วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

# การกระจายตัวของอันดับดินในพื้นที่ศูนย์การศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ “หริภุญไชย” จังหวัดลำพูน

# Soil Order Distribution in Chiang Mai University Education Centre “Hariphunchai”, Lamphun Province

**ธวัชชัย ตาอินทร์[1*] นิวัติ อนงค์รักษ์[2] ณัฐวุฒิ ลือศักดิ์[2] และ ฟ้าไพลิน ไชยวรรณ[2]**

**Tawatchai Ta-in[1*] Niwat Anongrak[2] Nattawut Luesak[2] and Fapailin Chaiwan[2]**

[1] หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาปฐพีศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[1] Master of Science Program in Environmental Soil Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

[2] ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[2] Department of Plant and Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

* Corresponding author: tawatchai.ti164@gmail.com

(Received: 20 April 2022; Revised: 21 July 2022; Accepted: 25 July 2022)

## Abstract

A study on the distribution of soil order in Chiang Mai University Education Centre “Hariphunchai”, Lamphun province aim to invent soil survey and determined soil morphology in the field, physicochemical, mineralogical properties and evaluation included soil fertility assessment and their relationship with plant diversity. The result revealed that soil in the area was classified 4 soil orders (8 subgroups). They are Ultisols (pedon 1: Typic Paleustults; pedon 2: Typic Haplustults), Alfisols (pedon 3: Ultic Paleustalfs; pedon 4: Ultic Haplustalfs), Inceptisols (pedon 5: Typic Dystrustepts; pedon 6: Typic Haplustepts) and Entisols (pedon 7: Lithic Ustorthents; pedon 8: Typic Ustorthents). They are very shallow to very deep soils, while the subsoil in Entisols was absent. Residual soil formed by parent material of shale and sandstone. The gravel content in topsoil of Alfisols has less than 15%, while the others show higher number. The soil reaction of Ultisols in subsoil range from very strongly acid to strongly acid (pH 4.7-5.2) while the others showed higher alkaline. The soil organic matter and available phosphorus in topsoil were higher

than subsoil. Alfisols order, the soil fertility levels were higher than the others order and there are found mixed deciduous forest, while others order are dry dipterocarp forest. For mineralogy class, most of the orders are classified as mixed, except pedon 4 is classified as kaolinitic. Most areas are complex slopes. Moreover, the gravel content in subsoil is higher than 35%, which the soil is unsuitable for agriculture. Furthermore, the soil capacity should be conserved as a forest and natural resource protected area.

**Keywords:** soil order, soil survey, soil morphology, physicochemical properties

## บทคัดย่อ

การศึกษาการกระจายตัวของอันดับดินในพื้นที่ศูนย์การศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ “หริภุญไชย” จังหวัดลำพูน มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจและศึกษาดิน ประกอบด้วย สัณฐานวิทยาสนามของดิน สมบัติทางกายภาพเคมี และแร่วิทยาของดิน การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินและความสัมพันธ์การกระจายตัวของดินกับพันธุ์ไม้ ผลการศึกษาพบว่าดินมีการกระจายตัว 4 อันดับ (8 กลุ่มย่อย) ได้แก่ อัลทิซอลส์ (พีดอน 1: Typic Paleustults; พีดอน 2: Typic Haplustults), แอลฟิซอลส์ (พีดอน 3: Ultic Paleustalfs; พีดอน 4: Ultic Haplustalfs), อินเซปทิซอลส์ (พีดอน 5: Typic Dystrustepts; พีดอน 6: Typic Haplustepts) และเอนทิซอลส์ (พีดอน 7: Lithic Ustorthents; พีดอน 8: Typic Ustorthents) เป็นดินตื้นมากถึงลึกมากและไม่พบดินล่างในอันดับเอนทิซอลส์ วัตถุต้นกำเนิดเป็นวัสดุตกค้างจากหินดินดานและหินทราย ดินบนอันดับแอลฟิซอลส์มีปริมาณกรวดน้อยกว่าร้อยละ 15 ในขณะที่อันดับอื่น ๆ มีปริมาณมากกว่า ปฏิกิริยาดิน ดินล่างอันดับอัลทิซอลส์อยู่ในช่วงกรดจัดมากถึงกรดจัด ในขณะที่อันดับอื่นเป็นด่างมากกว่า ดินบนมีปริมาณอินทรียวัตถุในดินและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าดินล่าง ดินอันดับแอลฟิซอลส์มีระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินสูงกว่าทุกอันดับและพบว่าเป็นป่าเบญจพรรณ ส่วนอันดับอื่นเป็นป่าเต็งรัง ชั้นแร่วิทยาของพีดอนส่วนใหญ่จำแนกเป็นมิกซ์ (mixed) ยกเว้นพีดอน 4 จำแนกเป็นเคโอลินิติก (kaolinitic) สภาพภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ลาดชันเชิงซ้อนและปริมาณกรวดในดินล่างมากกว่าร้อยละ 35 และพบว่าเป็นดินไม่เหมาะสมสำหรับการทำการเกษตร ดังนั้นพื้นที่ดังกล่าวจึงสมควรอนุรักษ์เป็นป่าไม้และพื้นที่ปกปักทรัพยากรต่อไป

