. Soldati and P. Stamp. 2004. Root and shoot growth of maize (*Zea mays*) as affected by incorporation of *Crotalaria juncea and Tithonia diversifolia* as green manures**. J. Agron. Crop Sci**. 190: 339-346.

Saunders, D. A., R. J. Hobbs and C. R. Margules. 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. **Conservation Biology** 5: 18-32.

Shelley, D. 1985. **Optical Mineralogy.** 2nd ed. Elsevier Sci. Publ. Co., Inc., New York.

Siebert, S. F. 1987. Land use intensification in tropical uplands: effects on vegetation, soil fertility and erosion. **Forest Ecology and Management** 21: 37-56.

Singh, G., S.K. Jalota and Y. Singh. 2006. Manuring and residure management effects on physical properties of a soil under the rice wheat system in Punjab, India. **Soil Tillage Res**. (in press).

Soil Survey Division Staff. 1993. **Soil Survey Manual.** Handbook No. 18. United States Dept. of Agr. United States Government Printing Office, Washington, D.C.

Soil Survey Staff. 2006. **Key to Soil Taxonomy**, 10th ed. Natural Resources Conservation Service. United States Department of Agriculture, Washington, D.C.

Stobbe, P.C. and J.R. Wrigh. 1959. Modern concepts of the genesis of Podzols. **Soil Sci. Soc. Amer. Proc.** 23:161-164.

Suddhiprakarn, A. 1978. **Mineral Alteration During Granite Weathering**. Ph.D. Thesis, University of Western Australia.

Thompson, L.M. and F.R. Troeh. 1978. **Soil and Soil Fertility**. 4th ed. McGraw-Hill Inc., New York.

Thomus, G.W. 1982. Exchange cations, pp. 159-165. *In* A.L. Page ed. **Methods of Soil Analysis. Part II.** 2nd ed., Amer. Soc. of Agron., Inc., Madison, USA.

Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1975. **Soils Fertility and Fertilizers**. Macmillan Publ, New York.

Vacca, A., P. Adamo, M. Pigna and P. Violante. 2003. Genesis of tephraderived soils from the Roccamonfina Volcano, South Central Italy. **Soil Sci. Am. J**. 67, 198-207.

Van Raij, B. and M. Peech. 1972. Electrochemical properties of some Oxisols and Alfisols of the tropics**. Soil Sci. Soc. Am. J.** 36: 587-593

Virgo, K.J. and D.A. Holmes. 1977. Soils 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 and a proposed modification of the chroma acid titration method. **Soil Sci.** 37: 29-35.

Whalen, J.K., C. Chang, G.W. Clay, G.W. Clayton and J.P. Carefoot. 2000. Cattle manure amendments can increase the pH of acid soils. **Soil Sci. Am.J.** 64: 962-966.

Whittig, L.D. 1965. X-ray diffraction technique for minerals identification and mineralogical composition, pp. 671-698. In C.A. Black, ed. **Methods of Soil Analysis. Part II.** Monograph No. 9. American Society of Agronomy Inc., Madison, Wiscocsin.

Yemefack, M. 1995. **Fertility of Tropical Forest Soils in Relation to Physiography, Parent Material and Alternative Land-use.** M.S. thesis, ITC.

Yamoah, C.F., Burleigh, J.R. and Malcolm, M.R. 1990. Application of expert systems to study of acid soils in Rwanda. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 30: 203-218.

Young, A. 1976. **Tropical soils and Soil Survey**. Cambridge Univ. Press, London.

Yu Tian-Ren and Zhang Xiao-Nian. 1986. Physico-chemical properties of red soils of China, pp. 409-441. *In* **Institute of Soil Science**, **Acdemia Sinica** (ed.). Proceedings of the International Symposium on red soil. Sci. Press, Beijing, China.

# ภาคผนวก

## คำอธิบายหน้าตัดดิน (Soil profile description)

### Pedon 1

**I Information on the site**

| | | |
|---|---|---|
| Profile symbol | : | Pedon 1 |
| Soil name | : | Khao Kho series 1 |
| Classification | : | Typic Paleudult, very fine, kaolinitic, isohyperthermic |
| Date of examination | : | October 8, 2006 |
| Described by | : | Irb Kheoruenromne, Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Bhannapitch Samrit, Worachart Wisawapipat and Natthapol Chittamart |
| Location | : | Ban Petch Chouy, Tambon Rim Si Muong, Amphoe Khao Kho, Changwat Phetchabun. |
| Elevation | : | Approximately 794 m (MSL) |
| Map sheet number | : | 5242III Coordination : 47 267414$^{E}$, 18 55617$^{N}$ |

Landform

| | | |
|---|---|---|
| 1. Physiographic position | : | Lower backslope on highland hilly areas |
| 2. Surrounding land form | : | Hilly |
| 3. Slope on which profile site | : | 28% Aspect : 215 Azimuth |
| Land use | : | Mixed cropping of para rubber and upland rice |
| Annual rainfall | : | Approximately 1,787.6 mm |
| Mean temperature | : | Approximately 28.0$^{o}$C |
| Climate | : | Semi-humid subtropical |
| Other | : | Agricultural, Bamboo sp., Banana |

**II General information on the soil**

| | | |
|---|---|---|
| Parent material | : | Residuum derived from weathered rhyolitic tuff |
| Drainage | : | Well drained |
| Permeability | : | Moderate |
| Runoff | : | Moderately rapid |
| Depth of groundwater | : | Deeper than 200 cm at time of sampling |

**III Profile description**

| Horizon | Depth (cm) | Description |
|---|---|---|
| Ap | 0-30/40 | Dark brown (7.5YR 3/3); clay; strong fine and medium subangular blocky structure; hard dry, firm moist, very sticky and very plastic; few faint clay coats on ped faces; common very fine, fine and medium vesicular pores; many very fine, fine and medium roots, few coarse roots; few very fine weathered rock fragments common fine cracks; common traces of dead roots, few surface cracks; moderately acid (field pH 6.0); clear and wavy boundary to Bt1. |
| Bt1 | 40-61 | Yellowish red (5YR 4/6); clay; strong fine and medium subangular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls; few very fine, common fine vesicular and few fine simple tubular pores; common very fine, fine and medium roots; few fine charcoal fragments and few fine cracks; few traces of dead roots; strongly acid (field pH 5.5); gradual and smooth boundary to Bt2. |
| Bt2 | 61-81 | Yellowish red (5YR 5/6); clay; strong fine and medium subangular blocky structure; hard dry, very firm moist, moderately sticky and very |

| | | |
|---|---|---|
| | | plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls; common very fine, few fine vesicular and few fine simple tubular pores; common very fine and fine roots; common fine cracks; common traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); clear and smooth boundary to Bt3. |
| Bt3 | 81-103 | Mixed yellowish brown (5YR 5/6) 90 %, brownish yellow (10YR 6/6) 7% and red (2.5YR 4/6) 3%; clay; strong fine and medium semi-angular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls; few very fine and fine vesicular and fine simple tubular pores; few very fine and fine roots; common fine cracks; few traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); gradual and smooth boundary to Bt4. |
| Bt4 | 103-131 | Mixed yellowish red (5YR 4/6) 90%, brownish yellow (10YR 6/6) 7% and red (2.5YR 5/6) 3%; clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls; common very fine, few fine vesicular and fine simple tubular pores; few very fine and fine roots; common fine cracks; few iron-manganease oxide nodules, few traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); gradual and smooth boundary to Bt5. |
| Bt5 | 131-154 | Mixed red (2.5YR 4/6) 70%, brownish yellow (10YR 6/6) 30%; clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls; few very fine, fine vesicular and fine simple and dendritic tubular pores; few very fine and fine roots; common fine cracks and accumulations of fecal pellets; few iron-manganease oxide soft accumulations and few traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); clear and smooth boundary to Bt6. |
| Bt6 | 154-179 | Mixed red (2.5YR 4/8) 80%, very pale brown (10YR 7/4) 20%; clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls; common very fine, fine vesicular and few fine simple dendritic tubular pores; few very fine and fine roots; common fine cracks and accumulations of fecal pellets; spot accumulations of white clayey materials; moderately acid (field pH 6.0); gradual and smooth boundary to Bt7. |
| Bt7 | 179-200+ | Mixed red (2.5YR 4/8) 80% and very pale brown (10YR 7/4) 20%; clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls; common very fine and fine vesicular and fine simple and dendritic tubular pores; few very fine and fine roots; common fine cracks and accumulations of fecal pellets; spot accumulations of white clayey materials and few traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0). |

**Pedon 2**

## I Information on the site

| | | |
|---|---|---|
| Profile symbol | : | Pedon 2 |
| Soil name | : | Khao Kho series 2 |
| Classification | : | Typic Paleudult, fine, kaolinitic, isohyperthermic |
| Date of examination | : | October 7, 2006 |
| Described by | : | Irb Kheoruenromne, Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Bhannapitch Samrit, Worachart Wisawapipat and Natthapol Chittamart |
| Location | : | Agroforestry Plot Tambon Khao Kho, Amphoe Khao Kho, Changwat Phetchabun. |
| Elevation | : | Approximately 783 m (MSL) |
| Map sheet number | : | 5142II Coordination : 47 0709924$^{E}$, 18 35326$^{N}$ |

Landform

| | | |
|---|---|---|
| 1. Physiographic position | : | Upper footslope |
| 2. Surrounding land form | : | Undulating |
| 3. Slope on which profile site | : | 4 % Aspect : 190 Azimuth |
| Land use | : | Mixed cropping of coffees and everygreen tree species |
| Annual rainfall | : | Approximately 1,787.6 mm |
| Mean temperature | : | Approximately 28.0$^{o}$C |
| Climate | : | Semi-humid subtropical |
| Other | : | Agricultural |

## II General information on the soil

| | | |
|---|---|---|
| Parent material | : | Residuum derived from weathered rhyolitic tuff |
| Drainage | : | Well drained |
| Permeability | : | Moderate |
| Runoff | : | Moderate |
| Depth of groundwater | : | Deeper than 200 cm at time of sampling |

## III Profile description

| Horizon | Depth (cm) | Description |
|---|---|---|
| Ap | 0-20 | Mixed brown (7.5YR 4/4) 95% and reddish yellow (5YR 6/6) 5%; fine sandy clay loam; strong fine and medium subangular blocky structure; hard dry, firm moist, slightly sticky and moderately plastic; few very fine, fine and common medium and large vesicular pores; many very fine, fine and common medium and coarse roots; common traces of dead roots; few fine variegaled sands; slightly acid (field pH 6.5); clear and smooth boundary to AB. |
| AB | 20-46/51 | Reddish brown (5YR 4/4); fine sandy clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; few faint clay coats on ped faces and pores walls; common very fine, fine and few medium vesicular and few fine simple tubular pores; common fine and medium roots; common dark spots of Ap materials; common traces of dead roots; slightly acid (field pH 6.5); clear and wavy boundary to Bt1. |
| Bt1 | 51-72 | Yellowish red (5YR 5/8); clay loam; moderate fine and medium angular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; few faint clay coats on ped faces and pore walls; |

| | | |
|---|---|---|
| | | common very fine, fine vesicular and few fine simple tubular pores; common fine, medium and coarse roots; few traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); gradual and smooth boundary to Bt2. |
| Bt2 | 72-102 | Mixed yellowish red (5YR 5/8) 90%, yellow (10YR 7/8) 5% and red (2.5YR 4/6) 5%; clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderate plastic; few faint clay coats on ped faces and pore walls; common very fine and fine vesicular and few fine simple tubular pores; common fine, medium and few very fine roots; few traces of dead roots; strongly acid (field pH 5.5); gradual and smooth boundary to Bt3. |
| Bt3 | 102-130 | Yellowish red (5YR 5/8); clay; moderate fine and medium semi-angular blocky; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; few faint clay coats on ped faces and pore walls; common very fine and fine vesicular and few fine simple tubular pores; common fine and medium roots; few traces of dead roots; strongly acid (field pH 5.5); gradual and smooth boundary to Bt4. |
| Bt4 | 130-160 | Yellowish red (5YR 5/8); clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; very few faint clay coats on ped faces and pore walls; common very fine and fine vesicular and few fine simple tubular pores; common very fine, fine and medium roots; strongly acid (field pH 5.5); gradual and smooth boundary to Bt5. |
| Bt5 | 160-200+ | Yellowish red (5YR 5/8); clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; very few faint clay coats on ped faces and pore walls; common very fine and fine vesicular and few fine simple tubular pores; common fine and medium roots; strongly acid (field pH 5.5). |

**Pedon 3**

## I Information on the site

| | | |
|---|---|---|
| Profile symbol | : | Pedon 3 |
| Soil name | : | Khao Kho series 3 |
| Classification | : | Typic Paleudult, very fine, kaolinitic, isohyperthermic |
| Date of examination | : | October 8, 2006 |
| Described by | : | Irb Kheoruenromne, Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Bhannapitch Samrit, Worachart Wisawapipat and Natthapol Chittamart |
| Location | : | Land Development Department Station, Amphoe Khao Kho, Changwat Phetchabun. |
| Elevation | : | Approximately 942 m (MSL) |
| Map sheet number | : | 5142II Coordination : 47 0714965$^{E}$, 18 41039$^{N}$ |

Landform

| | | |
|---|---|---|
| 1. Physiographic position | : | Upper spur valley side slope on highland hilly areas |
| 2. Surrounding land form | : | Hilly |
| 3. Slope on which profile site | : | 7% Aspect : 155 Azimuth (South East) |
| Land use | : | Litchie terrace |
| Annual rainfall | : | Approximately 1,787.6 mm |
| Mean temperature | : | Approximately 28.0$^{o}$C |
| Climate | : | Semi-humid subtropical |
| Other | : | Agricultural |

## II General information on the soil

| | | |
|---|---|---|
| Parent material | : | Residuum derived from weathered andesitic tuff |
| Drainage | : | Well drained |
| Permeability | : | Moderate |
| Runoff | : | Moderate |
| Depth of groundwater | : | Deeper than 200 cm at time of sampling |

## III Profile description

| Horizon | Depth (cm) | Description |
|---|---|---|
| Ap | 0-10 | Brown (7.5YR 4/4); clay; strong fine and medium subangular blocky structure; very hard dry, very firm moist, moderately sticky and moderately plastic; few faint clay coats on ped faces and pore walls; common very fine, fine and medium vesicular and few fine simple tubular pores; many very fine and fine and few medium roots; common fine cracks; common traces of dead roots common deep but narrow surface cracks; slightly acid (field pH 6.5); clear and smooth boundary to Bt1. |
| Bt1 | 10-31 | Strong brown (7.5YR 4/6); clay; strong fine and medium subangular blocky structure; very hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls; common very fine, fine and few medium vesicular and few fine simple tubular pores; common very fine and fine roots; common fine cracks; common traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); gradual and smooth boundary to Bt2. |
| Bt2 | 31-56 | Mixed yellowish red (5YR 4/6) 95% and yellowish brown (10YR 5/4) 5%; clay; strong fine and medium subangular blocky structure; very hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; common faint clay |

| | | |
|---|---|---|
| | | coats on ped faces and pore walls; common very fine and fine and few medium vesicular and few fine simple tubular pores; common very fine and fine roots; common traces of dead roots; common fine cracks; strongly acid (field pH 5.5); clear and smooth boundary to Bt3. |
| Bt3 | 56-81 | Mixed yellowish red (5YR 5/6) 95% and yellowish brown (10YR 5/4) 5%; clay; strong fine and medium subangular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls; common very fine and fine and few medium vesicular and few fine simple tubular pores; few very fine and fine roots; common fine cracks; few fecal pellet accumulations; very strongly acid (field pH 5.0); clear and smooth boundary to Bt4. |
| Bt4 | 81-112 | Mixed yellowish red (5YR 5/6) 90 % and brownish yellow (10YR 6/6) 10%; clay; strong fine and medium subangular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls; common very fine and fine and few medium vesicular and few fine simple tubular pores; few very fine and fine roots; common fine cracks; very strongly acid (field pH 5.0); gradual and smooth boundary to Bt5. |
| Bt5 | 112-142 | Mixed yellowish red (5YR 5/6) 83%, very pale brown (10YR 7/4) 10%, brownish yellow (10YR 6/6) 5% and red (2.5YR 4/6) 2%; clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common distinct clay coats on ped faces and pore walls; common fine cracks; few very fine, fine and medium vesicular; very few, very fine and fine roots; very strongly acid (field pH 5.0); clear and smooth boundary to Bt6 |
| Bt6 | 142-175 | Mixed yellowish red (5YR 5/6) 75%, very pale brown (10YR 7/4) 20%, red (2.5YR 4/6) 3% and brownish yellow (10YR 6/6) 2%; clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common distinct clay coats on ped faces and pore walls; common fine cracks; common very fine, few fine medium vesicular and few fine simple tubular pores; practically no roots; very strongly acid (field pH 5.0); clear and smooth boundary to Bt7. |
| Bt7 | 175-200+ | Mixed yellowish red (5YR 4/6) 70%, very pale brown (10YR 7/4) 20%, red (2.5YR 4/6) 5% and brownish yellow (10YR 6/8) 5%; clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common distinct clay coats on ped faces and pore walls; common very fine, few fine and medium vesicular and few fine simple tubular pores; practically no roots; common fine cracks; moderately acid (field pH 6.0). |

**Pedon 4**

## I Information on the site

| | | |
|---|---|---|
| Profile symbol | : | Pedon 4 |
| Soil name | : | Khao Kho series 4 |
| Classification | : | Typic Paleudults, fine-loamy, mixed, active, isohyperthermic |
| Date of examination | : | October 8, 2006 |
| Described by | : | Irb Kheoruenromne, Somchai Anusontpornperm, Suphicha Thanachit, Bhannapitch Samrit, Worachart Wisawapipat and Natthapol Chittamart |
| Location | : | 12.6 Kilometer from Tambon Camp Son on Khao Kho-Camp Son Road Amphoe Khao Kho, Changwat Phetchabun. |
| Elevation | : | Approximately 800 m (MSL) |
| Map sheet number | : | 5242III Coordination : 47 0717060$^{E}$, 18 44995$^{N}$ |

Landform

| | | |
|---|---|---|
| 1. Physiographic position | : | Lower midslope on highland hilly areas |
| 2. Surrounding land form | : | Hilly |
| 3. Slope on which profile site | : | 7% Aspect : 235 Azimuth (West) |
| Land use | : | Upland rice left fallow at time of sampling under tall grasses |
| Annual rainfall | : | Approximately 1,787.6 mm |
| Mean temperature | : | Approximately 28.0$^{o}$C |
| Climate | : | Semi-humid subtropical |
| Other | : | Agricultural, Bana, Bamboo sp., local weeds |

## II General information on the soil

| | | |
|---|---|---|
| Parent material | : | Colluvium over residuum derived from rhyolitic tuff |
| Drainage | : | Well drained |
| Permeability | : | Moderate |
| Runoff | : | Moderate |
| Depth of groundwater | : | Deeper than 200 cm at time of sampling |

## III Profile description

| Horizon | Depth (cm) | Description |
|---|---|---|
| Ap1 | 0-25 | Brown (10YR 4/3); slightly gravelly sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common very fine and fine and few medium vesicular pores; many very fine, common fine, few medium and coarse roots; common traces of dead roots; few quartz fragments; neutral (field pH 7.0); gradual and smooth boundary to Ap2. |
| Ap2 | 25-45 | Brown (10YR 4/3); gravelly sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common very fine, fine and few medium vesicular pores; many very fine, common fine, few medium and coarse roots; common rock fragments and iron-manganease oxide nodules; neutral (field pH 7.0); clear and smooth boundary to AB. |
| AB | 45-60 | Mixed brown (10YR 4/3) 80% and brown (7.5YR 4/4) 20%; gravelly sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; few faint clay coats on pore walls mainly; common very fine and fine, few medium vesicular and few fine simple tubular pores; common very fine, fine and few medium roots; few fine cracks, few iron-manganease oxide nodules |

| | | |
|---|---|---|
| | | and rock fragments; common traces of dead roots; neutral (field pH 7.0); abrupt and smooth boundary to Btc. |
| Btc | 60-82 | Brown (10YR 5/4); gravelly sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; few faint clay coats on pore walls and ped faces; few fine cracks; common very fine and fine, few medium vesicular and few fine simple tubular pores; common very fine and fine roots; common iron-manganease oxide nodules (<0.5 cm) and rock fragments; few traces of dead roots; neutral (field pH 7.0); clear and smooth boundary to Bt1. |
| Bt1 | 82-100 | Mixed reddish yellow (5YR 6/6) 60%, pink (7.5YR 7/4) and red (2.5YR 4/6) 5%; slightly gravelly sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coats on pore walls and ped faces; few very fine and fine, common medium vesicular and few fine simple tubular pores; few very fine and fine roots; few rock fragments and iron-manganease oxide nodules; few traces of dead roots; strongly acid (field pH 5.5); clear and smooth boundary to 2Bt2. |
| 2Bt2 | 100-122 | Mixed strong brown (7.5YR 5/6) 90% and very pale brown (10YR 7/4) 10%; clay; strong fine and medium semi-angular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls; few very fine, fine, medium vesicular and fine simple tubular pores; few very fine and fine roots; few fine cracks; strongly acid (field pH 5.5); clear and smooth boundary to 2Bt3. |
| 2Bt3 | 122-146/150 | Mixed very pale brown (10YR 7/4) 70%, reddish yellow (7.5YR 6/6) 20%, yellowish brown (10YR 5/8) 5% and yellow (10YR 7/8) 5%; clay; moderate fine and medium angular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls; few very fine, fine, medium vesicular and fine simple tubular pores; few very fine and fine roots; few fine cracks; strongly acid (field pH 6.0); clear and smooth boundary to 2Crt1 |
| 2Crt1 | 150-180 | Mixed very dark grayish brown (10YR 3/2) 30%, light gray (10YR 7/2) 20%, yellowish brown (10YR 5/8) 25%, light yellowish brown (10YR 6/4) 10% and yellow (10YR 7/8) 5%; slightly gravelly sandy clay; moderate medium and coarse angular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; few faint clay coats on pore walls mainly; common very fine, few fine and medium vesicular and few fine simple tubular pores; very few, very fine and fine roots; few fine cracks; strongly acid (field pH 5.5); clear and smooth boundary to 2Crt2. |
| 2Crt2 | 180-200+ | Mixed very dark grayish brown (10YR 3/2) 65%, very pale brown (10YR 8/2) 20%, yellowish brown (10YR 5/8) 10% and yellow (10YR 7/8) 5%; slightly gravelly clay; moderate medium and coarse angular blocky structure; hard dry, firm moist, moderately sticky and moderately plastic; few faint clay coats on pore walls mainly; common very fine, few medium and coarse vesicular and few fine simple tubular pores; practically no roots; few fine cracks; slightly acid (field pH 6.5). |

**Pedon 5**

## I Information on the site

| | | |
|---|---|---|
| Profile symbol | : | Pedon 5 |
| Soil name | : | Khao Kho series 5 |
| Classification | : | Vertic Hapludalf, very fine, kaolinitic, isohyperthermic |
| Date of examination | : | October 9, 2006 |
| Described by | : | Irb Kheoruenromne, Suphicha Thanachit, Bhannapitch Samrit, Worachart Wisawapipat and Natthapol Chittamart |
| Location | : | Ban Na Yao, Tambon Thung Samoh, Amphoe Khao Kho, Changwat Phetchabun. |
| Elevation | : | Approximately 740 m (MSL) |
| Map sheet number | : | 5242III Coordination : 47 0716950$^{E}$, 18 51408$^{N}$ |

Landform

| | | |
|---|---|---|
| 1. Physiographic position | : | Lower backslope on highland hilly areas |
| 2. Surrounding land form | : | Hilly |
| 3. Slope on which profile site | : | 30% Aspect : 270 Azimuth (West) |
| Land use | : | Chilli left idle at time of sampling |
| Annual rainfall | : | Approximately 1,787.6 mm |
| Mean temperature | : | Approximately 28.0$^{o}$C |
| Climate | : | Semi-humid subtropical |
| Other | : | Agricultural |

## II General information on the soil

| | | |
|---|---|---|
| Parent material | : | Colluvium over residuum derived from andisitic tuff |
| Drainage | : | Well drained |
| Permeability | : | Moderate |
| Runoff | : | Rapid |
| Depth of groundwater | : | Deeper than 200 cm at time of sampling |

## III Profile description

| Horizon | Depth (cm) | Description |
|---|---|---|
| Ap | 0-30 | Brown (10YR 4/3); clay; strong coarse subangular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; few faint clay coats on ped faces and pore walls; few weathered rock fragments; few very fine, fine vesicular and fine simple tubular pores; common very fine and fine and few medium roots; common surface cracks and common traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); clear and smooth boundary to Bt1. |
| Bt1 | 30-50 | Brown (7.5YR 4/3); clay; strong medium and coarse semi-angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; common faint clay coats on pore walls and ped faces; very few, very fine vesicular and simple tubular pores; common very fine and fine roots; few weathered rock fragments; common vertical cracks down to 60 cm depth; a large block of slightly weathered rock; moderately acid (field pH 6.0); gradual and smooth boundary to Bt2. |
| Bt2 | 50-70 | Reddish brown (5YR 4/4); clay; strong medium and coarse semi-angular blocky structure; very hard dry, very firm moist, very sticky and very plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls; few very fine, fine vesicular and fine simple tubular pores; few very fine and fine roots; very few fine weathered rock fragments, few fine Mn-oxide |

| | | |
|---|---|---|
| | | nodules and few fine cracks; few large blocks of slightly weathered rock fragments and traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); clear and smooth boundary to Bt3. |
| Bt3 | 70-90 | Mixed brown (7.5YR 5/4) 50% and Brown (7.5YR 4/4) 50%; clay; strong medium and coarse semi-angular blocky structure; very hard dry, firm moist, very sticky and very plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls; few very fine, fine vesicular and fine simple tubular pores; very few, very fine and fine roots; very few fine weathered rock fragments, few fine Mn-oxide nodules and few fine cracks; few large block of slightly weathered rock fragments and traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); clear and smooth boundary to 2Bt4. |
| 2Bt4 | 90-115 | Mixed brown (7.5YR 5/4) 80%, reddish brown (2.5YR 4/6) 10%, red (2.5YR 5/6) 5% and yellowish red (5YR 5/6) 5%; clay; moderate medium and coarse semi-angular blocky structure; hard dry, firm moist, very sticky and very plastic; many faint clay coats on pore walls and ped faces; few very fine, common fine, medium vesicular and tubular pores; very few, very fine and fine roots; common accumulations of Mn-oxides, Fe-oxides and few fine cracks; few traces of dead roots; moderately acid (field pH 6.0); clear and smooth boundary to 2Bt5. |
| 2Bt5 | 115-142 | Mixed light brown (7.5YR 6/4) 65%, red (2.5YR 5/6) 15%, yellowish red (5YR 5/6) 15% and black (5YR 2.5/1) 5%; clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; hard dry, firm moist, very sticky and very plastic; many faint clay coats on pore walls and ped faces; very few, very fine vesicular and few fine simple tubular pores; very few, very fine and fine roots; common accumulations of Mn-oxides, Fe-oxides and common fine cracks; few rock fragments; moderately acid (field pH 6.0); clear and smooth boundary to 2Bt6. |
| 2Bt6 | 142-165/170 | Mixed light brown (7.5YR 6/4) 65%, red (2.5YR 5/6) 15%, yellowish red (5YR 5/6) 15% and black (5YR 2.5/1) 5%; clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; hard dry, firm moist, very sticky and very plastic; many faint clay coats on pore walls and ped faces; few very fine, fine, medium vesicular and few fine simple tubular pores; very few, very fine and fine roots; few fine cracks and black Mn-oxide accumulations; few rock fragments; moderately acid (field pH 6.0); clear and wavy boundary to 2Bt7. |
| 2Bt7 | 170-200+ | Mixed light brown (7.5YR 6/4) 70%, red (2.5YR 5/6) 18%, yellowish red (5YR 5/6) 10% and black (5YR 2.5/1) 2%; clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; hard dry, firm moist, very sticky and very plastic; common faint clay coats on pore walls and ped faces; common very fine, fine vesicular pores; practically no roots; few fine cracks and black Mn-oxide accumulations; moderately acid (field pH 6.0). |

**Pedon 6**

## I Information on the site

| | | |
|---|---|---|
| Profile symbol | : | Pedon 6 |
| Soil name | : | Khao Kho series 6 |
| Classification | : | Typic Paleudult, fine, mixed, semiactive, isohyperthermic |
| Date of examination | : | October 9, 2006 |
| Described by | : | Irb Kheoruenromne, Suphicha Thanachit, Bhannapitch Samrit, Worachart Wisawapipat and Natthapol Chittamart |
| Location | : | Ban Huay Pai, Tambon Camp Son, Amphoe Khao Kho, Changwat Phetchabun. |
| Elevation | : | Approximately 724 m (MSL) |
| Map sheet number | : | 5232IV Coordination : 47 0717760$^{E}$, 18 54391$^{N}$ |

Landform

| | | |
|---|---|---|
| 1. Physiographic position | : | Lower footslope on highland undulating plain |
| 2. Surrounding land form | : | Undulating |
| 3. Slope on which profile site | : | 4% Aspect : 236 Azimuth (South West) |
| Land use | : | Vegetable, Left fallow at time of sampling |
| Annual rainfall | : | Approximately 1,787.6 mm |
| Mean temperature | : | Approximately 28.0$^{o}$C |
| Climate | : | Semi-humid subtropical |
| Other | : | Agricultural and settlement |

## II General information on the soil

| | | |
|---|---|---|
| Parent material | : | Residuum derived from weathered greywacke |
| Drainage | : | Well drained |
| Permeability | : | Moderate |
| Runoff | : | Moderate |
| Depth of groundwater | : | Deeper than 200 cm at time of sampling |

## III Profile description

| Horizon | Depth (cm) | Description |
|---|---|---|
| Ap | 0-25 | Dark yellowish brown (10YR 4/4); slightly gravelly sandy clay loam; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and very plastic; few very fine and common fine vesicular pores, common very fine and fine roots; few fine cracks; common traces of dead roots; very strongly acid (field pH 4.5); abrupt, smooth boundary to Bt. |
| Bt | 25-39/50 | Mixed brown (10YR 5/4) 60%, dark red (2.5YR 3/6) 30% and red (2.5YR 5/6) 10%; slightly gravelly sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls; very few, very fine, fine and few medium vesicular pores; few very fine and fine roots; common fine cracks, common rock fragment and iron-manganease oxide nodules; few traces of dead roots; very strongly acid (field pH 4.5); clear and wavy boundary to BCrt1. |
| BCrt1 | 50-65 | Mixed brown (10YR 5/4) 55% and dark red (2.5YR 2.5/4) 15%, yellowish brown (10YR 5/4) 15%, yellowish red (5YR 5/8) 10%; fine sandy clay; moderate fine and medium subangular blocky structure; slightly hard dry, firm moist, moderately sticky and very plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls; few very fine, fine and medium vesicular and few |

| | | |
|---|---|---|
| | | fine simple tubular pores; very few, very fine and fine roots; few fine cracks and weathered rock fragments of about 10%; few traces of dead roots; extremely acid (field pH 4.0); clear and smooth boundary to BCrt2. |
| BCrt2 | 65-85 | Mixed brown (7.5YR 5/4) 50%, dark red (2.5YR 3/6) 30%, yellowish brown (10YR 5/4) 15%, light yellowish brown (10YR 6/4) 10% and yellowish red (5YR 5/8) 5%; fine sandy clay; moderate fine and medium semi-angular blocky structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; common faint clay coats on ped faces and pore walls; few very fine, fine vesicular and few fine tubular pores; very few very fine and fine roots; common fine cracks and >10% weatherd rock fragments; extremely acid (field pH 4.0); abrupt and smooth boundary to Crt. |
| Crt | 85-125 | Mixed weak red (10YR 4/3) 65%, dark red (2.5YR 3/6) 20%, pale brown (10YR 6/3) 15%; fine sandy clay; moderate fine and medium angular blocky weathered rock retaining structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and very plastic; few faint clay coats on ped faces; few very fine vesicular and very few, fine simple tubular pores; practically no roots; most are weathered rock materials; weathered greywacke retaining original structure mainly; extremely acid (field pH 4.0); abrupt and smooth boundary to Cr. |
| Cr | 125-200+ | Mixed weak red (10YR 4/3) 70%, dark red (2.5YR 3/6) 15% and pale brown (10YR 6/3) 15%; fine sandy clay; moderate fine and medium angular blocky weathered rock retaining structure; slightly hard dry, slightly firm moist, moderately sticky and moderately plastic; few very fine vesicular and very few, fine simple tubular pores; practically no roots; most are weathered rock materials; weathered greywacke retaining original structure mainly; extremely acid (field pH 4.0). |

## คำอธิบายลักษณะทางจุลสัณฐานวิทยาของดิน (Soil Micromorphology)

**Pedon 1 Typic Paleudult, very fine, kaolinitic, isohyperthermic**

| Horizon | Depth (cm) | Description |
|---|---|---|
| Ap | 0-30/40 | Microstructure<br>Dominant granular structure and few subangular blocky structure; voids are mainly compound packing voids, planar voids and vughs, total porosity is about 10-15% of the thin section area.<br>Basic mineral components<br>The c/f ratio limit at 10 μm, ratio of 2:98.<br>Coarse fraction: Quartz grains are mostly fine to medium sand, subangular to subrounded; moderately sorted.<br>Fine fraction: Clay sized materials, brown to dark brown clay mixed with iron oxides, dotted and speckled appearance under transmitted light.<br>Basic organic components<br>Few plant tissue residues. Abundant amorphous organic fine material, the punctuation and the organic pigment staining to the micromass.<br>Groundmass<br>The c/f distribution pattern is open porphyric, the b-fabric of the micromass is undifferentiated.<br>Pedofeatures<br>Amorphous pedofeature: The dark brown iron oxide impregnative nodules, sized up to 25 μm in diameter with sharp boundaries, present about 5% of the thin section area. |
| Bt1 | 40-61 | Microstructure<br>Subangular blocky structure is dominant, various sized peds; voids are accommodated planar voids, total porosity is about 10-15 % of the thin section area.<br>Basic mineral components<br>The c/f ratio limit at 10 μm, ratio of 5:95.<br>Coarse fraction: Quartz grains mostly are fine to medium sand, subangular to subrounded; poorly sorted; very few runi-quartz and polycrystalline quartz.<br>Fine fraction: Clay sized material, yellowish brown, dotted and speckled appearance under transmitted light.<br>Basic organic components<br>Frequent organic pigment and punctuation, few highly plant decomposed tissue residues.<br>Groundmass<br>The c/f distribution pattern is open porphyric, the b-fabric of the micromass is undifferentiated, very few porostriated.<br>Pedofeatures<br>Textural pedofeature: The yellowish brown clay mixed with iron oxides coating on the wall of voids, present about 1-2% of the thin section area.<br>Amorphous pedofeature: Common iron oxide impregnative nodules, sized up to 700 μm with sharp to diffuse boundaries, present about 10% of the |

| | | |
|---|---|---|
| | | thin section area.<br>Excrement pedofeature: The yellowish red soil animal excrement, sized 100 μm, present about 1% of the thin section area. |
| Bt3 | 81-103 | Microstructure<br>Weakly to moderately developed subangular blocky structure; voids mainly are planar voids and few intrapedal vughs, total porosity is about 15-20 % of the thin section area.<br>Basic mineral components<br>The c/f ratio limit at 10 μm, ratio of 2:98.<br>Coarse fraction: Quartz grains mostly are very fine sand, rounded to subrounded; well sorted.<br>Fine fraction: Clay to fine silt sized material, yellowish brown, cloudy appearance under transmitted light.<br>Basic organic components<br>Very few amorphous organic fine material and punctuation.<br>Groundmass<br>The c/f distribution pattern is open porphyric, the b-fabric of the micromass is mixture of mosaic-speckled to undifferentiated and few porostriated.<br>Pedofeatures<br>Textural pedofeature: The light yellowish brown clay mixed with iron oxides coatings present on the wall of voids and surrounded nodules, cover about 2-4% of the thin section area.<br>Amorphous pedofeature: Few dark brown iron oxide typic nodules (sizes 25-875 μm) with sharp to diffuse boundaries, present about 5% of the thin section area. |
| Bt5 | 131-154 | Similar to above horizon, but the coarse fraction slightly increases, the c/f ratio is approximately 5:95 and mostly are silt to very fine sand sizes. |
| Bt7 | 179-200+ | Microstructure<br>Subangular blocky structure; voids mainly are plannar voids, few intrapedal channels and vesicles; total porosity is about 10% of the thin section area.<br>Basic mineral components<br>The c/f ratio limit at 10 μm, ratio of 2:98.<br>Coarse fraction: Quartz grains mostly are silt sized.<br>Fine fraction: Generally is reddish brown and locally is light yellow, yellowish red, clay to fine silt sized materials, cloudy appearance under transmitted light.<br>Basic organic components<br>Non present.<br>Groundmass<br>The c/f distribution pattern is open porphyric, the b-fabric of the micromass mainly is undifferentiated, locally shows stipple speckled b-fabric.<br>Pedofeatures<br>Textural pedofeature: The yellow to yellowish brown clay mixed with iron oxide coatings occur on the wall of voids, present about 2% of the thin section area. |

Amorphous pedofeature: The dark brown iron oxide typic nodules, sized up to 25 μm in diameter with sharp to diffuse boudaries, present about 2% of the thin section area.