**คำสำคัญ:** อันดับดิน การสำรวจดิน สัณฐานวิทยาของดิน สมบัติทางกายภาพเคมี

## คำนำ

ศูนย์การศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ “หริภุญไชย” จังหวัดลำพูน ตั้งอยู่ตำบลศรีบัวบาน อำเภอเมืองลำพูน จังหวัดลำพูน มีพื้นที่ทั้งหมด 5,527.0 ไร่ ในปี พ.ศ. 2563 ได้ดำเนินโครงการ “การสำรวจดินในพื้นที่ศูนย์การศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ “หริภุญไชย” จังหวัดลำพูน” สำรวจดินระดับทั่วไป (order 3-extensive) (Soil Science Division Staff, 2017) จำนวน 58 พีดอน และจัดทำแผนที่ดิน พบดิน 4 อันดับ 8 กลุ่มย่อย (นิวัติ

และคณะ, 2563) ต่อมาในปี พ.ศ. 2564 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ได้เสนอพื้นที่ 256.7 ไร่ ภายในพื้นที่ศูนย์ฯ ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวเป็นป่าธรรมชาติดั้งเดิมที่มีความอุดมสมบูรณ์ มีความหลากหลายทางชีวภาพของพืชพรรณและสัตว์ป่า จึงมีความเหมาะสมที่จะกำหนดให้เป็นพื้นที่ปกปักทรัพยากรเพื่อสนองพระราชดำริในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) และได้ดำเนินโครงการ “การสำรวจดินในพื้นที่ปกปักทรัพยากร ในศูนย์การศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ “หริภุญไชย” จังหวัดลำพูน” สำรวจดินระดับเข้มข้น (order 2-intensive) จำนวน 9 พีดอน พบดิน 4 อันดับ 5 กลุ่มย่อย และสำรวจดินในพื้นที่ศูนย์รวบรวมพันธุ์พืชพื้นถิ่นและแปลงวนเกษตร พื้นที่ 80.0 ไร่ จำนวน 2 พีดอน นำข้อมูลจัดทำนิทรรศการจัดแสดงในศูนย์ข้อมูลทรัพยากร อพ.สธ.-มช. ประกอบด้วย แท่งหน้าตัดดิน (soil monolith) แสดงสัณฐานวิทยาของดินแต่ละกลุ่มย่อย และแผนที่ภูมิประเทศสามมิติ (three dimensional topographic map) แสดงการกระจายตัวของกลุ่มย่อย (นิวัติ และคณะ, 2564) เพื่อสนับสนุนงานวิจัย การศึกษาดูงาน และการเรียนรู้ทรัพยากรในพื้นที่ศูนย์การศึกษาฯ

## อุปกรณ์และวิธีการ

### การศึกษาดินในภาคสนามและเก็บข้อมูลชนิดพันธุ์ไม้

สำรวจและศึกษาข้อมูลเบื้องต้นโดยใช้แผนที่ธรณีวิทยามาตราส่วน 1:250,000 (กรมทรัพยากรธรณี, 2550) แผนที่สภาพภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 (กรมแผนที่ทหาร, 2542) และใช้วิธีการสำรวจดินแบบกริด (grid survey) ใช้มาตราส่วนการสำรวจดินระดับทั่วไป (1 จุดแทนพื้นที่ 100 ไร่) ขุดหลุมหน้าตัดดินขนาด 1.0×1.0×1.0 ม. (กว้าง×ยาว×ลึก) หรือจนถึงชั้นหินพื้น (กรณีไม่พบชั้นหินพื้นจะทำการศึกษาเพิ่มโดยใช้สว่านเจาะดินจนถึงความลึก 2.0 ม. หรือจนถึงชั้นหินพื้น) จำนวน 58 พีดอน บันทึกข้อมูลสัณฐานวิทยาสนามของดินนำมาจำแนกดินระดับกลุ่มย่อย (subgroup) (Soil Survey Staff, 2014) แล้วทำแผนที่ดินแต่ละกลุ่มย่อย และเลือกหลุมดินตัวแทนกลุ่มย่อยละ 1 พีดอน ขุดหลุมหน้าตัดดินเพิ่มขนาด 1.5×2.0×2.0 ม. หรือจนถึงชั้นหินพื้น ศึกษาสัณฐานวิทยาสนามของดินและบันทึกข้อมูลทั่วไป จากนั้นเก็บตัวอย่างดินที่ถูกรบกวนและไม่ถูกรบกวนตามชั้นกำเนิดดิน (Soil Science Division Staff, 2017) เก็บข้อมูลชนิดพันธุ์ไม้ (plant species) โดยการวางแปลง (plot) ขนาด 40×40 ม. ให้ตัวแทนกลุ่มย่อย 8 พีดอน เป็นจุดศูนย์กลางของทั้ง 8 แปลง วัดเส้นรอบวงลำต้นที่ระดับความสูงเพียงอก (girth at breast height, GBH) หรือ 1.30 ม. จากพื้นดินของไม้ยืนต้นทุกต้นที่มีความสูงมากกว่า 1.5 ม. วัดความสูงของต้นไม้แล้วนำมาหาดัชนีความสำคัญทางนิเวศวิทยา (ecological importance value index, IVI) คำนวณจากผลรวมของ ความถี่ (frequency) ความเด่น (dominance) และความหนาแน่น (density) ของพันธุ์ไม้ (Krebs, 1985)

### การวิเคราะห์ตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการ

นำตัวอย่างดินวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการตามวิธีมาตรฐาน วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน ประกอบด้วย การแจกกระจายขนาดอนุภาคดิน (soil particle size distribution) ปริมาณกรวดโดยปริมาตร (gravel content) ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density) ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available water capacity) คำนวณจากผลต่างของค่าความจุความชื้นสนาม

(field capacity) และจุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point) สมบัติทางเคมีของดิน ประกอบด้วย ปฏิกิริยาดิน (soil reaction; pH 1:1 $H_2O$) ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter content) โดยวิธี Walkley and Black Titration ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) โดยวิธี Bray II ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity) และความอิ่มตัวเบส (bases saturation) วิเคราะห์ชนิดและปริมาณของแร่ดินเหนียว (clay minerals) ด้วยวิธีการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction) (National Soil Survey Center, 1996) แล้วนำผลวิเคราะห์ทางเคมี เฉพาะชั้นที่เป็นดิน (solum) แบ่งเป็นดินบน (topsoil) และดินล่าง (subsoil) มาประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (soil fertility assessment) ซึ่งใช้ผลวิเคราะห์ทางเคมี ประกอบด้วย ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และความอิ่มตัวเบส (กองสำรวจและจำแนกดิน, 2543)

## ผลการวิจัยและวิจารณ์

### สภาพทั่วไปและสัณฐานวิทยาสนามของดิน

สภาพทั่วไปของบริเวณที่ทำการศึกษา (Figure 1) 58 พีดอน (แกน X: A-H, แกน Y: 01-14) พื้นที่ 5,527.0 ไร่ มีหินพื้นที่เป็นวัสดุตกค้างจากหินตะกอน (หินดินดานและหินทราย) พบ 4 อันดับ ประกอบด้วย 1) อัลทิซอลส์ (Ultisols) ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 345-439 ม. มีลักษณะภูมิประเทศเป็นลูกคลื่นลอนลาด (undulating) ถึงสูงชันมาก (very steep) (มีความลาดชันอยู่ในช่วงร้อยละ 5.2-64.9) 2) แอลฟิซอลส์ (Alfisols) ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 339-495 ม. มีลักษณะภูมิประเทศเป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย (gently undulating) ถึงสูงชัน (steep) (มีความลาดชันอยู่ในช่วงร้อยละ 3.5-44.5) 3) อินเซปทิซอลส์ (Inceptisols) ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 372-460 ม. มีลักษณะภูมิประเทศเป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงสูงชันมาก (มีความลาดชันอยู่ในช่วงร้อยละ 7.0-62.5) 4) เอนทิซอลส์ (Entisols) ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 372-517 ม. มีลักษณะภูมิประเทศเป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อยถึงสูงชันมาก (มีความลาดชันอยู่ในช่วงร้อยละ 3.5-62.5) จากนั้นทำการศึกษาโดยเลือกกลุ่มย่อยละ 1 พีดอน รวมศึกษา 8 พีดอน (Figure 2) (Table 1) ได้แก่ พีดอน 1 (G07) เป็นดินลึกมาก (very deep soil) พีดอน 2 (E02) เป็นดินลึกปานกลาง (moderately deep soil) พีดอน 3 (F09) เป็นดินลึกมาก พีดอน 4 (B02) เป็นดินตื้น (shallow soil) พีดอน 5 (C06) เป็นดินตื้น พีดอน 6 (B13) เป็นดินตื้น พีดอน 7 (G04) เป็นดินตื้นมาก (very shallow soil) และพีดอน 8 (E09) เป็นดินตื้นมาก เมื่อเปรียบเทียบการศึกษาดินที่พัฒนาการจากหินทรายในป่าเต็งรังที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าดินที่มีพัฒนาการน้อยเป็นอันดับอินเซปทิซอลส์เป็นดินตื้น มีก้อนกรวดมาก (very gravelly) ถึงมีก้อนกรวดมากที่สุด (extremely gravelly) (ร้อยละ 58.23-66.61) ส่วนดินที่มีพัฒนาการสูงกว่าคืออันดับอัลทิซอลส์เป็นดินลึกมากและไม่มีก้อนกรวด (non gravel) ถึงมีก้อนกรวดมาก (ร้อยละ 2.24-41.85) (จักรพงษ์ และคณะ, 2562)