**Pedon 2 Typic Paleudult, fine, kaolinitic, isohyperthermic**

| Horizon | Depth (cm) | Description |
|---|---|---|
| Ap | 0-20 | Microstructure<br>Vughy structure; voids mainly are vughs, not interconnected, few channels; total porosity is about 15-20% of the thin section area.<br>Basic mineral components<br>The c/f ratio limit at 10 μm, ratio of 50:50.<br>Coarse fraction: The mineral grains mainly are quartz grains, very fine sand to medium sand sizes (50-500 μm), subangular to subrounded; very few runi-quartz and broken quartz; moderately sorted.<br>Fine fraction: clay to fine silt sized material, dark brown, dotted and speckled appearance under transmitted light.<br>Basic organic components<br>Generally are amorphous organic fine materials, puntuation and organic pigment, staining to the micromass.<br>Groundmass<br>The c/f distribution pattern is closed porphyric, the b-fabric of the micromass is undifferentiated.<br>Pedofeatures<br>Textural pedofeature: The yellowish red clay mixed with iron oxide coatings present on wall of voids, thickness about 10-50 μm, cover about 1% of the thin section area. |
| Bt1 | 51-72 | Microstructure<br>Complex structure which is mixture of granular structure and spongy structure, various sized peds; voids mainly are compound packing voids, few vughs; total porosity is about 20-25% of the thin section area.<br>Basic mineral components<br>The c/f ratio limit at 10 μm, ratio of 40:60.<br>Coarse fraction: Quartz grains are dominant, very fine sand to medium sand sizes (50-400 μm), subangular to subrounded; very few runi-quartz and metamorphic quartz; well sorted.<br>Fine fraction: Clay to fine silt sized materials, yellowish brown, dotted appearance under transmitted light.<br>Basic organic component<br>Generally punctuations.<br>Groundmass<br>The c/f distribution pattern is closed porphyric, the b-fabric of the micromass is undifferentiated.<br>Pedofeature<br>Textural pedofeature: Clay coating on quartz grains, present about 1% of the thin section area. |

| | | |
|---|---|---|
| | | Amorphous pedofeature: The dark brown iron oxide impregnative nodules, sized 1,100 µm with sharp boundaries, present about 1% of the thin section area. |
| Bt3 | 102-130 | Microstructure<br>Vughy structure; voids mainly are vughs not, interconnected, few vesicles and chambers; total porosity is about 30-35% of the thin section area.<br>Basic mineral components<br>The c/f ratio limit at 10 µm, ratio of 40:60.<br>Coarse fraction: Quartz grains are dominant, very fine sand to medium sand sizes (50-400 µm), subangular to subrounded; well sorted.<br>Fine fraction: Clay to fine silt sized materials, yellowish brown, dotted appearance under transmitted light.<br>Basic organic components<br>Few punctuation, very few plant tissues.<br>Groundmass<br>The c/f distribution pattern is closed porphyric, the b-fabric of the micromass is weakly stipple speckled to undifferentiated, very few granostriated.<br>Pedofeatures<br>Textural pedofeature: The textural clay coatings on grain, present about 1-2% of the thin section area. |
| Bt5 | 160-200+ | Similar to the overlying horizon but the textural clay, present as clay infillings, pale yellow in color and limpid aspect, cover about 5% of the thin section area. |

**Pedon 3 Typic Paleudult, very fine, kaolinitic, isohyperthermic**

| **Horizon** | **Depth (cm)** | **Description** |
|---|---|---|
| Ap | 0-10 | Microstructure<br>Subangular blocky structure, various sized peds; voids are planar voids with frequent interpedal chambers; porosity is about 40% of the thin section area.<br>Basic mineral components<br>The c:f ratio at 10 µm is 2:98.<br>Coarse fraction: The mineral grains mostly are subangular to angular quartz, fine sand to medium sand sizes.<br>Fine fraction: Clay to fine silt sized minerals, brown to dark brown, dotted and speckled appearance under transmitted light.<br>Basic organic components<br>Very few amorphous organic fine material present as punctuation.<br>Ground mass<br>The c/f related distribution is nearly clay monic, the b-fabric of the micromass is mosaic-speckled to undifferentiated.<br>Pedofeatures<br>Textural pedofeature; The yellow textural clay can be observed on some ped surfaces, present about 1% of the thin section area. |

| | | |
|---|---|---|
| | | Amorphous pedofeature; The dark brown iron oxide impregnative nodules sized 10-1,600 μm weakly to moderately impregnated, present about 5% of the thin section area. |
| Bt1 | 10-31 | Microstructure<br>Subangular blocky structure; voids generally are planar voids; porosity is about 15% of the thin section area.<br>Basic mineral components<br>The c:f ratio at 10 μm is 1:99.<br>Coarse fraction: The mineral grains mostly are subangular quartz grains, fine sand sized.<br>Fine fraction: Clay sized mineral, brown to yellowish brown, dotted and speckled appearance under transmitted light.<br>Basic organic components<br>Very few punctuations.<br>Ground mass<br>The c/f related distribution is nearly clay monic, the b-fabric of the micromass is undifferentiated, few porostriated.<br>Pedofeatures<br>Textural pedofeature; The yellow textural clay, locally present on pore wall and ped surfaces, present about 5% of the thin section area.<br>Amorphous pedofeature; The dark brown iron oxides impregnative nodules, sized 10-500 μm weakly to moderately impregnated, present about 10% of the thin section area. |
| Bt3 | 56-81 | Similar to the above horizon, but the amorphous iron oxide is much more impregnated s-matrix and give undifferentiated b-fabric. The textural clay is yellow to orangish yellow, slightly decreasing to occupy about 2-4% of the thin section area. The amorphous pedofeatures are dark brown iron oxide impregnative nodules sized 10-250 μm with sharp to diffuse boundaries, present about 30% of the thin section area. |
| Bt5 | 112-142 | Similar to the above horizon, but the dark brown iron oxides impregnetive nodules increase in size, up to 1,400 μm with sharp boundaries. |
| Bt7 | 175-200+ | Similar to the above horizon, but the amorphous pedofeatures; the dark brown iron oxide impregnative nodules usually have irregular shape. |

**Pedon 4 Typic Paleudalf, fine-loamy, mixed, active, isohyperthermic**

| **Horizon** | **Depth (cm)** | **Description** |
|---|---|---|
| Ap1 | 0-25 | Microstructure<br>Subangular blocky structure, strongly developed and various sized peds; voids mainly are planar voids and frequent intrapedal vughs, total porosity is about 20% of the thin section area.<br>Basic mineral components<br>The c/f ratio limit at 10 μm is 5:95.<br>Coarse fraction: Single quartz grains are dominant (size ranging from 50-500 μm), mostly angular to subangular, poorly sorted, feldspar can be observed, common rhyolitic rock fragments, size ranging from 175-2000 μm. |

| | | |
|---|---|---|
| | | Fine fraction: Clay and few fine silt sized materials, brown to yellowish brown, dotted and spekled appearance under transmitted light.<br>Basic organic components<br>Common amorphous organic fine material, punctuation and organic pigment staining to the micromass.<br>Groundmass<br>The c/f distribution pattern is open porphyric, the b-fabric of micromass is stipple speckled b-fabric.<br>Pedofeatures<br>Amorphous pedofeature: The local transported iron oxide typic nodules and some iron oxide pseudomorphic nodules with sharp boundaries, sized 100-4000 µm, occupy about 30% of the thin section area. |
| AB | 45-60 | Similar to the Ap horizon but the interpedal vughs slightly increase. The iron oxide typic nodules, sized ranging from 100-6000 µm, increase to 50% of the thin section area. The organic components are much more decreased. |
| Btc | 60-82 | Microstructure<br>Subangular blocky structure, strongly developed; voids dominant in planar voids and frequent intrapedal and interpedal vughs, total porosity is about 10% of the thin section area.<br>Basic mineral components<br>The c/f ratio limit at 10 µm is 30:70.<br>Coarse fraction: Single quartz grains ranging from 50-375 µm, mostly angular to subangular, poorly sorted, feldspar can be observed (ranging from 50-250 µm), common rhyolitic fragments size ranging from 250-1,750 µm.<br>Fine fraction: Yellowish brown to dark brown clay and few fine silt sized materials, dotted and speckled appearance under transmitted light.<br>Basic organic components<br>Very few punctuation and the organic pigment.<br>Groundmass<br>The c/f distribution pattern is open porphyric, the b-fabric of the micromass is weakly stipple speckled, few porostriated.<br>Pedofeatures<br>Textural pedofeature: The textural clay, orangish yellow clay coatings and infillings present about 2-3% of the thin section area.<br>Amorphous pedofeature: The iron oxide typic nodules and nucleic nodules with quartz grains inside with sharp boundaries ranging from 125-4,000 µm, occupy about 30% of the thin section area. |
| Bt1 | 82-100 | Microstructure<br>Vughy structure, voids mainly are vughs, total porosity is about 10% of the thin section area.<br>Basic mineral components<br>The c/f ratio limit at 10 µm is 40:60.<br>Coarse fraction: Dominant rhyolitic rock fragments sized 250 µm-1.30 cm, very few single quartz grains, sizes 50-125 µm.<br>Fine fraction: Clay and few fine silt sized materials, brown to dark brown, |

| | | |
|---|---|---|
| | | dotted and speckled appearance under transmitted light.<br>Basic organic components<br>As the upper horizon.<br>Groundmass<br>The c/f distribution pattern is open porphyric; the b-fabric of micromass is mosaic speckled and frequent grano-porostriated.<br>Pedofeatures<br>Textural pedofeatures: The textural clay, clay coatings and infillings increase to occupy about 5-7% of the thin section area.<br>Amorphous pedofeature: The amorphous iron oxide impregnated s-matrix, various shape and size, cover about 10% of the thin section area. |
| 2Bt2 | 100-122 | Similar to the above horizon but microstructure is subangular blocky structure and few angular blocky structure, weakly to moderately developed; voids mainly are vughs and planar voids. The rhyolitic rock fragments size ranging from 500-5000 μm decrease to present about 20%. |
| 2Crt1 | 150-180 | The major difference from the above horizon are: 1) The total porosity decrease to cover about 5% of the thin section area. 2) The c/f ratio is approximately.70:30. 3) The rhyolitic rock fragments increase, size ranging from 100 μm -1.2 cm. occupy about 70% of the thin section area. In some lithorelicts, the plagioclase feldspar and the goethite yellow in color and hematite red to redish brown in color pseudomorph after biotite can be observed. |

**Pedon 5 Vertic Hapludalf, very fine, kaolinitic, isohyperthermic**

| **Horizon** | **Depth (cm)** | **Description** |
|---|---|---|
| Ap | 0-30 | Microstructure<br>Vughy structure; voids mainly are vughs and few vesicles and cracks; total porosity is about 15% of the thin section area.<br>Basic mineral components<br>The c/f ratio limit at 10 μm, ratio is 2:98.<br>Coarse fraction: Quartz grains are dominant very fine sand to medium sand, subrounded to rounded; very few runi-quartz, very few chalcedony sized 1,000 μm.<br>Fine fraction: Clay to fine silt sized materials, brown to dark brown, dotted and speckled appearance under transmitted light.<br>Basic organic component<br>Common amorphous organic fine material, few highly decomposed plant tissure residues.<br>Groundmass<br>The c/f distribution pattern is open porphyric, the b-fabric of the micromass is weakly stipple speckled, few porostriated.<br>Pedofeatures<br>Textural pedofeature: The light yellow to yellowish red clay mixed with iron oxides, sometimes show microlaminated, present about 5% of the thin section area.<br>Amorphous pedofeature: The dark brown typic nodules are sized 100- |

| | | |
|---|---|---|
| | | 1,750 µm with sharp boundaries, present about 5% of the thin section area. |
| Bt1 | 30-50 | Similar to above horizon but the total porosity is about 20%. In coarse fraction, few lithorelicts, andesitic tuff rock fragments sized 500 µm can be observed. |
| Bt3 | 70-90 | Soil material is dominant in clay. Voids mainly are vughs and few planar voids. The c:f ratio at 10 µm is 1:99. The c/f distribution pattern is nealy clay monic, the b-fabric of micromass is reticulate striated and mosaic-speckled. The textural pedofeature is light yellow to yellowish red clay coating and infillings present in voids, covering about 10%. The amorphous pedofeature is dark brown typic nodules, sized 50-2,250 µm, present about 10-15% of the thin section area. |
| 2Bt4 | 90-115 | Similar to above horizon but microstructure is subangular blocky structure, voids mainly are planar voids. The amorphous iron oxide is much more impregnated s-matrix and locally give yellowish red color. The b-fabric of the micromass is reticulate striated, mosaic-speckled and few grano-porostriated. The amorphous pedofeatures: The dark brown typic nodules, sized 75-2,875 µm, increase to occupy about 20% of the thin section area. |
| 2Bt6 | 142-165/170 | Similar to above horizon but in coarse fraction, few andesitic tuff rock fragments (700 µm) can be observed. The amorphous pedofeatures are dark brown typic nodules, sized 750-1,000 µm, decrease to occupy about 1-2% of the thin section area. |

**Pedon 6 Typic Paleudult, fine, mixed, semiactive, isohyperthermic**

| **Horizon** | **Depth (cm)** | **Description** |
|---|---|---|
| Ap | 0-25 | <u>Microstructure</u><br>Subangular blocky structure, various sized peds; voids mainly are intra and interpedal vughs and few planar voids; porosity is about 30% of the thin section area.<br><u>Basic mineral components</u><br>The c:f ratio at 10 µm is 25:75.<br>Coarse fraction: Dominant subangular to angular and few rounded quartz grains, fine sand to very coarse sand (sized 10-2,250 µm), poorly sorted. Few broken and runi-quartz, rare chert rock fragments (sized 100 µm).<br>Fine fraction: Clay to fine silt sized minerals, brown, dotted and speckled appearance under transmitted light.<br><u>Basic organic components</u><br>Freqent amorphous organic fine material, punctuation and few living plant tissue residures.<br><u>Ground mass</u><br>The c/f related distribution is open to closed porphyric, the b-fabric of the micromass is weakly stipple speckled.<br><u>Pedofeatures</u><br>Amorphous pedofeature; The reddish brown to black manganiferrous and iron oxide impregnative nodules sized 250-3,200 µm, weakly to strongly impregnated, sharp to diffuse bounderies, present about 10% of the thin sectin area. |

| | | |
|---|---|---|
| Bt | 25-34/50 | Microstructure<br>Subangular blocky structure; dominant voids are planar voids; porosity is about 40% of the thin section area.<br>Basic mineral components<br>The c:f ratio at 10 μm is 5:95.<br>Coarse fraction: The mineral grains are almost single quartz grains, silt size to medium sand size (10-400 μm).<br>Fine fraction: Clay minerals, light yellow to yellowish brown, dotted and speckled appearance under transmitted light.<br>Basic organic components<br>Non present.<br>Ground mass<br>The c/f related distribution is open porphyric, the b-fabric of the micromass is stipple speckled with frequent porostriated.<br>Pedofeatures<br>Textural pedofeature; Light yellow to yellowish red, sometimes show microlaminated clay coatings and infillings, cover about 5-10% of the thin section area.<br>Amorphous pedofeature; The dark brown typic nodules sized 100-5,000 μm, sharp to diffuse bounderies, present about 10% of the thin section area. |
| BCrt2 | 65-85 | Similar to the above horizon, but voids are planar voids and vughs, porosity is about 25%. Coarse fraction, the sandstone rock fragments sized 9 mm, present about 25% of the area of the slide. The b-fabric of the micromass is stipple speckled. The textural pedofeatures are yellow to yellowish brown clay mixed with iron oxide coatings and infillings present on pore wall and crack of sandstone rock fragments, present about 3-4%. The amorphous pedofeatures are red to reddish brown iron oxide and manganiferrous aggregate nodules, various size and shape, cover about 25% of the thin section area. |
| Cr | 125-200+ | Soil material mainly are sandstone fragments which cover about 90% of the thin section. The mineral grains in sandstone (greywacke) generally consist of shale fragments, rhyolite fragments, chert, few single quartz grains and micas. The textural clay present about 2-3%. |

**ตารางผนวกที่ 1** ข้อมูลสภาพภูมิอากาศของบริเวณพื้นที่ทำการศึกษา (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2550)

| เดือน / ปี | ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) สถานีบริษัทไร่บีเอ็มแคมป์สน อำเภอเขาค้อ ปี พ.ศ. 2540-2549 | | | | | | | | | | เฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2540 | 2541 | 2542 | 2543 | 2544 | 2545 | 2546 | 2547 | 2548 | 2549 | รายปี |
| ม.ค. | 0.5 | 0.0 | 1.2 | 0.0 | 3.0 | 36.6 | 0.0 | 60.7 | 0.3 | 0.0 | 10.2 |
| ก.พ. | 0.2 | 45.0 | 6.6 | 86.9 | 0.0 | 17.0 | 7.4 | 81.4 | 0.5 | 20.9 | 26.6 |
| มี.ค. | 176.9 | 29.1 | 4.1 | 25.0 | 116.1 | 4.0 | 136.3 | 0.0 | 42.0 | 133.6 | 66.7 |
| เม.ย. | 132.2 | 100.8 | 287.7 | 519.9 | 24.4 | 98.0 | 108.3 | 331.2 | 330.1 | 394.2 | 232.7 |
| พ.ค. | 73.0 | 366.7 | 344.1 | 326.8 | 331.4 | 214.5 | 125.3 | 375.0 | 204.6 | 726.7 | 308.8 |
| มิ.ย. | 118.2 | 163.7 | 126.7 | 239.5 | 138.9 | 284.0 | 156.2 | 475.1 | 248.5 | 361.2 | 231.2 |
| ก.ค. | 224.2 | 176.0 | 144.1 | 252.9 | 138.3 | 55.6 | 204.0 | 206.8 | 360.8 | 279.4 | 204.2 |
| ส.ค. | 214.3 | 187.9 | 173.9 | 234.1 | 197.7 | 486.2 | 123.1 | 208.2 | 98.6 | 358.3 | 228.2 |
| ก.ย. | 246.8 | 237.8 | 208.0 | 347.1 | 189.4 | 466.1 | 321.6 | 354.2 | 411.4 | 521.0 | 330.3 |
| ต.ค. | 161.0 | 65.6 | 140.1 | 161.1 | 109.1 | 280.7 | 23.3 | 0.6 | 10.8 | 204.1 | 115.6 |
| พ.ย. | 5.5 | 68.6 | 34.1 | 1.5 | 0.0 | 14.0 | 0.0 | 0.8 | 142.8 | 62.4 | 33.0 |
| ธ.ค. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| ตลอดปี | 1352.8 | 1441.2 | 1470.6 | 2194.8 | 1248.3 | 1956.7 | 1205.5 | 2094.0 | 1850.4 | 3061.8 | 1787.6 |
| | ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร) สถานีตรวจอากาศประจำจังหวัดเพชรบูรณ์ ปี พ.ศ. 2540-2549 | | | | | | | | | | |
| ม.ค. | 1.3 | 0.0 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 3.5 | 0.0 | 38.0 | 7.7 | 0.0 | 5.9 |
| ก.พ. | 8.5 | 20.8 | 0.0 | 30.4 | 0.0 | 0.4 | 14.2 | 49.7 | 0.0 | 21.9 | 14.6 |
| มี.ค. | 70.4 | 6.8 | 24.6 | 17.6 | 72.7 | 119.4 | 139.9 | 26.5 | 18.6 | 43.2 | 54.0 |
| เม.ย. | 83.7 | 89.1 | 190.7 | 147.1 | 36.2 | 50.4 | 43.8 | 29.7 | 68.9 | 176.1 | 91.6 |
| พ.ค. | 72.0 | 273.4 | 247.2 | 186.7 | 186.9 | 176.1 | 134.2 | 147.4 | 82.5 | 219.3 | 172.6 |
| มิ.ย. | 87.6 | 127.2 | 129.5 | 181.9 | 159.3 | 261.4 | 235.5 | 217.1 | 198.2 | 219.8 | 181.8 |
| ก.ค. | 259.8 | 168.1 | 144.6 | 105.6 | 128.1 | 102.5 | 83.3 | 167.9 | 165.5 | 205.7 | 153.1 |
| ส.ค. | 199.5 | 123.6 | 180.2 | 321.3 | 143.9 | 337.8 | 223.4 | 100.9 | 152.5 | 251.2 | 203.4 |
| ก.ย. | 273.3 | 74.7 | 149.7 | 358.0 | 134.3 | 321.9 | 240.3 | 151.5 | 149.7 | 423.2 | 227.7 |
| ต.ค. | 151.8 | 40.0 | 119.8 | 143.4 | 73.2 | 103.1 | 20.5 | 0.5 | 19.5 | 119.5 | 79.1 |
| พ.ย. | 1.0 | 32.1 | 4.3 | 0.0 | 5.4 | 0.6 | 0.0 | 2.9 | 54.9 | 2.5 | 10.4 |
| ธ.ค. | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | 0.3 | 15.9 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 0.0 | 1.8 |
| ตลอดปี | 1208.9 | 955.8 | 1199.3 | 1492.0 | 940.3 | 1493.0 | 1135.1 | 932.1 | 919.7 | 1682.4 | 1195.9 |
| | จำนวนวันฝนตก สถานีบริษัทไร่บีเอ็มแคมป์สน อำเภอเขาค้อ ปี พ.ศ. 2540-2549 | | | | | | | | | | |
| ม.ค. | 1.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 1.0 | 2.0 | 0.0 | 4.0 | 1.0 | 0.0 | 1.0 |
| ก.พ. | 1.0 | 3.0 | 2.0 | 4.0 | 0.0 | 1.0 | 3.0 | 4.0 | 1.0 | 2.0 | 2.1 |
| มี.ค. | 7.0 | 4.0 | 3.0 | 5.0 | 10.0 | 2.0 | 15.0 | 0.0 | 5.0 | 7.0 | 5.8 |
| เม.ย. | 9.0 | 6.0 | 19.0 | 22.0 | 4.0 | 7.0 | 12.0 | 11.0 | 17.0 | 18.0 | 12.5 |
| พ.ค. | 8.0 | 18.0 | 24.0 | 25.0 | 20.0 | 15.0 | 11.0 | 20.0 | 11.0 | 26.0 | 17.8 |
| มิ.ย. | 10.0 | 13.0 | 17.0 | 23.0 | 12.0 | 17.0 | 15.0 | 18.0 | 19.0 | 19.0 | 16.3 |
| ก.ค. | 20.0 | 17.0 | 18.0 | 17.0 | 13.0 | 14.0 | 16.0 | 18.0 | 24.0 | 20.0 | 17.7 |
| ส.ค. | 21.0 | 15.0 | 17.0 | 16.0 | 20.0 | 20.0 | 15.0 | 17.0 | 18.0 | 20.0 | 17.9 |
| ก.ย. | 23.0 | 19.0 | 20.0 | 19.0 | 14.0 | 19.0 | 20.0 | 17.0 | 21.0 | 18.0 | 19.0 |
| ต.ค. | 11.0 | 6.0 | 17.0 | 15.0 | 11.0 | 13.0 | 6.0 | 1.0 | 4.0 | 10.0 | 9.4 |
| พ.ย. | 2.0 | 2.0 | 5.0 | 1.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 1.0 | 9.0 | 4.0 | 2.5 |
| ธ.ค. | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| ตลอดปี | 113.0 | 103.0 | 143.0 | 147.0 | 105.0 | 111.0 | 113.0 | 111.0 | 130.0 | 144.0 | 122.0 |