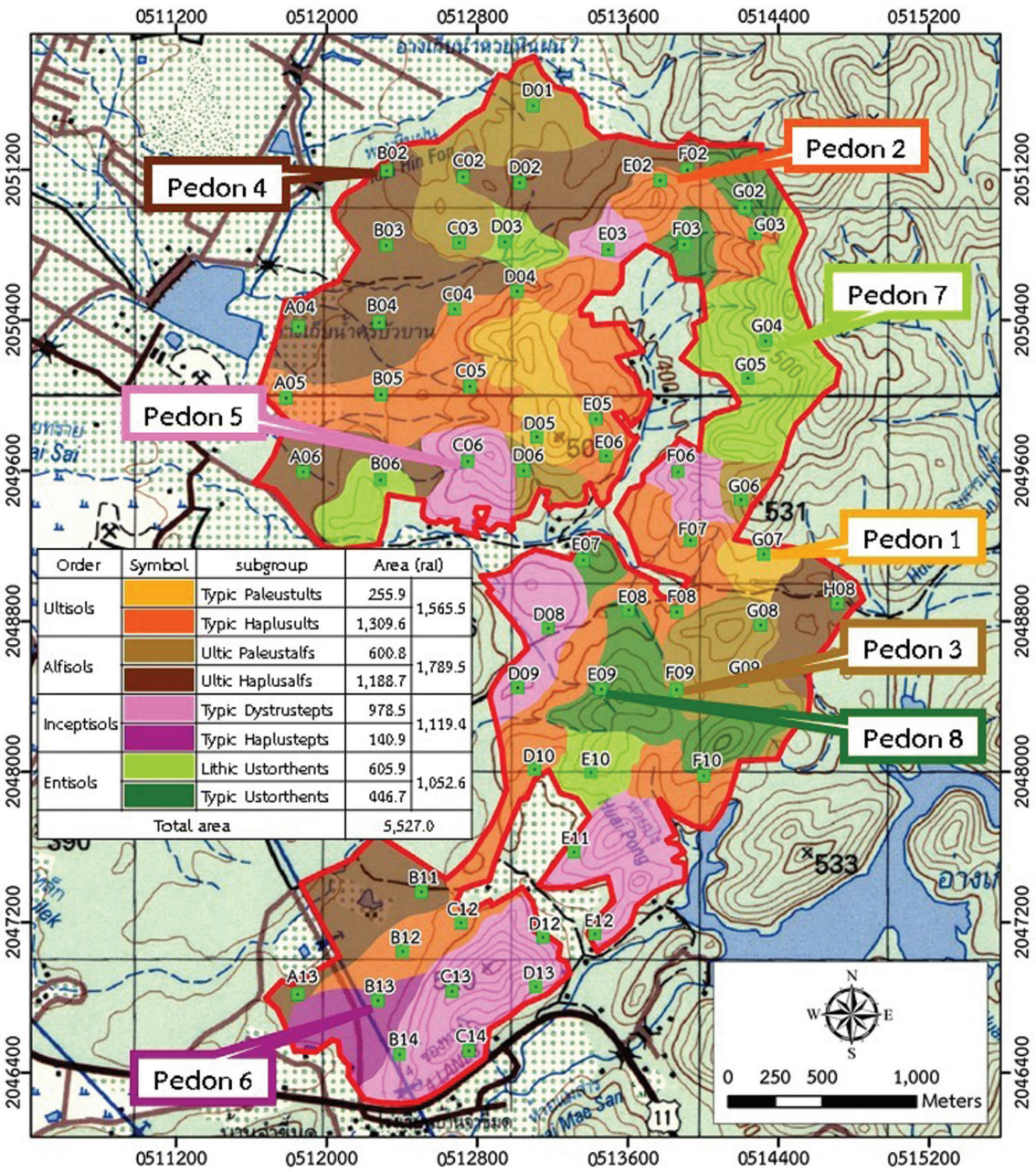


**Figure 1** Soil profile and pedon location map of Chiang Mai University Education Centre "Hariphunchai", Lamphun province

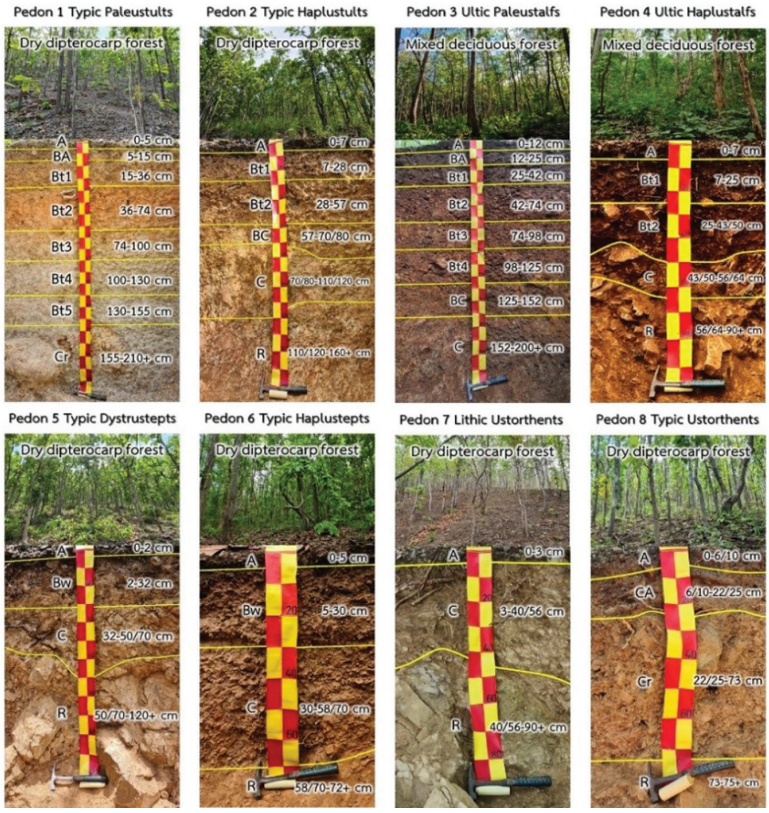


**Figure 2** Soil profiles of 8 pedons in Chiang Mai University Education Centre "Hariphunchai", Lamphun province

**Table 1** Location of pedon and soil grading classes in Chiang Mai University Education Centre "Hariphunchai", Lamphun province

| Pedon (Land use[1/]) | Coordinate | Elevation (m) / Slope[2/](%) | Parent material[3/] | Soil profile | Soil classification |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 (DDF) | 0514324E 2049155N | 439 38.0 | RES from SHA/SST | A-BA-Bt1-Bt2-Bt3-Bt4-Bt5-Cr 5-15-36-74-100-130-155-210+ | Typic Paleustults |
| 2 (DDF) | 0513773E 2051142N | 448 57.7 | RES from SHA/SST | A-Bt1-Bt2-BC-C-R 7-28-57-70/80-110/120-160+ | Typic Haplustults |
| 3 (MDF) | 0513860E 2048437N | 418 10.5 | RES from SHA/SST | A-BA-Bt1-Bt2-Bt3-Bt4-BC-C 12-25-42-74-98-125-152-200+ | Ultic Paleustalfs |
| 4 (MDF) | 0512320E 2051196N | 357 18.0 | RES from SHA/SST | A-Bt1-Bt2-C-R 7-25-43/50-56/64-90+ | Ultic Haplustalfs |

**Table 1** Location of pedon and soil grading classes in Chiang Mai University Education Centre "Hariphunchai", Lamphun province (Cont.)