**ตารางผนวกที่ 1** (ต่อ)

| เดือน / ปี | จำนวนวันฝนตก สถานีตรวจอากาศประจำจังหวัดเพชรบูรณ์ ปี พ.ศ. 2540-2549 | | | | | | | | | | เฉลี่ย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2540 | 2541 | 2542 | 2543 | 2544 | 2545 | 2546 | 2547 | 2548 | 2549 | รายปี |
| ม.ค. | 1.0 | 0.0 | 4.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 3.0 | 1.0 | 0.0 | 1.0 |
| ก.พ. | 3.0 | 5.0 | 0.0 | 4.0 | 0.0 | 1.0 | 3.0 | 3.0 | 0.0 | 3.0 | 2.2 |
| มี.ค. | 7.0 | 3.0 | 4.0 | 3.0 | 8.0 | 7.0 | 10.0 | 4.0 | 6.0 | 6.0 | 5.8 |
| เม.ย. | 9.0 | 5.0 | 15.0 | 13.0 | 5.0 | 9.0 | 4.0 | 6.0 | 11.0 | 14.0 | 9.1 |
| พ.ค. | 7.0 | 19.0 | 20.0 | 17.0 | 23.0 | 23.0 | 10.0 | 17.0 | 14.0 | 20.0 | 17.0 |
| มิ.ย. | 13.0 | 13.0 | 14.0 | 22.0 | 23.0 | 17.0 | 17.0 | 21.0 | 18.0 | 20.0 | 17.8 |
| ก.ค. | 23.0 | 14.0 | 16.0 | 16.0 | 17.0 | 19.0 | 17.0 | 18.0 | 17.0 | 21.0 | 17.8 |
| ส.ค. | 19.0 | 21.0 | 21.0 | 17.0 | 19.0 | 23.0 | 19.0 | 19.0 | 24.0 | 21.0 | 20.3 |
| ก.ย. | 20.0 | 14.0 | 18.0 | 18.0 | 19.0 | 22.0 | 17.0 | 17.0 | 20.0 | 19.0 | 18.4 |
| ต.ค. | 11.0 | 10.0 | 18.0 | 13.0 | 15.0 | 11.0 | 6.0 | 1.0 | 6.0 | 11.0 | 10.2 |
| พ.ย. | 2.0 | 2.0 | 4.0 | 0.0 | 1.0 | 2.0 | 0.0 | 2.0 | 7.0 | 1.0 | 2.1 |
| ธ.ค. | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 1.0 | 5.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 0.8 |
| ตลอดปี | 115.0 | 106.0 | 135.0 | 123.0 | 131.0 | 140.0 | 103.0 | 111.0 | 125.0 | 136.0 | 122.5 |
| | ความชื้นสัมพัทธ์ (%) สถานีตรวจอากาศประจำจังหวัดเพชรบูรณ์ ปี พ.ศ. 2540-2549 | | | | | | | | | | |
| ม.ค. | 68.3 | 65.5 | 62.4 | 63.2 | 69.1 | 66.0 | 68.8 | 68.4 | 69.7 | 62.4 | 66.4 |
| ก.พ. | 62.4 | 62.6 | 56.3 | 65.3 | 63.6 | 66.5 | 67.9 | 71.5 | 66.6 | 63.7 | 64.7 |
| มี.ค. | 63.7 | 58.0 | 56.9 | 61.9 | 75.4 | 66.1 | 70.8 | 63.6 | 61.9 | 63.5 | 64.2 |
| เม.ย. | 71.2 | 63.2 | 77.2 | 74.2 | 66.9 | 70.3 | 72.7 | 63.8 | 70.8 | 72.5 | 70.3 |
| พ.ค. | 68.9 | 76.0 | 82.4 | 81.1 | 82.6 | 81.0 | 76.2 | 80.2 | 77.7 | 80.7 | 78.7 |
| มิ.ย. | 69.8 | 75.5 | 81.1 | 84.5 | 85.1 | 81.4 | 80.0 | 83.8 | 84.4 | 79.7 | 80.5 |
| ก.ค. | 84.2 | 81.9 | 80.9 | 83.7 | 84.5 | 84.6 | 81.4 | 83.0 | 86.4 | 84.8 | 83.5 |
| ส.ค. | 85.3 | 82.8 | 85.3 | 83.8 | 86.5 | 86.4 | 84.5 | 83.8 | 87.2 | 83.8 | 84.9 |
| ก.ย. | 85.0 | 81.4 | 84.3 | 85.3 | 84.7 | 86.4 | 86.5 | 83.0 | 88.0 | 85.0 | 85.0 |
| ต.ค. | 81.7 | 77.0 | 80.7 | 83.0 | 81.3 | 79.3 | 74.9 | 73.8 | 79.1 | 80.1 | 79.1 |
| พ.ย. | 72.1 | 70.5 | 74.2 | 72.0 | 72.4 | 74.5 | 70.2 | 70.8 | 79.1 | 71.4 | 72.7 |
| ธ.ค. | 69.1 | 63.4 | 60.4 | 68.9 | 72.5 | 73.2 | 63.9 | 65.1 | 70.1 | 63.9 | 67.1 |
| ตลอดปี | 73.5 | 71.5 | 73.5 | 75.6 | 77.1 | 76.3 | 74.8 | 74.2 | 76.8 | 74.3 | 74.8 |
| | ปริมาณการคายระเหยน้ำ (มิลลิเมตร) สถานีตรวจอากาศประจำจังหวัดเพชรบูรณ์ ปี พ.ศ. 2540-2549 | | | | | | | | | | |
| ม.ค. | 105.4 | 114.7 | 130.2 | 127.1 | 120.9 | 120.9 | 108.5 | 117.8 | 117.8 | 136.4 | 120.0 |
| ก.พ. | 123.2 | 128.8 | 140.0 | 120.4 | 123.2 | 117.6 | 117.6 | 114.8 | 128.8 | 134.4 | 124.9 |
| มี.ค. | 155.0 | 173.6 | 170.5 | 170.5 | 139.5 | 158.1 | 145.7 | 164.3 | 164.3 | 179.8 | 162.1 |
| เม.ย. | 153.0 | 183.0 | 132.0 | 156.0 | 201.0 | 165.0 | 171.0 | 192.0 | 174.0 | 177.0 | 170.4 |
| พ.ค. | 164.3 | 164.3 | 108.5 | 136.4 | 145.7 | 133.3 | 167.4 | 148.8 | 161.2 | 139.5 | 146.9 |
| มิ.ย. | 153.0 | 144.0 | 108.0 | 120.0 | 117.0 | 141.0 | 120.0 | 123.0 | 120.0 | 153.0 | 129.9 |
| ก.ค. | 108.5 | 117.8 | 117.8 | 111.6 | 136.4 | 108.5 | 130.2 | 124.0 | 114.7 | 127.1 | 119.7 |
| ส.ค. | 105.4 | 111.6 | 93.0 | 111.6 | 105.4 | 124.0 | 114.7 | 108.5 | 108.5 | 111.6 | 109.4 |
| ก.ย. | 102.0 | 105.0 | 93.0 | 102.0 | 108.0 | 96.0 | 102.0 | 111.0 | 120.0 | 126.0 | 106.5 |
| ต.ค. | 117.8 | 114.7 | 117.8 | 114.7 | 120.9 | 117.8 | 124.0 | 130.2 | 120.9 | 130.2 | 120.9 |
| พ.ย. | 111.0 | 114.0 | 105.0 | 126.0 | 117.0 | 108.0 | 126.0 | 135.0 | 120.0 | 120.0 | 118.2 |
| ธ.ค. | 111.6 | 133.3 | 136.4 | 127.1 | 130.2 | 111.6 | 130.2 | 120.9 | 124.0 | 127.1 | 125.2 |
| ตลอดปี | 1510.2 | 1604.8 | 1452.2 | 1523.4 | 1565.2 | 1501.8 | 1557.3 | 1590.3 | 1574.2 | 1662.1 | 1554.2 |

**ตารางผนวกที่ 1** (ต่อ)

| เดือน / ปี | อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) สถานีตรวจอากาศประจำจังหวัดเพชรบูรณ์ ปี พ.ศ. 2540-2549 | | | | | | | | | | เฉลี่ยรายปี |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2540 | 2541 | 2542 | 2543 | 2544 | 2545 | 2546 | 2547 | 2548 | 2549 | |
| ม.ค. | 31.4 | 34.4 | 33.0 | 33.0 | 33.7 | 32.4 | 31.2 | 32.7 | 32.9 | 33.6 | 32.8 |
| ก.พ. | 34.1 | 36.1 | 34.9 | 34.0 | 35.2 | 35.0 | 34.8 | 32.7 | 36.9 | 34.5 | 34.8 |
| มี.ค. | 36.1 | 38.6 | 38.1 | 36.8 | 34.4 | 36.2 | 35.4 | 37.5 | 36.0 | 37.3 | 36.6 |
| เม.ย. | 35.3 | 38.2 | 34.6 | 35.6 | 39.2 | 37.1 | 37.2 | 38.8 | 37.9 | 36.2 | 37.0 |
| พ.ค. | 36.4 | 36.2 | 32.7 | 33.5 | 33.7 | 34.3 | 36.1 | 34.5 | 36.6 | 33.6 | 34.8 |
| มิ.ย. | 36.4 | 35.0 | 32.2 | 32.4 | 32.6 | 33.5 | 33.0 | 32.7 | 33.5 | 34.1 | 33.5 |
| ก.ค. | 31.7 | 32.9 | 32.3 | 32.0 | 32.6 | 32.3 | 33.4 | 32.7 | 32.7 | 32.3 | 32.5 |
| ส.ค. | 31.9 | 33.1 | 31.4 | 32.3 | 32.0 | 32.0 | 32.4 | 32.5 | 32.0 | 32.1 | 32.2 |
| ก.ย. | 31.8 | 33.0 | 31.5 | 31.5 | 32.4 | 31.3 | 31.6 | 32.8 | 32.3 | 32.2 | 32.0 |
| ต.ค. | 32.5 | 33.3 | 31.7 | 33.0 | 33.1 | 32.9 | 33.2 | 33.5 | 33.4 | 32.5 | 32.9 |
| พ.ย. | 32.8 | 32.2 | 31.4 | 31.8 | 30.8 | 32.1 | 33.8 | 33.9 | 32.4 | 33.9 | 32.5 |
| ธ.ค. | 33.4 | 31.6 | 28.4 | 32.4 | 31.9 | 32.4 | 31.0 | 32.1 | 30.7 | 31.4 | 31.5 |
| ตลอด | 33.6 | 34.6 | 32.7 | 33.2 | 33.5 | 33.5 | 33.6 | 33.9 | 33.9 | 33.6 | 33.6 |
| | อุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) สถานีตรวจอากาศประจำจังหวัดเพชรบูรณ์ พ.ศ. 2540-2549 | | | | | | | | | | |
| ม.ค. | 16.7 | 18.7 | 19.1 | 18.8 | 20.1 | 17.5 | 17.3 | 18.2 | 17.5 | 17.5 | 18.1 |
| ก.พ. | 19.5 | 20.7 | 20.4 | 19.4 | 20.1 | 20.9 | 20.2 | 18.9 | 21.7 | 21.4 | 20.3 |
| มี.ค. | 21.5 | 23.8 | 22.7 | 21.2 | 23.1 | 22.8 | 22.2 | 22.4 | 22.4 | 23.9 | 22.6 |
| เม.ย. | 22.5 | 25.1 | 24.2 | 24.4 | 26.0 | 24.0 | 24.7 | 24.8 | 25.0 | 24.4 | 24.5 |
| พ.ค. | 24.8 | 25.4 | 24.1 | 24.4 | 24.8 | 24.6 | 25.3 | 24.9 | 25.7 | 24.3 | 24.8 |
| มิ.ย. | 24.8 | 25.9 | 24.3 | 24.4 | 24.5 | 24.9 | 24.8 | 24.4 | 25.1 | 24.9 | 24.8 |
| ก.ค. | 23.9 | 24.8 | 24.4 | 24.3 | 24.7 | 24.7 | 24.6 | 24.2 | 24.6 | 24.7 | 24.5 |
| ส.ค. | 24.1 | 24.7 | 23.9 | 24.4 | 24.8 | 24.2 | 24.6 | 24.6 | 24.6 | 24.4 | 24.4 |
| ก.ย. | 23.6 | 24.4 | 24.1 | 23.5 | 24.2 | 24.3 | 24.4 | 23.9 | 24.5 | 24.2 | 24.1 |
| ต.ค. | 23.6 | 23.5 | 23.5 | 23.8 | 23.8 | 23.0 | 23.1 | 21.7 | 23.6 | 23.3 | 23.3 |
| พ.ย. | 20.7 | 20.8 | 21.6 | 19.6 | 18.6 | 21.6 | 20.7 | 20.4 | 22.1 | 21.0 | 20.7 |
| ธ.ค. | 19.2 | 19.2 | 16.4 | 19.1 | 19.3 | 20.6 | 16.5 | 15.6 | 19.1 | 18.1 | 18.3 |
| ตลอด | 22.1 | 23.1 | 22.4 | 22.3 | 22.8 | 22.8 | 22.4 | 22.0 | 23.0 | 22.7 | 22.5 |
| | อุณหภูมิเฉลี่ย (องศาเซลเซียส) สถานีตรวจอากาศประจำจังหวัดเพชรบูรณ์ พ.ศ. 2540-2549 | | | | | | | | | | |
| ม.ค. | 24.0 | 26.5 | 26.0 | 25.9 | 26.8 | 24.9 | 24.2 | 25.4 | 25.2 | 25.5 | 25.5 |
| ก.พ. | 26.8 | 28.3 | 27.7 | 26.7 | 27.6 | 27.9 | 27.5 | 25.8 | 29.3 | 27.9 | 27.5 |
| มี.ค. | 28.8 | 31.2 | 30.4 | 29.0 | 28.8 | 29.5 | 28.8 | 29.9 | 29.2 | 30.6 | 29.6 |
| เม.ย. | 28.9 | 31.6 | 29.4 | 30.0 | 32.6 | 30.5 | 30.9 | 31.7 | 31.4 | 30.3 | 30.7 |
| พ.ค. | 30.5 | 30.8 | 28.4 | 28.9 | 29.2 | 29.4 | 30.7 | 29.7 | 31.1 | 29.0 | 29.8 |
| มิ.ย. | 30.6 | 30.4 | 28.3 | 28.4 | 28.5 | 29.2 | 28.8 | 28.5 | 29.3 | 29.5 | 29.1 |
| ก.ค. | 27.8 | 28.8 | 28.3 | 28.1 | 28.6 | 28.5 | 29.0 | 28.4 | 28.6 | 28.5 | 28.5 |
| ส.ค. | 28.0 | 28.9 | 27.6 | 28.3 | 28.4 | 28.1 | 28.5 | 28.5 | 28.3 | 28.3 | 28.3 |
| ก.ย. | 27.7 | 28.6 | 27.8 | 27.5 | 28.3 | 27.8 | 28.0 | 28.3 | 28.4 | 28.1 | 28.0 |
| ต.ค. | 28.1 | 28.4 | 27.5 | 28.4 | 28.4 | 27.9 | 28.2 | 27.6 | 28.4 | 27.9 | 28.1 |
| พ.ย. | 26.7 | 26.5 | 26.5 | 25.6 | 24.7 | 26.8 | 27.2 | 27.1 | 27.2 | 26.6 | 26.5 |
| ธ.ค. | 26.2 | 25.3 | 22.4 | 25.7 | 25.6 | 26.5 | 23.7 | 23.8 | 24.9 | 23.9 | 24.8 |
| ตลอด | 27.8 | 28.8 | 27.5 | 27.7 | 28.1 | 28.1 | 28.0 | 27.9 | 28.4 | 28.0 | 28.0 |

**ตารางผนวกที่ 2** สมบัติทางกายภาพของดินที่สูงที่ทำการศึกษา

| Depth (cm) | Horizon | Particle size distribution ($g\ kg^{-1}$) (USDA grading) | | | Textural class | Bulk density ($Mg\ m^{-3}$) | Hydraulic conductivity ($cm\ hr^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Sand | Silt | Clay | | | |
| **Pedon 1 Typic Paleudult, very fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | |
| 0-30/40 | Ap | 81 | 357 | 562 | C | 1.07 | 0.71 |
| 40-61 | Bt1 | 66 | 305 | 629 | C | 1.09 | 6.33 |
| 61-81 | Bt2 | 39 | 228 | 733 | C | 1.15 | 0.27 |
| 81-103 | Bt3 | 29 | 215 | 757 | C | 1.34 | $3.74 \times 10^{-3}$ |
| 103-131 | Bt4 | 28 | 246 | 726 | C | 1.33 | $2.67 \times 10^{-3}$ |
| 131-154 | Bt5 | 38 | 374 | 588 | C | 1.32 | 0.14 |
| 154-179 | Bt6 | 41 | 343 | 617 | C | 1.17 | $7.88 \times 10^{-2}$ |
| 179-200+ | Bt7 | 63 | 424 | 513 | SiC | 1.23 | $3.20 \times 10^{-3}$ |
| **Pedon 2 Typic Paleudult, fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | |
| 0-20 | Ap | 435 | 288 | 277 | SCL | 1.08 | 1.26 |
| 20-46/51 | AB | 377 | 293 | 330 | CL | 1.14 | 16.12 |
| 51-72 | Bt1 | 338 | 244 | 417 | C | 1.34 | 1.60 |
| 72-102 | Bt2 | 300 | 232 | 468 | C | 1.34 | 1.04 |
| 102-130 | Bt3 | 305 | 236 | 460 | C | 1.28 | 1.85 |
| 130-160 | Bt4 | 314 | 244 | 441 | C | 1.35 | 6.34 |
| 160-200+ | Bt5 | 337 | 214 | 449 | C | 1.32 | 8.75 |
| **Pedon 3 Typic Paleudult, very fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | |
| 0-10 | Ap | 108 | 298 | 594 | C | 1.11 | 11.25 |
| 10-31 | Bt1 | 79 | 256 | 665 | C | 1.19 | 0.89 |
| 31-56 | Bt2 | 69 | 234 | 697 | C | 1.23 | 0.25 |
| 56-81 | Bt3 | 41 | 230 | 729 | C | 1.35 | 0.16 |
| 81-112 | Bt4 | 29 | 237 | 734 | C | 1.32 | $1.88 \times 10^{-2}$ |
| 112-142 | Bt5 | 35 | 252 | 714 | C | 1.33 | $2.40 \times 10^{-3}$ |
| 142-175 | Bt6 | 27 | 275 | 698 | C | 1.24 | $3.22 \times 10^{-3}$ |
| 175-200+ | Bt7 | 26 | 307 | 667 | C | 1.29 | $4.28 \times 10^{-3}$ |
| **Pedon 4 Typic Paleudalf, fine-loamy, mixed, active, isohyperthermic** | | | | | | | |
| 0-25 | Ap1 | 307 | 397 | 297 | CL (GCL)[1] | 1.12 | 3.70 |
| 25-45 | Ap2 | 330 | 351 | 319 | CL (GCL)[2] | 1.07 | 4.16 |
| 45-60 | AB | 340 | 383 | 277 | CL | 1.47 | 8.60 |
| 60-82 | Btc | 284 | 377 | 339 | CL | 1.21 | 2.18 |
| 82-100 | Bt1 | 229 | 382 | 389 | C | 1.45 | $4.82 \times 10^{-3}$ |
| 100-122 | 2Bt2 | 215 | 341 | 444 | C | 1.39 | $1.20 \times 10^{-2}$ |
| 122-146/150 | 2Bt3 | 230 | 367 | 403 | C | 1.37 | $3.49 \times 10^{-2}$ |
| 150-180 | 2Crt1 | 348 | 378 | 274 | CL | 1.43 | $5.91 \times 10^{-3}$ |
| 180-200+ | 2Crt2 | 412 | 362 | 225 | L | 1.60 | $1.15 \times 10^{-2}$ |
| **Pedon 5 Vertic Hapludalf, very fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | |
| 0-30 | Ap | 85 | 312 | 603 | C | 1.07 | 0.29 |
| 30-50 | Bt1 | 105 | 323 | 572 | C | 1.29 | 1.51 |
| 50-70 | Bt2 | 79 | 242 | 679 | C | 1.35 | $3.72 \times 10^{-2}$ |
| 70-90 | Bt3 | 56 | 219 | 725 | C | 1.32 | $4.59 \times 10^{-2}$ |

**ตารางผนวกที่ 2** (ต่อ)

| Depth (cm) | Horizon | Particle size distribution (g $kg^{-1}$) (USDA grading) | | | Textural class | Bulk density (Mg $m^{-3}$) | Hydraulic conductivity (cm $hr^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Sand | Silt | Clay | | | |
| **Pedon 5 (continued)** | | | | | | | |
| 90-115 | 2Bt4 | 76 | 217 | 707 | C | 1.35 | $1.86 \times 10^{-3}$ |
| 115-142 | 2Bt5 | 80 | 302 | 618 | C | 1.50 | $1.06 \times 10^{-3}$ |
| 142-165/170 | 2Bt6 | 82 | 330 | 588 | C | 1.42 | $1.06 \times 10^{-3}$ |
| 170-200+ | 2Bt7 | 151 | 352 | 497 | C | 1.22 | $3.74 \times 10^{-3}$ |
| **Pedon 6 Typic Paleudult, fine, mixed, semiactive, isohyperthermic** | | | | | | | |
| 0-25 | Ap | 337 | 376 | 287 | CL | 1.16 | 0.59 |
| 25-34/50 | Bt | 163 | 272 | 565 | C | 1.41 | 0.23 |
| 50-65 | BCrt1 | 89 | 278 | 634 | C | 1.41 | $6.71 \times 10^{-3}$ |
| 65-85 | BCrt2 | 120 | 315 | 565 | C | 1.39 | 0.19 |
| 85-125 | Crt | 167 | 199 | 634 | C | 1.37 | $1.09 \times 10^{-2}$ |
| 125-200+ | Cr | 280 | 408 | 311 | CL | 1.63 | $1.12 \times 10^{-2}$ |
| การศึกษาตัวอย่างดินเพิ่มเติมที่ระดับความลึก 0-100 เซนติเมตร | | | | | | | |
| **KKA 1** | | | | | | | |
| 0-30 | Topsoil | 527 | 208 | 265 | SCL | nd | nd |
| 30-60 | Subsoil | 456 | 197 | 347 | C | nd | nd |
| 60-100+ | Subsoil | 450 | 195 | 355 | C | nd | nd |
| **KKA 2** | | | | | | | |
| 0-26 | Topsoil | 184 | 414 | 402 | SiC | nd | nd |
| 26-60 | Subsoil | 62 | 340 | 598 | C | nd | nd |
| 60-100+ | Subsoil | 77 | 457 | 465 | SiC | nd | nd |
| **KKA 3** | | | | | | | |
| 0-30 | Topsoil | 118 | 334 | 548 | C | nd | nd |
| 30-60 | Subsoil | 58 | 277 | 665 | C | nd | nd |
| 60-100+ | Subsoil | 58 | 286 | 655 | C | nd | nd |
| **KKA 4** | | | | | | | |
| 0-20 | Topsoil | 174 | 335 | 492 | C | nd | nd |
| 20-60 | Subsoil | 114 | 343 | 543 | C | nd | nd |
| 60-100+ | Subsoil | 163 | 383 | 453 | C | nd | nd |
| **KKA 5** | | | | | | | |
| 0-20 | Topsoil | 285 | 232 | 482 | C | nd | nd |
| 20-60 | Subsoil | 241 | 240 | 519 | C | nd | nd |
| 60-100+ | Subsoil | 243 | 273 | 485 | C | nd | nd |

**หมายเหตุ** C = clay, SiC = silty clay, CL = clay loam,
L = loam, SCL = sandy clay loam
nd = not data
1 พบว่ามีกรวดปนในเนื้อดินร้อยละ 18.4 โดยปริมาตร
2 พบว่ามีกรวดปนในเนื้อดินร้อยละ 18.3 โดยปริมาตร

**ตารางผนวกที่ 3** สมบัติทางเคมีของดินที่สูงที่ทำการศึกษา

| Depth | Horizon | pH 1:1 | | $EC_e$ | OM | Total | Avail. | Avail. | Extractable bases | | | | Sum | Extr. | Extr. | ECEC | CEC | | Al | BS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (cm) | | $H_2O$ | KCl | | | N | P | K | Ca | Mg | K | Na | bases | acidity | Al | | By sum | $NH_4OAc$ | saturation | by sum |
| | | | | ($dS\ m^{-1}$) | (---g $kg^{-1}$----) | | (-----mg $kg^{-1}$------) | | (----------cmol $kg^{-1}$----------) | | | | | | | | | | (----------(%)---------) | |
| **Pedon 1 Typic Paleudult, very fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-30/40 | Ap | 5.0 | 4.1 | 0.33 | 42.1 | 1.87 | 1.44 | 73.53 | 5.48 | 1.99 | 0.19 | 0.26 | 7.91 | 8.05 | 0.28 | 8.19 | 16.0 | 17.9 | 3.43 | 49.55 |
| 40-61 | Bt1 | 5.3 | 3.4 | 0.16 | 18.4 | 0.82 | 0.75 | 21.08 | 1.68 | 1.37 | 0.05 | 0.22 | 3.31 | 9.23 | 2.13 | 5.44 | 12.5 | 13.4 | 39.12 | 26.43 |
| 61-81 | Bt2 | 5.6 | 3.6 | 0.07 | 11.7 | 0.70 | 1.43 | 11.95 | 0.72 | 0.81 | 0.03 | 0.29 | 1.84 | 9.07 | 2.02 | 3.86 | 10.9 | 14.4 | 52.24 | 16.88 |
| 81-103 | Bt3 | 5.4 | 3.5 | 0.07 | 7.4 | 0.50 | 0.56 | 18.98 | 0.52 | 0.43 | 0.05 | 0.24 | 1.23 | 8.22 | 1.94 | 3.17 | 9.5 | 15.5 | 61.20 | 13.03 |
| 103-131 | Bt4 | 5.8 | 3.5 | 0.05 | 5.4 | 0.47 | 0.46 | 17.91 | 0.62 | 0.39 | 0.04 | 0.27 | 1.32 | 9.41 | 1.82 | 3.14 | 10.7 | 14.7 | 58.02 | 12.29 |
| 131-154 | Bt5 | 5.6 | 3.5 | 0.10 | 7.1 | 0.54 | 0.46 | 12.49 | 0.56 | 0.26 | 0.03 | 0.26 | 1.11 | 9.54 | 1.95 | 3.06 | 10.6 | 14.5 | 63.82 | 10.39 |
| 154-179 | Bt6 | 5.5 | 3.4 | 0.08 | 5.2 | 0.41 | 0.45 | 13.98 | 0.62 | 0.23 | 0.03 | 0.26 | 1.14 | 8.51 | 2.67 | 3.81 | 9.7 | 13.2 | 69.99 | 11.86 |
| 179-200+ | Bt7 | 5.4 | 3.3 | 0.12 | 2.8 | 0.44 | 0.74 | 15.88 | 0.47 | 0.17 | 0.04 | 0.24 | 0.92 | 8.04 | 3.36 | 4.28 | 9.0 | 12.7 | 78.43 | 10.29 |
| **Pedon 2 Typic Paleudult, fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-20 | Ap | 5.7 | 4.1 | 0.51 | 26.4 | 1.78 | 9.31 | 166.05 | 3.13 | 0.95 | 0.42 | 0.29 | 4.79 | 5.31 | 0.06 | 4.85 | 10.1 | 9.1 | 1.21 | 47.42 |
| 20-46/51 | AB | 5.9 | 4.1 | 0.32 | 11.5 | 0.86 | 0.72 | 123.80 | 2.62 | 0.70 | 0.31 | 0.24 | 3.86 | 5.06 | 0.05 | 3.92 | 8.9 | 7.4 | 1.38 | 43.31 |
| 51-72 | Bt1 | 5.7 | 3.7 | 0.25 | 6.1 | 0.58 | 1.39 | 100.10 | 2.38 | 0.88 | 0.25 | 0.24 | 3.74 | 4.30 | 0.27 | 4.01 | 8.0 | 9.4 | 6.62 | 46.56 |
| 72-102 | Bt2 | 5.0 | 3.3 | 0.18 | 7.2 | 0.69 | 7.35 | 26.89 | 0.69 | 0.56 | 0.07 | 0.22 | 1.53 | 6.39 | 1.25 | 2.78 | 7.9 | 10.5 | 45.03 | 19.30 |
| 102-130 | Bt3 | 4.7 | 3.4 | 0.23 | 4.2 | 0.47 | 0.10 | 10.65 | 0.21 | 0.36 | 0.03 | 0.20 | 0.80 | 6.56 | 1.34 | 2.14 | 7.4 | 8.1 | 62.52 | 10.87 |
| 130-160 | Bt4 | 4.8 | 3.4 | 0.55 | 3.4 | 0.51 | 0.11 | 12.15 | 0.14 | 0.32 | 0.03 | 0.20 | 0.69 | 4.78 | 1.10 | 1.79 | 5.5 | 9.2 | 61.58 | 12.59 |
| 160-200+ | Bt5 | 4.6 | 3.3 | 0.68 | 3.8 | 0.48 | 0.11 | 15.56 | 0.17 | 0.24 | 0.04 | 0.22 | 0.66 | 5.77 | 1.25 | 1.91 | 6.4 | 7.4 | 65.54 | 10.22 |

**ตารางผนวกที่ 3** (ต่อ)

| Depth | | pH 1:1 | | $EC_e$ | OM | Total | Avail. | Avail. | Extractable bases | | | | Sum | Extr. | Extr. | ECEC | CEC | | Al | BS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (cm) | | $H_2O$ | KCl | | | N | P | K | Ca | Mg | K | Na | bases | acidity | Al | | By sum | $NH_4OAc$ | saturation | by sum |
| | | | | ($dS\ m^{-1}$) | (----g $kg^{-1}$---) | | (----mg $kg^{-1}$----) | | (----------cmol $kg^{-1}$---------- | | | | | | | | | | (--------- (%)--------) | |
| **Pedon 3 Typic Paleudult, very fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-10 | Ap | 5.3 | 3.7 | 0.42 | 37.9 | 2.38 | 0.85 | 248.9 | 3.84 | 1.55 | 0.62 | 0.29 | 6.30 | 10.66 | 0.29 | 6.60 | 17.0 | 16.6 | 4.47 | 37.16 |
| 10-31 | Bt1 | 5.1 | 3.4 | 0.44 | 25.8 | 1.73 | 0.02 | 110.2 | 1.35 | 0.59 | 0.28 | 0.28 | 2.49 | 10.54 | 1.48 | 3.98 | 13.0 | 14.6 | 37.29 | 19.13 |
| 31-56 | Bt2 | 5.2 | 3.3 | 0.26 | 17.7 | 0.81 | 0.02 | 38.64 | 0.45 | 0.26 | 0.10 | 0.24 | 1.04 | 10.69 | 2.27 | 3.31 | 11.7 | 14.9 | 68.57 | 8.87 |
| 56-81 | Bt3 | 5.4 | 3.3 | 0.10 | 13.3 | 0.84 | 0.02 | 23.00 | 0.28 | 0.42 | 0.06 | 0.25 | 1.00 | 9.29 | 2.06 | 3.06 | 10.3 | 13.3 | 67.35 | 9.73 |
| 81-112 | Bt4 | 5.5 | 3.4 | 0.18 | 7.3 | 0.63 | 0.02 | 14.36 | 0.14 | 0.41 | 0.04 | 0.20 | 0.78 | 8.21 | 1.86 | 2.64 | 9.0 | 13.7 | 70.42 | 8.70 |
| 112-142 | Bt5 | 5.5 | 3.5 | 0.06 | 5.7 | 0.53 | 0.02 | 19.58 | 0.20 | 0.48 | 0.05 | 0.20 | 0.93 | 8.75 | 2.06 | 2.99 | 9.7 | 12.7 | 68.81 | 9.64 |
| 142-175 | Bt6 | 5.6 | 3.4 | 0.05 | 3.9 | 0.49 | 1.45 | 16.08 | 0.09 | 0.31 | 0.04 | 0.16 | 0.60 | 9.01 | 2.21 | 2.80 | 9.6 | 13.3 | 78.71 | 6.21 |
| 175-200+ | Bt7 | 5.6 | 3.4 | 0.43 | 2.8 | 0.52 | 0.20 | 27.87 | 0.07 | 0.26 | 0.07 | 0.25 | 0.66 | 8.83 | 2.08 | 2.74 | 9.5 | 14.3 | 75.94 | 6.94 |
| **Pedon 4 Typic Paleudalf, fine-loamy, mixed, active, isohyperthermic** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-25 | Ap1 | 5.9 | 4.1 | 0.45 | 27.3 | 1.96 | 1.77 | 78.69 | 9.19 | 3.03 | 0.20 | 0.27 | 12.68 | 5.15 | 0.06 | 12.74 | 17.8 | 18.5 | 0.45 | 71.12 |
| 25-45 | Ap2 | 6.0 | 4.2 | 0.37 | 18.1 | 1.33 | 0.11 | 40.79 | 8.73 | 2.49 | 0.10 | 0.28 | 11.60 | 5.61 | 0.11 | 11.71 | 17.2 | 17.9 | 0.95 | 67.42 |
| 45-60 | AB | 5.9 | 4.1 | 0.36 | 17.7 | 1.41 | 3.51 | 22.10 | 8.80 | 2.35 | 0.06 | 0.24 | 11.44 | 6.72 | 0.14 | 11.58 | 18.2 | 16.9 | 1.22 | 63.01 |
| 60-82 | Btc | 6.0 | 3.8 | 0.61 | 9.7 | 0.70 | 0.11 | 16.45 | 8.71 | 2.71 | 0.04 | 0.25 | 11.72 | 5.40 | 0.17 | 11.89 | 17.1 | 16.0 | 1.46 | 68.47 |
| 82-100 | Bt1 | 6.0 | 3.1 | 0.24 | 7.3 | 0.55 | 0.73 | 21.56 | 9.46 | 4.04 | 0.05 | 0.35 | 13.91 | 7.25 | 0.72 | 14.63 | 21.2 | 20.8 | 4.93 | 65.73 |
| 100-122 | 2Bt2 | 5.8 | 3.1 | 0.23 | 5.8 | 0.57 | 0.11 | 35.25 | 10.6 | 5.20 | 0.09 | 0.40 | 16.31 | 9.63 | 2.36 | 18.67 | 25.9 | 26.9 | 12.63 | 62.87 |
| 122-146/150 | 2Bt3 | 6.0 | 3.0 | 0.21 | 4.3 | 0.46 | 0.11 | 33.92 | 9.78 | 5.79 | 0.08 | 0.73 | 16.39 | 10.70 | 3.31 | 19.70 | 27.1 | 28.7 | 16.81 | 60.50 |
| 150-180 | 2Crt1 | 5.9 | 3.0 | 0.25 | 3.4 | 0.42 | 0.11 | 32.11 | 8.98 | 5.63 | 0.08 | 1.09 | 15.78 | 8.50 | 1.91 | 17.69 | 24.3 | 24.3 | 10.78 | 64.99 |
| 180-200+ | 2Crt2 | 5.9 | 3.0 | 0.31 | 1.8 | 0.25 | 0.02 | 22.67 | 11.2 | 6.53 | 0.06 | 1.71 | 19.55 | 6.46 | 0.88 | 20.42 | 26.0 | 24.3 | 4.30 | 75.15 |