| Pedon (Land use[1/]) | Coordinate | Elevation (m) / Slope[2/](%) | Parent material[3/] | Soil profile | Soil classification |
|---|---|---|---|---|---|
| 5 (DDF) | 0512750E 2049650N | 433 57.7 | RES from SST | A-Bw-C-R 2-32-50/70-120+ | Typic Dystrustepts |
| 6 (DDF) | 0512273E 2046782N | 372 7.0 | RES from SST | A-Bw-C-R 5-30-58/70-72+ | Typic Haplustepts |
| 7 (DDF) | 0514332E 2050290N | 517 50.0 | RES from SST | A-C-R 3-40/56-90+ | Lithic Ustorthents |
| 8 (DDF) | 0513460E 2048438N | 422 62.0 | RES from SST/SHA | A-CA-Cr-R 6/10-22/25-73-75+ | Typic Ustorthents |

**Remarks:** [1/]Land use: DDF = dry dipterocarp forest, MDF = mixed deciduous forest, [2/]Slope (%): 5-12 = undulating, 12-20 = rolling, 35-50 = steep, 50-75 = very steep, [3/]Parent material: RES = residuum, SHA = shale, SST = sandstone

**สมบัติทางกายภาพของดิน**

สมบัติทางกายภาพของดิน ของดินตัวแทนกลุ่มย่อยทั้ง 4 อันดับ (8 กลุ่มย่อย) แสดงใน Figure 3 พบว่าการแจกกระจายขนาดอนุภาคดิน ในอันดับอัลทิซอลส์: พบว่าดินบนมีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) และดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ดินล่างเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินเหนียว (clay) อันดับแอลฟิซอลส์: ดินบนเป็นดินร่วนเหนียว (clay loam) และดินเหนียว ดินล่างเป็นดินเหนียว ทั้ง 2 อันดับมีอนุภาคขนาดทรายลดลงตามความลึก (Figure 3a) อนุภาคขนาดทรายแป้ง (Figure 3b) ปริมาณคงที่ตลอดหน้าตัดดิน มีการเพิ่มขึ้นของอนุภาคดินเหนียว (Figure 3c) ตามความลึก แสดงถึงการเคลื่อนย้ายเชิงกล (lessivage) ของอนุภาคขนาดเล็กและกระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุ (eluviation) จากดินบนไปสะสม (illuviation) ในดินล่าง ส่งผลให้ดินล่างมีอนุภาคขนาดเล็กโดยเฉพาะดินเหนียวเพิ่มขึ้น เข้าเกณฑ์ชั้นดินล่างวินิจฉัยอาร์จิลลิก (argillic diagnostic horizon) อันดับอินเซปทิซอลส์: ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายและดินร่วนเหนียวปนทราย ดินล่างเป็นดินร่วนปนทราย แสดงถึงกระบวนการสะสมที่เกิดขึ้นน้อย เข้าเกณฑ์ชั้นดินล่างวินิจฉัยแคมบิก (cambic diagnostic horizon) อันดับเอนทิซอลส์: ดินบนเป็นดินร่วนปนทรายและดินร่วนเหนียวปนทราย ซึ่งดินในอันดับนี้เป็นดินแร่ที่ยังไม่มีการพัฒนาชั้นดินล่างวินิจฉัยใดภายใน 100 ซม. จากผิวหน้าดิน (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2562; Buol *et al*., 2011) ปริมาณกรวด (ร้อยละโดยปริมาตร) (Figure 3d) อันดับอัลทิซอลส์: ดินบนมีก้อนกรวดปานกลาง (gravelly) ถึงมีก้อนกรวดมาก (ร้อยละ 31.0-41.2) ดินล่างไม่มีก้อนกรวดถึงมีก้อนกรวดมาก (ร้อยละ