**ตารางผนวกที่ 3** (ต่อ)

| Depth | Horizon | pH 1:1 | | $EC_e$ | OM | Total | Avail. | Avail. | Extractable bases | | | | Sum | Extr. | Extr. | ECEC | CEC | | Al | BS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (cm) | | $H_2O$ | KCl | | | N | P | K | Ca | Mg | K | Na | bases | acidity | Al | | By sum | $NH_4OAc$ | saturation | by sum |
| | | | | ($dS\ m^{-1}$) | (----g $kg^{-1}$--) | | (----mg $kg^{-1}$----) | | (----------cmol $kg^{-1}$----------) | | | | | | | | | | (---------(%)----------) | |
| **Pedon 5 Vertic Hapludalf, very fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-30 | Ap | 5.4 | 4.0 | 0.29 | 24.5 | 1.44 | 1.10 | 32.44 | 9.69 | 2.70 | 0.08 | 0.26 | 12.74 | 7.51 | 0.18 | 12.91 | 20.2 | 19.7 | 1.36 | 62.91 |
| 30-50 | Bt1 | 5.6 | 4.0 | 0.25 | 16.3 | 0.87 | 0.11 | 22.61 | 10.41 | 2.75 | 0.06 | 0.27 | 13.48 | 6.71 | 0.21 | 13.69 | 20.2 | 20.3 | 1.50 | 66.77 |
| 50-70 | Bt2 | 5.5 | 3.9 | 0.29 | 13.3 | 0.65 | 0.75 | 12.44 | 9.86 | 2.72 | 0.03 | 0.20 | 12.81 | 7.29 | 0.25 | 13.05 | 20.1 | 21.6 | 1.90 | 63.73 |
| 70-90 | Bt3 | 5.5 | 3.9 | 0.26 | 12.1 | 1.00 | 0.11 | 23.54 | 9.72 | 3.02 | 0.06 | 0.28 | 13.08 | 7.07 | 0.30 | 13.38 | 20.1 | 20.2 | 2.22 | 64.92 |
| 90-115 | 2Bt4 | 5.7 | 3.9 | 0.22 | 10.6 | 0.84 | 0.11 | 13.63 | 9.97 | 3.10 | 0.03 | 0.23 | 13.33 | 7.56 | 0.36 | 13.70 | 20.9 | 20.6 | 2.66 | 63.82 |
| 115-142 | 2Bt5 | 5.7 | 4.1 | 0.20 | 7.3 | 0.54 | 0.02 | 27.10 | 9.31 | 3.10 | 0.07 | 0.27 | 12.75 | 6.50 | 0.38 | 13.12 | 19.2 | 25.2 | 2.88 | 66.23 |
| 142-165/170 | 2Bt6 | 5.9 | 4.0 | 0.17 | 5.6 | 0.36 | 0.02 | 43.26 | 12.48 | 4.36 | 0.11 | 0.26 | 17.21 | 6.52 | 0.51 | 17.72 | 23.7 | 23.5 | 2.88 | 72.51 |
| 170-200+ | 2Bt7 | 5.9 | 3.9 | 0.35 | 4.3 | 0.48 | 0.02 | 31.59 | 11.43 | 4.27 | 0.08 | 0.30 | 16.08 | 6.56 | 0.17 | 16.26 | 22.6 | 24.7 | 1.08 | 71.04 |
| **Pedon 6 Typic Paleudult, fine, mixed, semiactive, isohyperthermic** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-25 | Ap | 4.8 | 3.3 | 0.39 | 32.5 | 1.67 | 6.61 | 50.98 | 2.23 | 1.05 | 0.13 | 0.19 | 3.60 | 8.30 | 1.06 | 4.67 | 11.9 | 25.7 | 22.80 | 30.27 |
| 25-34/50 | Bt | 4.5 | 3.2 | 0.28 | 16.6 | 1.10 | 0.39 | 34.13 | 2.01 | 0.98 | 0.09 | 0.28 | 3.35 | 12.71 | 4.21 | 7.56 | 16.1 | 18.4 | 55.70 | 20.85 |
| 50-65 | BCrt1 | 4.5 | 3.1 | 0.33 | 12.6 | 0.93 | 0.75 | 35.35 | 0.80 | 0.70 | 0.09 | 0.26 | 1.85 | 14.32 | 5.91 | 7.77 | 16.2 | 28.5 | 76.14 | 11.46 |
| 65-85 | BCrt2 | 4.3 | 3.2 | 0.25 | 7.6 | 0.54 | 0.22 | 25.29 | 0.39 | 0.48 | 0.06 | 0.28 | 1.21 | 14.06 | 6.28 | 7.49 | 15.3 | 23.8 | 83.79 | 7.95 |
| 85-125 | Crt | 4.2 | 3.1 | 0.28 | 7.2 | 0.57 | 0.04 | 15.53 | 0.18 | 0.35 | 0.04 | 0.26 | 0.83 | 13.91 | 6.50 | 7.32 | 14.7 | 25.0 | 88.73 | 5.60 |
| 125-200+ | Cr | 4.2 | 3.2 | 0.27 | 1.8 | 0.39 | 0.38 | 16.56 | 0.01 | 0.15 | 0.04 | 0.28 | 0.48 | 11.52 | 5.84 | 6.31 | 12.0 | 19.2 | 92.45 | 3.97 |

**ตารางผนวกที่ 3** (ต่อ)

| Depth | Horizon | pH 1:1 | | $EC_e$ | OM | Total | Avail. | Avail. | Extractable bases | | | | Sum | Extr. | Extr. | ECEC | CEC | | Al | BS |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (cm) | | $H_2O$ | KCl | | | N | P | K | Ca | Mg | K | Na | bases | acidity | Al | | By sum | $NH_4OAc$ | saturation | by sum |
| | | | | ($dS\ m^{-1}$) | (-----g $kg^{-1}$----) | | (----mg $kg^{-1}$----) | | (----------cmol $kg^{-1}$----------) | | | | | | | | | | (---------(%)---------) | |
| การศึกษาตัวอย่างดินเพิ่มเติมที่ระดับความลึก 0-100 เซนติเมตร | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| **KKA 1** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-30 | Topsoil | 4.5 | 3.2 | 0.30 | 24.27 | 1.22 | 38.04 | 37.06 | 0.09 | 0.08 | 0.09 | 0.24 | 0.50 | 7.59 | 1.52 | 2.02 | 8.1 | 9.3 | 75.12 | 6.22 |
| 30-60 | Subsoil | 4.5 | 3.2 | 0.23 | 2.76 | 0.66 | 0.38 | 17.38 | 0.04 | 0.07 | 0.04 | 0.25 | 0.40 | 6.26 | 1.83 | 2.23 | 6.7 | 8.1 | 82.01 | 6.02 |
| 60-100+ | Subsoil | 4.9 | 3.3 | 0.20 | 6.49 | 0.57 | 0.38 | 9.46 | 0.02 | 0.06 | 0.02 | 0.25 | 0.35 | 6.08 | 1.93 | 2.29 | 6.4 | 9.5 | 84.53 | 5.50 |
| **KKA 2** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-26 | Topsoil | 4.9 | 3.4 | 0.28 | 36.31 | 1.75 | 0.73 | 55.69 | 0.17 | 0.52 | 0.14 | 0.27 | 1.10 | 9.18 | 2.01 | 3.11 | 10.3 | 18.4 | 64.52 | 10.73 |
| 26-60 | Subsoil | 4.9 | 3.3 | 0.21 | 13.57 | 1.05 | 0.39 | 53.79 | 0.05 | 0.13 | 0.13 | 0.24 | 0.56 | 10.66 | 4.27 | 4.82 | 11.2 | 18.8 | 88.42 | 4.98 |
| 60-100+ | Subsoil | 4.8 | 3.3 | 0.21 | 5.54 | 0.68 | 0.73 | 53.46 | 0.05 | 0.25 | 0.13 | 0.24 | 0.68 | 11.00 | 4.12 | 4.80 | 11.7 | 18.6 | 85.92 | 5.79 |
| **KKA 3** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-30 | Topsoil | 5.2 | 3.8 | 0.26 | 32.05 | 1.64 | 0.20 | 66.79 | 3.29 | 1.80 | 0.17 | 0.27 | 5.52 | 6.52 | 0.23 | 5.75 | 12.0 | 14.4 | 3.96 | 45.87 |
| 30-60 | Subsoil | 5.5 | 4.6 | 0.22 | 13.43 | 0.63 | 0.20 | 14.95 | 3.42 | 1.76 | 0.04 | 0.66 | 5.88 | 5.70 | 0.22 | 6.10 | 11.6 | 14.7 | 3.65 | 50.76 |
| 60-100+ | Subsoil | 5.6 | 4.0 | 0.14 | 9.76 | 0.68 | 0.19 | 7.50 | 2.34 | 1.52 | 0.02 | 0.25 | 4.13 | 6.45 | 0.27 | 4.40 | 10.6 | 14.2 | 6.04 | 39.05 |
| **KKA 4** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-20 | Topsoil | 5.7 | 3.9 | 0.23 | 72.84 | 1.18 | 0.19 | 37.92 | 6.60 | 3.35 | 0.09 | 0.27 | 10.31 | 7.03 | 0.33 | 10.6 | 17.3 | 29.9 | 3.09 | 59.45 |
| 20-60 | Subsoil | 5.7 | 3.8 | 0.22 | 6.24 | 0.64 | 0.20 | 21.98 | 6.27 | 3.89 | 0.05 | 0.35 | 10.56 | 6.79 | 0.43 | 10.9 | 17.4 | 24.9 | 3.88 | 60.86 |
| 60-100+ | Subsoil | 6.0 | 3.9 | 0.22 | 5.94 | 0.53 | 0.20 | 23.95 | 7.02 | 4.33 | 0.06 | 0.36 | 11.77 | 6.47 | 0.56 | 12.3 | 18.2 | 23.3 | 4.54 | 64.53 |
| **KKA 5** | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0-20 | Topsoil | 5.6 | 3.3 | 0.17 | 23.63 | 0.84 | 0.39 | 33.33 | 0.49 | 0.78 | 0.08 | 0.24 | 1.59 | 9.70 | 2.57 | 4.17 | 11.3 | 14.6 | 61.79 | 14.10 |
| 20-60 | Subsoil | 5.5 | 3.3 | 0.08 | 4.30 | 0.41 | 0.39 | 6.88 | 0.07 | 0.36 | 0.02 | 0.26 | 0.71 | 10.21 | 3.97 | 4.69 | 10.9 | 19.8 | 84.76 | 6.54 |
| 60-100+ | Subsoil | 5.4 | 3.2 | 0.12 | 3.98 | 0.42 | 0.49 | 8.54 | 0.06 | 0.38 | 0.02 | 0.25 | 0.71 | 10.55 | 4.23 | 4.94 | 11.3 | 17.7 | 85.54 | 6.35 |

**ตารางผนวกที่ 4** ปริมาณเหล็ก อะลูมินัม และแมงกานีสที่สกัดด้วยไดไธโอไนต์-ซิเตรต-ไบคาร์บอเนต, ออกซาเลต และไพโรฟอสเฟตของดินที่สูงที่ทำการศึกษา

| Depth (cm) | Horizon | $Fe_d$ | $Fe_o$ | $Fe_p$ | $Fe_o/Fe_d$ | $Al_d$ | $Al_o$ | $Al_p$ | $Mn_d$ | $Mn_o$ | $Mn_p$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (----------g $kg^{-1}$----------) | | | | (----------g $kg^{-1}$----------) | | | | | |
| **Pedon 1 Typic Paleudult, very fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | | | | | |
| 0-30/40 | Ap | 28.34 | 6.41 | 8.56 | 0.23 | 16.79 | 4.04 | 9.34 | 5.71 | 1.62 | 0.24 |
| 40-61 | Bt1 | 55.14 | 7.71 | 13.28 | 0.14 | 9.48 | 4.48 | 17.66 | 1.66 | 1.09 | 0.16 |
| 61-81 | Bt2 | 55.40 | 2.77 | 15.83 | 0.05 | 9.47 | 4.11 | 19.85 | 0.61 | 0.25 | 0.13 |
| 81-103 | Bt3 | 57.36 | 2.58 | 16.72 | 0.05 | 9.77 | 4.79 | 19.08 | 0.44 | 0.16 | 0.11 |
| 103-131 | Bt4 | 53.43 | 3.16 | 14.58 | 0.06 | 8.60 | 4.07 | 18.38 | 0.36 | 0.16 | 0.09 |
| 131-154 | Bt5 | 53.97 | 3.27 | 14.02 | 0.06 | 8.76 | 3.82 | 15.95 | 0.27 | 0.10 | 0.07 |
| 154-179 | Bt6 | 51.66 | 2.41 | 9.23 | 0.05 | 6.73 | 3.72 | 9.29 | 0.18 | 0.09 | 0.03 |
| 179-200+ | Bt7 | 56.88 | 2.21 | 5.42 | 0.04 | 5.64 | 3.30 | 4.92 | 0.11 | 0.06 | 0.01 |
| **Pedon 2 Typic Paleudult, fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | | | | | |
| 0-20 | Ap | 11.95 | 2.94 | 4.78 | 0.25 | 2.97 | 2.64 | 12.35 | 0.39 | 0.36 | 0.12 |
| 20-46/51 | AB | 19.17 | 3.92 | 8.33 | 0.20 | 3.46 | 3.06 | 23.25 | 0.25 | 0.25 | 0.05 |
| 51-72 | Bt1 | 17.40 | 2.54 | 11.22 | 0.15 | 3.45 | 2.48 | 33.73 | 0.07 | 0.06 | 0.04 |
| 72-102 | Bt2 | 21.67 | 3.39 | 12.19 | 0.16 | 4.13 | 3.07 | 36.12 | 0.06 | 0.06 | 0.04 |
| 102-130 | Bt3 | 25.64 | 2.16 | 14.91 | 0.08 | 5.03 | 2.94 | 43.81 | 0.05 | 0.05 | 0.04 |
| 130-160 | Bt4 | 19.59 | 2.80 | 14.23 | 0.14 | 4.33 | 3.48 | 40.90 | 0.05 | 0.05 | 0.04 |
| 160-200+ | Bt5 | 19.79 | 1.96 | 11.54 | 0.10 | 4.60 | 4.05 | 32.56 | 0.04 | 0.05 | 0.03 |
| **Pedon 3 Typic Paleudult, very fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | | | | | |
| 0-10 | Ap | 53.30 | 6.05 | 11.29 | 0.11 | 15.94 | 3.65 | 17.13 | 1.36 | 0.41 | 0.14 |
| 10-31 | Bt1 | 48.69 | 5.53 | 14.27 | 0.11 | 16.72 | 3.30 | 20.44 | 1.19 | 0.34 | 0.10 |
| 31-56 | Bt2 | 51.37 | 5.60 | 14.56 | 0.11 | 9.43 | 4.86 | 23.12 | 0.32 | 0.17 | 0.05 |
| 56-81 | Bt3 | 49.01 | 2.22 | 13.47 | 0.05 | 8.30 | 3.64 | 24.27 | 0.20 | 0.06 | 0.04 |
| 81-112 | Bt4 | 49.87 | 3.41 | 11.37 | 0.07 | 8.15 | 4.33 | 19.69 | 0.19 | 0.06 | 0.04 |
| 112-142 | Bt5 | 52.16 | 1.26 | 10.33 | 0.02 | 7.68 | 4.35 | 17.05 | 0.24 | 0.06 | 0.04 |
| 142-175 | Bt6 | 48.90 | 1.39 | 9.56 | 0.03 | 6.18 | 4.35 | 16.34 | 0.19 | 0.07 | 0.03 |
| 175-200+ | Bt7 | 50.87 | 1.34 | 7.49 | 0.03 | 5.67 | 3.31 | 11.13 | 0.20 | 0.07 | 0.02 |
| **Pedon 4 Typic Paleudalf, fine-loamy, mixed, active, isohyperthermic** | | | | | | | | | | | |
| 0-25 | Ap1 | 45.33 | 5.19 | 3.30 | 0.11 | 4.08 | 1.95 | 4.78 | 0.76 | 0.63 | 0.11 |
| 25-45 | Ap2 | 53.77 | 5.14 | 4.65 | 0.10 | 4.66 | 2.12 | 7.04 | 0.90 | 0.67 | 0.09 |
| 45-60 | AB | 48.22 | 3.88 | 3.80 | 0.08 | 4.12 | 1.71 | 5.57 | 1.11 | 0.77 | 0.09 |
| 60-82 | Btc | 54.27 | 3.86 | 5.35 | 0.07 | 5.21 | 1.61 | 9.28 | 0.83 | 0.51 | 0.05 |
| 82-100 | Bt1 | 42.17 | 2.36 | 6.40 | 0.06 | 4.47 | 1.91 | 11.12 | 0.38 | 0.28 | 0.04 |
| 100-122 | 2Bt2 | 26.23 | 1.82 | 5.28 | 0.07 | 4.02 | 3.12 | 12.67 | 0.51 | 0.34 | 0.03 |

**ตารางผนวกที่ 4** (ต่อ)

| Depth (cm) | Horizon | $Fe_d$ | $Fe_o$ | $Fe_p$ | $Fe_o/Fe_d$ | $Al_d$ | $Al_o$ | $Al_p$ | $Mn_d$ | $Mn_o$ | $Mn_p$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (----------g $kg^{-1}$----------) | | | | (----------g $kg^{-1}$----------) | | | | | |
| **Pedon 4 (continued)** | | | | | | | | | | | |
| 122-146/150 | 2Bt3 | 23.57 | 2.20 | 6.33 | 0.09 | 3.84 | 3.38 | 13.49 | 0.45 | 0.29 | 0.02 |
| 150-180 | 2Crt1 | 17.38 | 2.41 | 4.53 | 0.14 | 4.80 | 2.90 | 12.65 | 0.38 | 0.27 | 0.03 |
| 180-200+ | 2Crt2 | 13.29 | 2.09 | 3.43 | 0.16 | 1.23 | 1.30 | 9.06 | 0.43 | 0.32 | 0.03 |
| **Pedon 5 Vertic Hapludalf, very fine, kaolinitic, isohyperthermic** | | | | | | | | | | | |
| 0-30 | Ap | 66.04 | 5.67 | 9.47 | 0.09 | 14.49 | 3.26 | 17.22 | 3.75 | 1.10 | 0.13 |
| 30-50 | Bt1 | 52.11 | 4.96 | 9.55 | 0.10 | 6.10 | 2.96 | 18.76 | 1.51 | 0.86 | 0.11 |
| 50-70 | Bt2 | 48.39 | 2.89 | 12.39 | 0.06 | 6.11 | 2.53 | 26.15 | 0.49 | 0.23 | 0.07 |
| 70-90 | Bt3 | 44.34 | 2.92 | 13.00 | 0.07 | 6.84 | 2.74 | 29.08 | 0.37 | 0.21 | 0.05 |
| 90-115 | 2Bt4 | 46.80 | 3.42 | 11.63 | 0.07 | 5.90 | 2.79 | 28.37 | 0.38 | 0.24 | 0.03 |
| 115-142 | 2Bt5 | 45.83 | 2.97 | 12.15 | 0.06 | 5.75 | 3.45 | 28.73 | 0.44 | 0.27 | 0.03 |
| 142-165/170 | 2Bt6 | 41.00 | 2.37 | 7.87 | 0.06 | 4.63 | 3.13 | 21.43 | 0.42 | 0.26 | 0.02 |
| 170-200+ | 2Bt7 | 38.97 | 2.41 | 6.90 | 0.06 | 4.09 | 2.94 | 17.36 | 0.36 | 0.22 | 0.02 |
| **Pedon 6 Typic Paleudult, fine, mixed, semiactive, isohyperthermic** | | | | | | | | | | | |
| 0-25 | Ap | 29.38 | 4.71 | 5.36 | 0.16 | 3.25 | 2.00 | 11.05 | 0.36 | 0.31 | 0.14 |
| 25-34/50 | Bt | 45.30 | 4.02 | 14.48 | 0.09 | 5.32 | 3.14 | 36.90 | 0.05 | 0.07 | 0.05 |
| 50-65 | BCrt1 | 49.69 | 5.22 | 12.72 | 0.11 | 6.67 | 4.67 | 38.08 | 0.02 | 0.06 | 0.04 |
| 65-85 | BCrt2 | 49.66 | 3.41 | 9.02 | 0.07 | 5.72 | 4.37 | 33.21 | 0.03 | 0.07 | 0.03 |
| 85-125 | Crt | 36.95 | 3.43 | 8.31 | 0.09 | 5.25 | 4.04 | 32.20 | 0.01 | 0.03 | 0.03 |
| 125-200+ | Cr | 33.79 | 2.47 | 3.45 | 0.07 | 2.92 | 3.07 | 14.00 | 0.69 | 0.06 | 0.02 |
| การศึกษาตัวอย่างดินเพิ่มเติมที่ระดับความลึก 0-100 เซนติเมตร | | | | | | | | | | | |
| **KKA 1** | | | | | | | | | | | |
| 0-30 | Topsoil | 9.85 | 3.12 | 6.00 | 0.32 | 2.33 | 1.44 | 11.80 | 0.32 | 0.27 | 0.09 |
| 30-60 | Subsoil | 12.43 | 2.65 | 7.38 | 0.21 | 2.49 | 1.39 | 16.77 | 0.16 | 0.16 | 0.05 |
| 60-100+ | Subsoil | 15.85 | 1.52 | 7.81 | 0.10 | 2.87 | 1.59 | 17.96 | 0.06 | 0.07 | 0.03 |
| **KKA 2** | | | | | | | | | | | |
| 0-26 | Topsoil | 22.59 | 5.92 | 9.49 | 0.26 | 3.77 | 2.55 | 17.18 | 0.46 | 0.37 | 0.10 |
| 26-60 | Subsoil | 32.53 | 3.29 | 13.42 | 0.10 | 4.77 | 2.51 | 27.05 | 0.07 | 0.08 | 0.03 |
| 60-100+ | Subsoil | 28.55 | 1.03 | 4.43 | 0.04 | 2.93 | 2.14 | 12.65 | 0.07 | 0.06 | 0.01 |
| **KKA 3** | | | | | | | | | | | |
| 0-30 | Topsoil | 60.84 | 5.53 | 9.48 | 0.09 | 6.88 | 2.30 | 16.60 | 1.20 | 0.74 | 0.13 |
| 30-60 | Subsoil | 59.35 | 2.27 | 11.43 | 0.04 | 7.54 | 1.78 | 19.93 | 0.37 | 0.12 | 0.05 |
| 60-100+ | Subsoil | 55.38 | 1.98 | 10.74 | 0.04 | 7.10 | 2.02 | 18.30 | 0.41 | 0.08 | 0.04 |
| **KKA 4** | | | | | | | | | | | |
| 0-20 | Topsoil | 37.06 | 4.18 | 8.16 | 0.11 | 4.42 | 1.51 | 19.52 | 0.96 | 0.48 | 0.15 |

**ตารางผนวกที่ 4** (ต่อ)

| Depth (cm) | Horizon | $Fe_d$ | $Fe_o$ | $Fe_p$ | $Fe_o/Fe_d$ | $Al_d$ | $Al_o$ | $Al_p$ | $Mn_d$ | $Mn_o$ | $Mn_p$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (----------g $kg^{-1}$----------) | | | | (----------g $kg^{-1}$----------) | | | | | |
| **KKA 4 (continued)** | | | | | | | | | | | |
| 20-60 | Subsoil | 34.99 | 3.62 | 8.26 | 0.10 | 3.57 | 2.00 | 21.92 | 1.11 | 0.53 | 0.07 |
| 60-100+ | Subsoil | 23.57 | 3.89 | 6.35 | 0.16 | 2.05 | 2.07 | 17.77 | 1.12 | 0.62 | 0.03 |
| **KKA 5** | | | | | | | | | | | |
| 0-20 | Topsoil | 44.15 | 1.41 | 13.95 | 0.03 | 9.35 | 2.28 | 38.55 | 0.04 | 0.04 | 0.04 |
| 20-60 | Subsoil | 36.18 | 1.55 | 11.01 | 0.04 | 8.75 | 2.94 | 36.91 | 0.01 | 0.02 | 0.03 |
| 60-100+ | Subsoil | 39.15 | 0.91 | 5.50 | 0.02 | 7.12 | 2.05 | 25.26 | 0.01 | 0.05 | 0.02 |

**หมายเหตุ** $Fe_o$, $Al_o$, $Mn_o$ = สกัดด้วย dithionite-citrate-bicarbonate (DCB)

$Fe_o$, $Al_o$, $Mn_o$ = สกัดด้วย ammonium oxalate (pH 3.0) (AOE)

$Fe_p$, $Al_p$, $Mn_p$ = สกัดด้วย 0.1 M sodium pyrophosphate (pH 10) (SPE)

**ตารางผนวกที่ 5** การแบ่งกลุ่มของเนื้อดิน

| คำเรียกทั่วไป | | ชื่อชั้นของเนื้อดินหลัก |
|---|---|---|
| ดินทราย (sandy) | เนื้อหยาบ | ได้แก่ ทรายชนิดต่าง ๆ ตั้งแต่ทรายหยาบมากถึงทรายละเอียดมาก และทรายปนดินร่วนถึงทรายละเอียดมากปนดินร่วน |
| | เนื้อหยาบปานกลาง | ได้แก่ ดินร่วนปนทรายชนิดต่าง ๆ ตั้งแต่ดินร่วนปนทรายหยาบถึงดินร่วนปนทรายละเอียด |
| ดินร่วน (loamy) | เนื้อปานกลาง | ได้แก่ ดินร่วนปนทรายละเอียดมาก ดินร่วน ดินร่วนปนทรายแป้ง และทรายแป้ง |
| | เนื้อละเอียดปานกลาง | ได้แก่ ดินร่วนเหนียว ดินร่วนเหนียวปนทราย ดินร่วนเหนียวปนทรายแป้ง |
| ดินเหนียว (clayey) | เนื้อดินละเอียด | ได้แก่ ดินเหนียวปนทราย ดินเหนียวปนทรายแป้ง และดินเหนียว |

**ที่มา**: เอิบ (2530); Soil Survey Division Staff (1993)

**ตารางผนวกที่ 6** ข้อจำกัดต่างๆ ที่ใช้ในการประเมินระดับสมบัติทางเคมี และการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (เอิบ, 2542ก; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973; Soil Survey Division Staff, 1993)

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

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

2. อินทรียวัตถุ (organic matter) (% organic carbon x 1.724 x 10)

| 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)

| 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. อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (bases saturation)

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

5. ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (CEC)

| ระดับ (rating) | พิสัย ($cmol\ kg^{-1}$) |
|---|---|
| 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 |

6. 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 |

7. 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 |

8. ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ (extractable bases) ($NH_4OAc$)

| ระดับ (rating) | พิสัย (cmol $kg^{-1}$) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 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)

**ตารางผนวกที่ 7** เกณฑ์การแบ่งระดับปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้

| ระดับ (rating) | ปริมาณความเป็นกรดที่สกัดได้ (cmol $kg^{-1}$) |
|---|---|
| ต่ำมาก | < 1.0 |
| ต่ำ | 1.0-2.0 |
| ปานกลาง | 2.0-5.0 |
| ค่อนข้างสูง | 5.0-10.0 |
| สูง | 10.0-20.0 |
| สูงมาก | > 20.0 |

**ที่มา**: นงคราญ (2529)

**ตารางผนวกที่ 8** 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 9** ชั้นของสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินขณะอิ่มตัวด้วยน้ำ

| ระดับชั้น | ค่าสัมประสิทธิ์การนำน้ำของดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (cm $hr^{-1}$) |
|---|---|
| ช้ามาก (very slow) | < 0.125 |
| ช้า (slow) | 0.125-0.50 |
| ช้าปานกลาง (moderately slow) | 0.50-2.00 |
| ปานกลาง (moderate) | 2.00-6.25 |
| เร็วปานกลาง (moderately rapid) | 6.25-12.50 |
| เร็ว (rapid) | 12.50-25.00 |
| เร็วมาก (very rapid) | > 25.00 |

**ที่มา**: O'Neal (1952)

**ตารางผนวกที่ 10** วิธีคาดคะเนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยการประเมินจากผลการวิเคราะห์ดิน

| ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน | ปริมาณอินทรียวัตถุ ($g\ kg^{-1}$) | อัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (%) | ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ($cmol\ kg^{-1}$) | ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ($mg\ kg^{-1}$) | ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ($mg\ kg^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|
| ต่ำ | < 15 (1) | < 35 (1) | < 10 (1) | < 10 (1) | < 60 (1) |
| ปานกลาง | 15 – 35 (2) | 35 – 75 (2) | 10 – 25 (2) | 10 – 25 (2) | 60 – 90 (2) |
| สูง | > 35 (3) | > 75 (3) | > 25 (3) | > 25 (3) | > 90 (3) |

**ที่มา**: กองสำรวจดิน (2523)

**หมายเหตุ** วิธีคิดระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินใช้วิธีให้คะแนน (ตัวเลขคะแนนอยู่ในวงเล็บในตาราง) ถ้าคะแนนเท่ากับ 7 หรือน้อยกว่า ถือว่าดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ถ้าคะแนนอยู่ระหว่าง 8-12 ถือว่าดินมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง ถ้ามีคะแนน 13 หรือมากกว่า ถือว่าดินมีความอุดมสมบูรณ์สูง

**ตารางผนวกที่ 11** สมบัติของดินทั่วไปเปรียบเทียบกับดินเค็ม ดินเค็มโซดิก และดินโซดิก

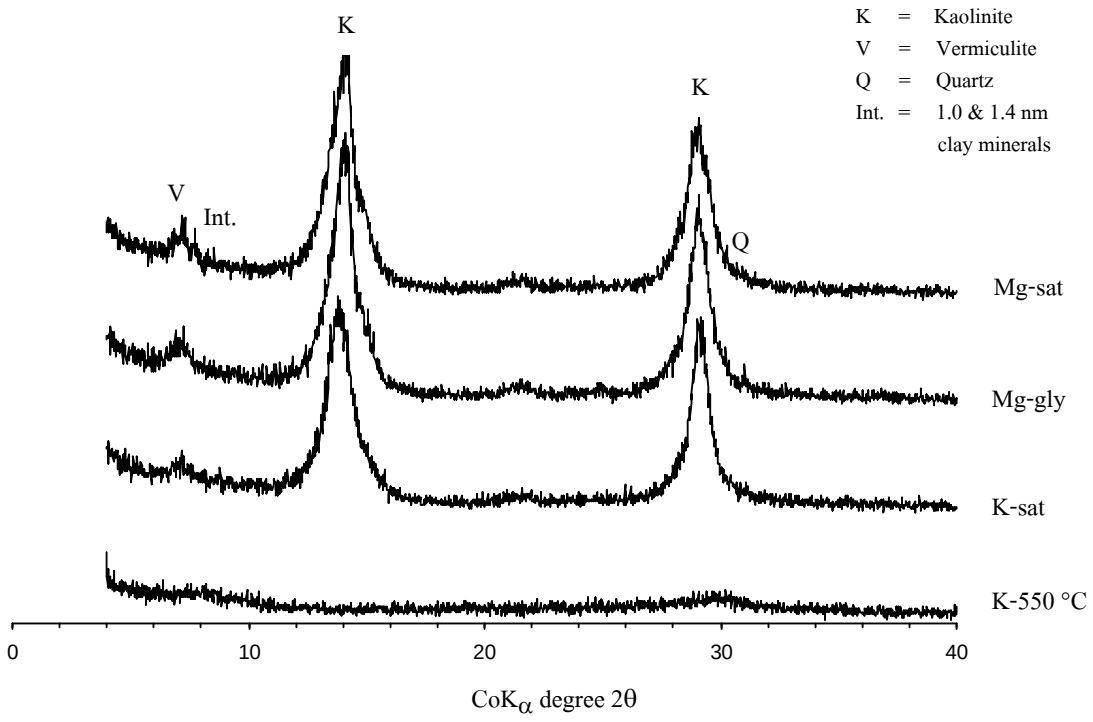
| Soil | pH | Electrical Conductivity EC ($dS\ m^{-1}$) | Sodium Adsorption Ratio (SAR) |
|---|---|---|---|
| Normal | 6.7-7.2 | <4 | <13-15 |
| Saline | <8.5 | >4 | <13-15 |
| Sodic | >8.5 | <4 | >13-15 |
| Saline-Sodic | <8.5 | >4 | >13-15 |

**ที่มา**: Brady and Weil (2002)

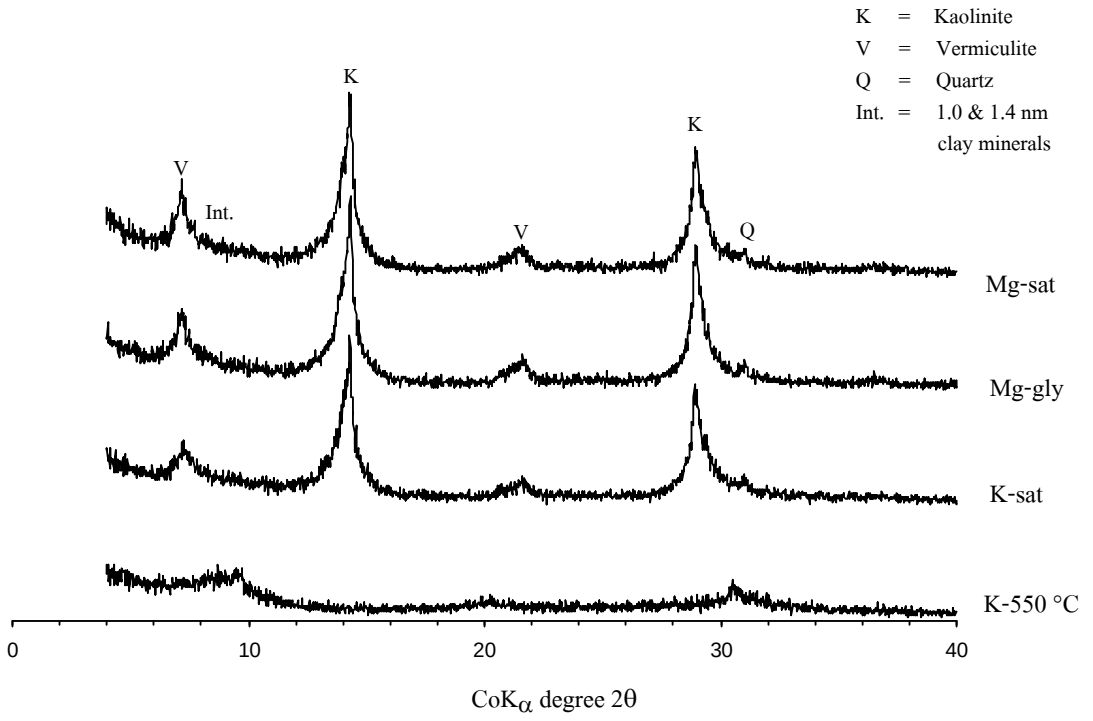
**ตารางผนวกที่ 12** X-ray diffraction spacing obtained from (001) planes of layer-silicate species as related to sample treatment.

| Diffraction spacing (nm) | Mineral (or minerals) Indicated |
|---|---|
| | Mg-saturated, air-dried |
| 14 - 15 | Smectite, vermiculite, chlorite |
| 9.9 – 10.1 | Mica (illite), halloysite |
| 7.2 – 7.5 | Metahalloysite |
| 7.15 | Kaolinite, chlorite (2nd-order maximum) |
| | Mg-saturated, glycerol-solvated |
| 17.7 – 18.0 | Smectite |
| 14 - 15 | Vermiculite, chlorite |
| 10.8 | Halloysite |
| 9.9 – 10.1 | Mica (illite) |
| 7.2 – 7.5 | Metahalloysite |
| 7.5 | Kaolinite, chlorite (2nd-order maximum) |
| | K-saturated, air-dried |
| 14 – 15 | Chlorite, vermiculite (with interlayer aluminium) |
| 12.4 – 12.8 | Smectite |
| 9.9 – 10.1 | Mica (illite), halloysite, vermiculite (contracted) |
| 7.2 – 7.5 | Metahalloysite |
| 7.15 | Kaolinite, chlorite (2nd-order maximum) |
| | K-saturated, heated (550°C) |
| 14 | Chlorite |
| 9.9 – 10.1 | Mica, vermiculite (contracted), smectite (contracted) |
| 7.15 | Chlorite (2nd-order maximum) |

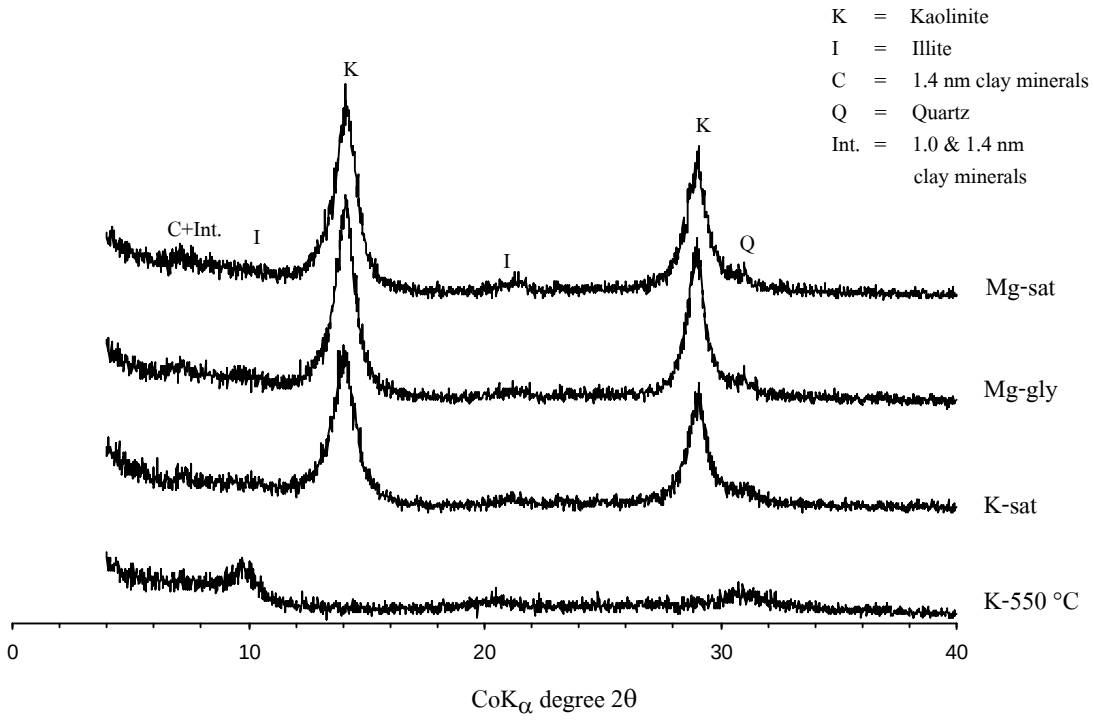
**ที่มา**: Whittig (1965)



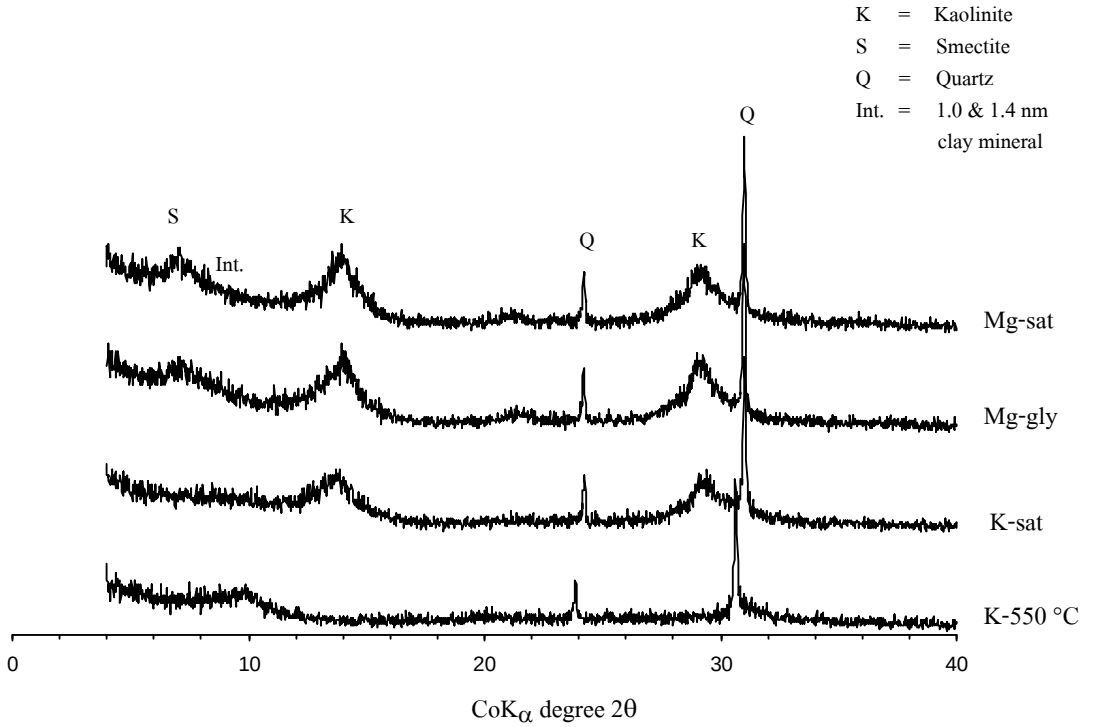

**ภาพผนวกที่ 1** กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีดอน 1 ชั้น Bt3 ช่วงความลึก 81-103 เซนติเมตร



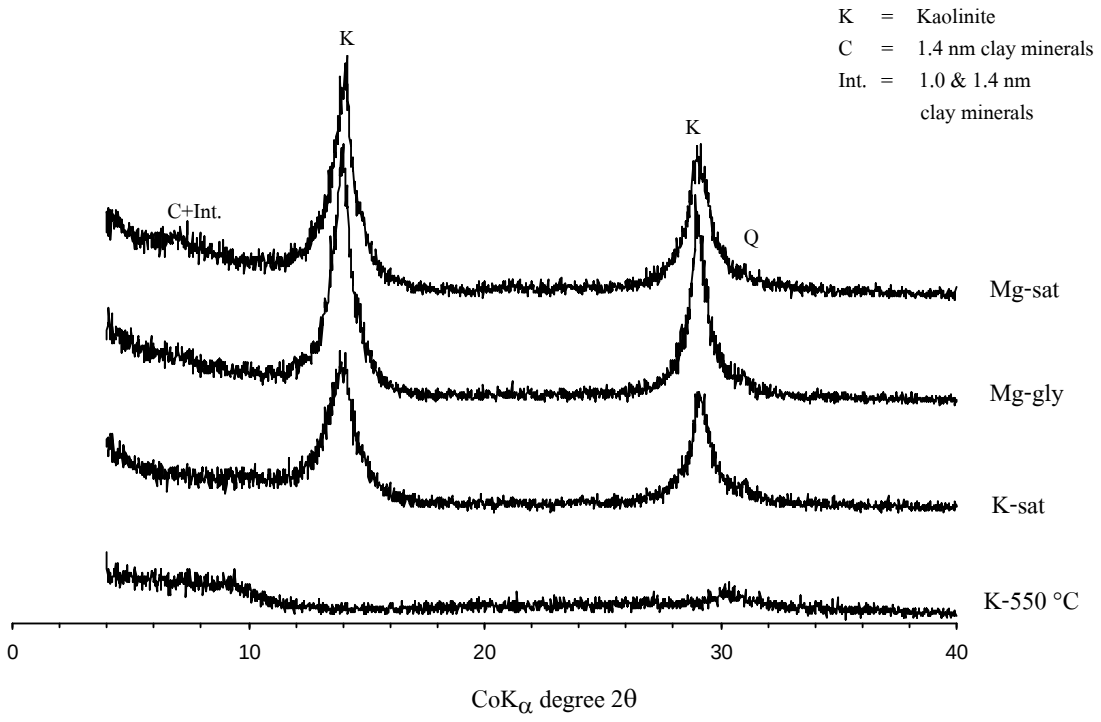

**ภาพผนวกที่ 2** กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีดอน 2 ชั้น Bt1 ช่วงความลึก 51-72 เซนติเมตร



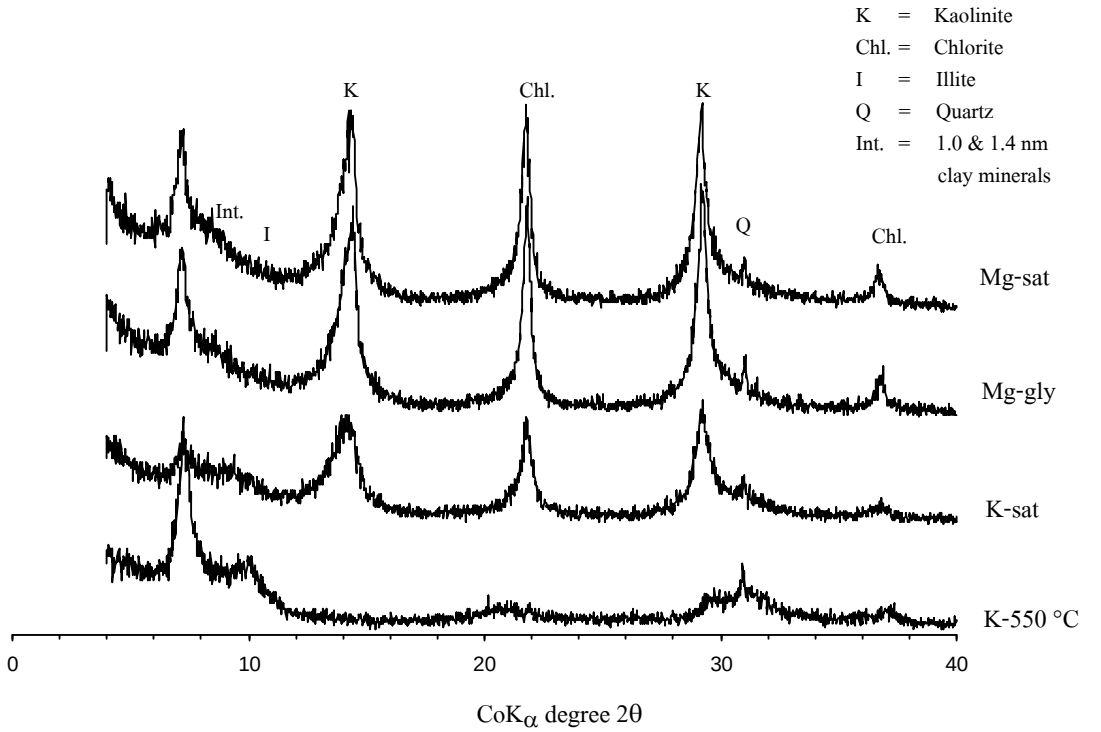

**ภาพผนวกที่ 3** กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีดอน 3 ชั้น Bt3 ช่วงความลึก 56-81 เซนติเมตร



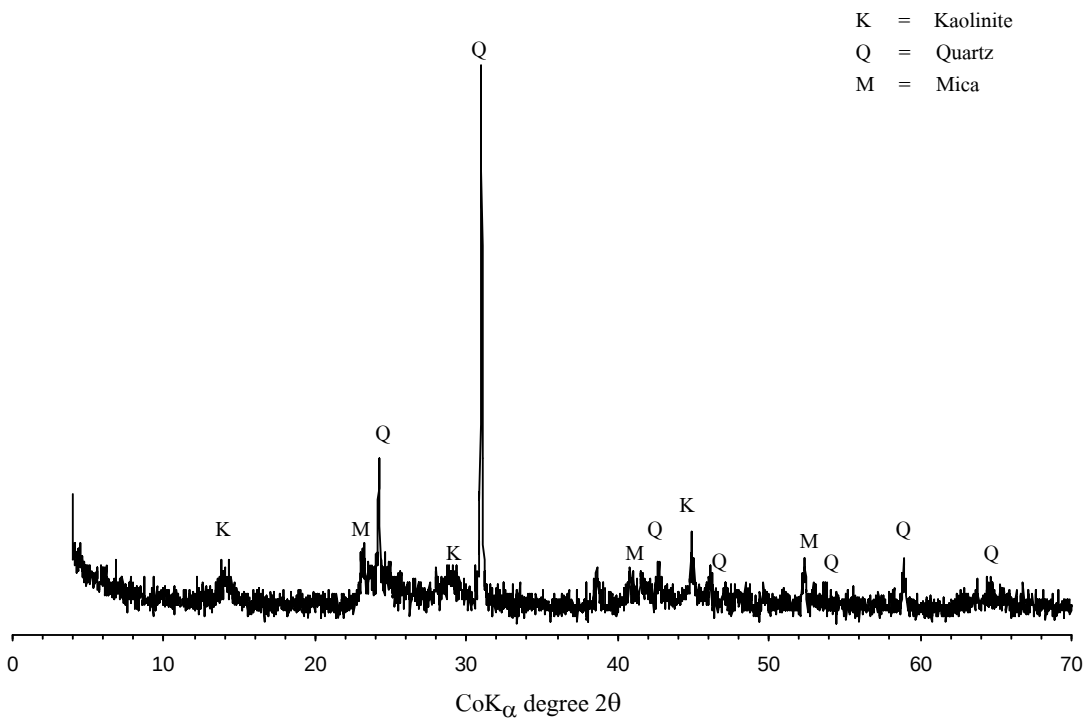

**ภาพผนวกที่ 4** กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีดอน 4 ชั้น Btc ช่วงความลึก 60-82 เซนติเมตร



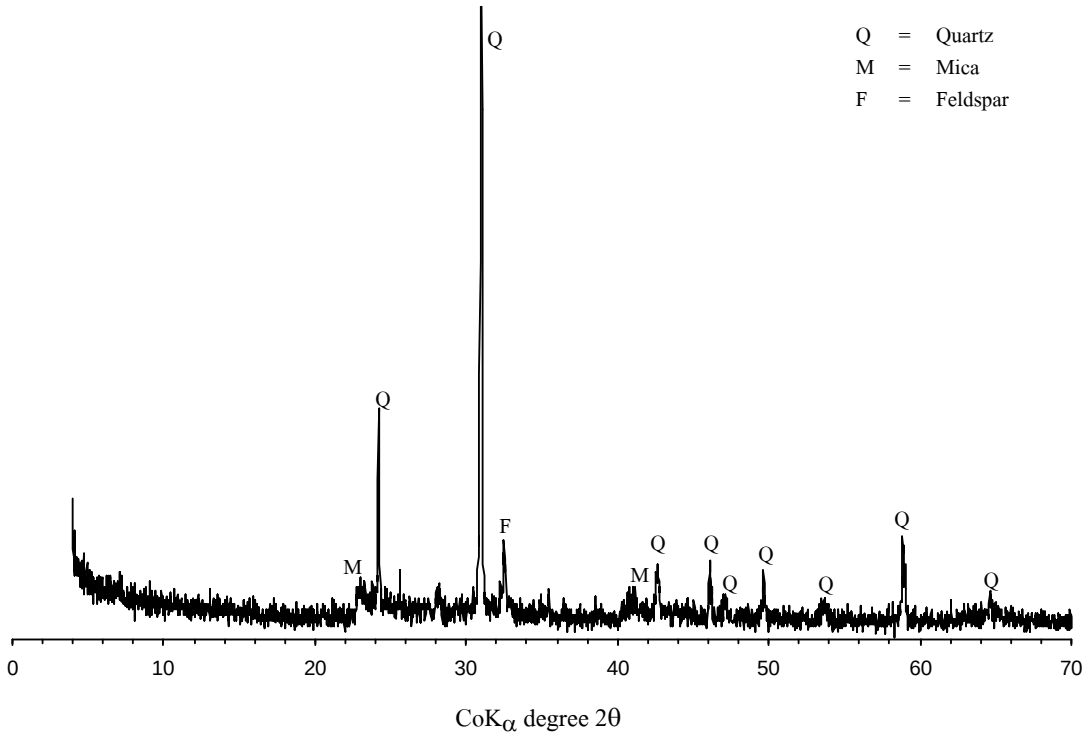

**ภาพผนวกที่ 5** กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีดอน 5 ชั้น 2Bt4 ช่วงความลึก 90-115 เซนติเมตร



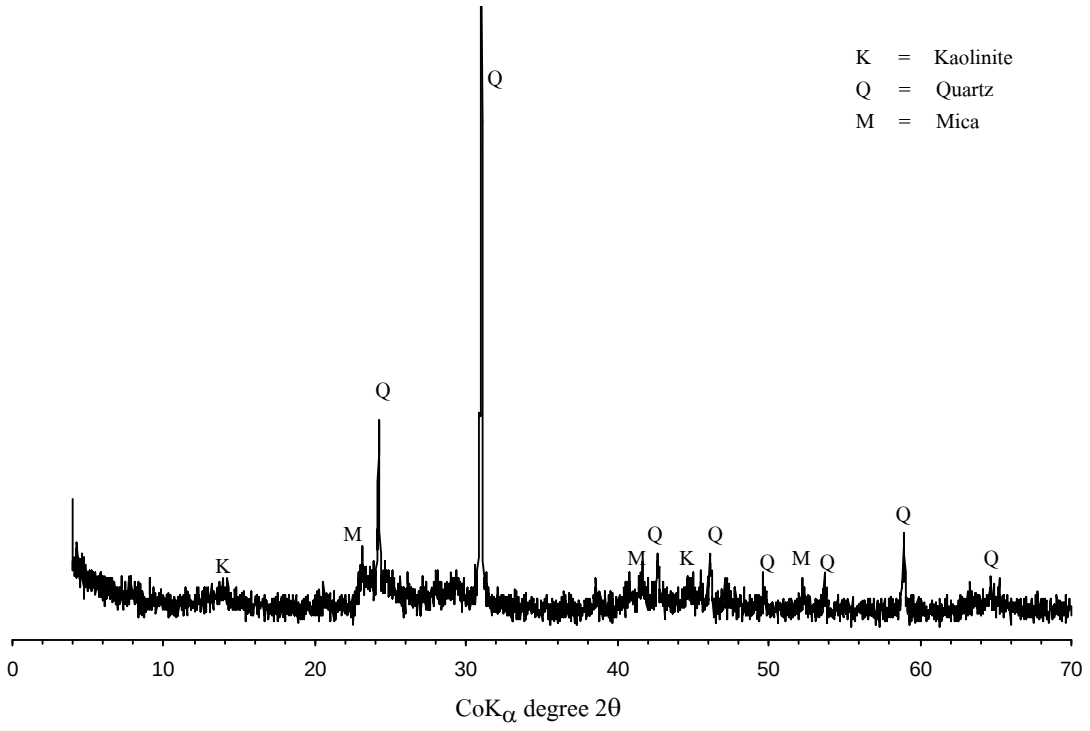

**ภาพผนวกที่ 6** กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินพีดอน 6 ชั้น Bt ช่วงความลึก 25-39/50 เซนติเมตร



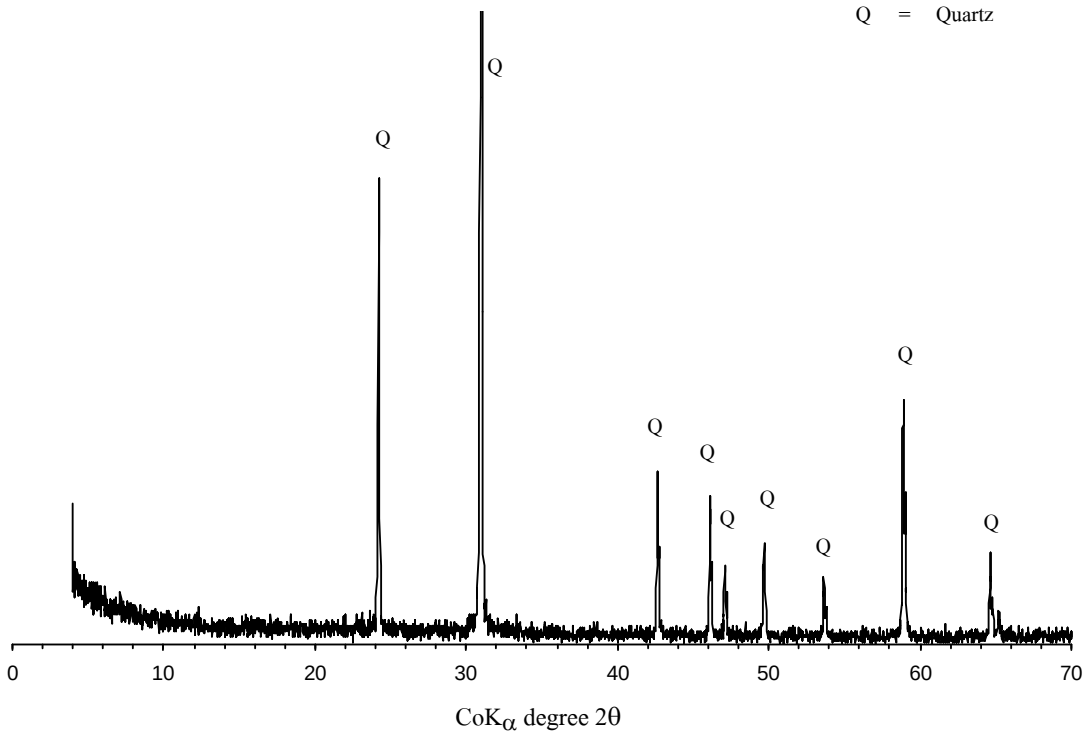

**ภาพผนวกที่ 7** กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้ง ของดินพีดอน 3 ชั้น Bt5 ช่วงความลึก 112-142 เซนติเมตร




**ภาพผนวกที่ 8** กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้ง ของดินพีดอน 4 ชั้น 2Bt2 ช่วงความลึก 112-142 เซนติเมตร




**ภาพผนวกที่ 9** กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนาดทรายแป้ง ของดินพีดอน 5 ชั้น 2Bt4 ช่วงความลึก 90-115 เซนติเมตร




**ภาพผนวกที่ 10** กราฟแสดงการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ขององค์ประกอบเชิงแร่ในกลุ่มอนุภาคขนนาดทรายแป้งของดินพีดอน 6 ชั้น Ap ช่วงความลึก 0-25 เซนติเมตร

## ประวัติการศึกษา

| | |
|---|---|
| ชื่อ –นามสกุล | นายบรรณพิชญ์ สัมฤทธิ์ |
| วัน เดือน ปี ที่เกิด | 12 ตุลาคม 2525 |
| สถานที่เกิด | อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี |
| ประวัติการศึกษา | วิทยาศาสตรบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาปฐพีวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี 2548 |
| ทุนการศึกษาที่ได้รับ | ทุนสนับสนุนงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา เพื่อการตีพิมพ์ระดับชาติ และนานาชาติ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ 2550 |