3.9-42.9) อันดับแอลฟิซอลส์: ดินบนไม่มีก้อนกรวดถึงมีก้อนกรวดเล็กน้อย (slightly gravelly) (ร้อยละ 3.2-10.2) ดินล่างมีก้อนกรวดปานกลางถึงมีก้อนกรวดมากที่สุด (ร้อยละ 15.9-63.4) อันดับอินเซปทิซอลส์: ดินบนมีก้อนกรวดปานกลางถึงมีก้อนกรวดมาก (ร้อยละ 33.3-38.2) ดินล่างมีก้อนกรวดมาก (ร้อยละ 42.1-45.3) อันดับเอนทิซอลส์: ดินบนมีก้อนกรวดปานกลางถึงมีก้อนกรวดมาก (ร้อยละ 33.4-36.2) ปริมาณกรวดที่แตกต่างกันในแต่ละอันดับแสดงถึงพัฒนาการของดินที่แตกต่างกัน (Brady and Weil, 2017) ความหนาแน่นรวมของดิน (Figure 3e) อันดับอัลทิซอลส์: ดินบนค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง (1.3-1.5 เมกะกรัม/ลบ.ม.) ดินล่างค่อนข้างต่ำถึงค่อนข้างสูง (1.3-1.6 เมกะกรัม/ลบ.ม.) อันดับแอลฟิซอลส์: ดินบนค่อนข้างต่ำ (1.2 เมกะกรัม/ลบ.ม.) ดินล่างต่ำถึงปานกลาง (1.1-1.5 เมกะกรัม/ลบ.ม.) อันดับอินเซปทิซอลส์: ดินบนค่อนข้างต่ำ (1.3 เมกะกรัม/ลบ.ม.) ดินล่างปานกลาง (1.5 เมกะกรัม/ลบ.ม.) อันดับเอนทิซอลส์: ดินบนต่ำถึงค่อนข้างต่ำ (1.0-1.4 เมกะกรัม/ลบ.ม.) ในดินที่มีความหนาแน่นรวมสูง รากพืชจะชอนไชเข้าไปในดินยาก ส่วนหนึ่งสัมพันธ์กับเนื้อดินโดยรากพืชชอนไชเข้าไปในดินเหนียวได้ยากกว่าดินทรายเมื่อมีความหนาแน่นรวมของดินเท่ากัน (Buol *et al*., 2011) ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (Figure 3f) คือปริมาณน้ำในดินที่

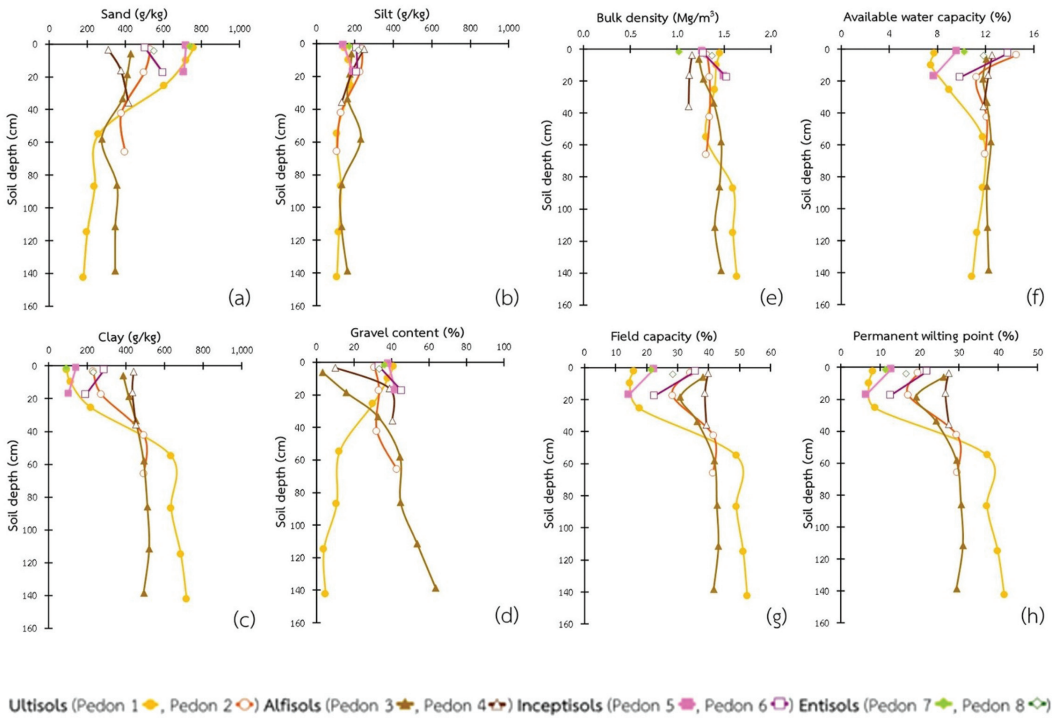


**Figure 3** Distribution of soil physical properties with depth in the 8 profiles sampled at Chiang Mai University Education Centre "Hariphunchai", Lamphun province

พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เป็นผลต่างระหว่างความจุความชื้นสนาม (Figure 3g) และจุดเหี่ยวถาวร (Figure 3h) อันดับอัลทิซอลส์: ดินบนร้อยละ 7.8-14.6 ดินล่างร้อยละ 7.5-12.1 อันดับแอลฟิซอลส์: ดินบนร้อยละ 12.1-12.5 ดินล่างร้อยละ 11.8-12.4 อันดับอินเซปทิซอลส์: ดินบนร้อยละ 9.6-13.9 ดินล่างร้อยละ 7.8-9.9 อันดับเอนทิซอลส์: ดินบนร้อยละ 10.2-11.8 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของธนากร และคณะ (2557) ได้ศึกษาการกักเก็บน้ำในดินอันดับต่าง ๆ ในป่าเต็งรังบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้ฯ พบว่าดินอันดับอัลทิซอลส์มีความจุความชื้นสนามสูงกว่าอันดับอินเซปทิซอลส์และเอนทิซอลส์

**สมบัติทางเคมีของดิน**

สมบัติทางเคมีของดิน (Table 2) ปฏิกิริยาดิน อันดับอัลทิซอลส์: ดินบนเป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง ดินล่างเป็นกรดจัดมากถึงกรดจัด อันดับแอลฟิซอลส์: ดินบนเป็นกรดเล็กน้อยถึงเป็นกลาง ดินล่างเป็นกรดจัดถึงกรดปานกลาง อันดับอินเซปทิซอลส์: ดินบนและดินล่างเป็นกรดปานกลาง อันดับเอนทิซอลส์: ดินบนเป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน อันดับอัลทิซอลส์: ดินบนค่อนข้างสูงถึงสูง ดินล่างต่ำ อันดับแอลฟิซอลส์: ดินบนสูง ดินล่างค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง อันดับอินเซปทิซอลส์: ดินบนสูง ดินล่างต่ำถึงค่อนข้างต่ำ อันดับเอนทิซอลส์: ดินบนสูง ทุกอันดับ ดินบนมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าดินล่างเนื่องจากดินบนได้รับอิทธิพลจากเศษซากพืชที่ร่วงลงมาสลายตัว (Brady and Weil, 2017) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ อันดับอัลทิซอลส์: ดินบนค่อนข้างต่ำถึงสูง ดินล่างต่ำ อันดับแอลฟิซอลส์: ดินบนและดินล่างต่ำ อันดับอินเซปทิซอลส์: ดินบนต่ำถึงค่อนข้างสูง ดินล่างต่ำ อันดับเอนทิซอลส์: ดินบนค่อนข้างต่ำถึงสูง เนื่องจากดินล่างมีปฏิกิริยาดินต่ำฟอสเฟตจะทำปฏิกิริยากับ $Fe^{+2}$ และ $Al^{+3}$ ในสารละลายดิน ส่งผลให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินลดลง (Sanchez *et al*., 2003) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ อันดับอัลทิซอลส์: ดินบนและดินล่างสูง อันดับแอลฟิซอลส์: ดินบนสูง ดินล่างค่อนข้างต่ำถึงสูง อันดับอินเซปทิซอลส์: ดินบนสูง ดินล่างค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง อันดับเอนทิซอลส์: ดินบนสูง ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน อันดับอัลทิซอลส์: ดินบนต่ำถึงปานกลาง ดินล่างค่อนข้างต่ำ อันดับแอลฟิซอลส์: ดินบนและดินล่างค่อนข้างสูงถึงสูง อันดับอินเซปทิซอลส์: ดินบนค่อนข้างสูง ดินล่างต่ำถึงปานกลาง อันดับเอนทิซอลส์: ดินบนปานกลางถึงสูง ซึ่งความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสอดคล้องกับปริมาณและชนิดของอนุภาคดินเหนียว และปริมาณอินทรียวัตถุในดินซึ่งมีประจุลบจำนวนมาก ทำให้ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงตามไปด้วย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ความอิ่มตัวเบส อันดับอัลทิซอลส์: ดินบนและดินล่างต่ำ อันดับแอลฟิซอลส์: ดินบนและดินล่างปานกลางถึงค่อนข้างสูง อันดับอินเซปทิซอลส์: ดินบนปานกลาง ดินล่างต่ำถึงค่อนข้างสูง อันดับเอนทิซอลส์: ดินบนปานกลางถึงค่อนข้างสูง เกณฑ์การจำแนกดินใช้ชั้นดินล่างวินิจฉัยอาร์จิลลิก อันดับอัลทิซอลส์มีความอิ่มตัวเบสต่ำกว่าร้อยละ 35 อันดับแอลฟิซอลส์มีความอิ่มตัวเบสสูงกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 35 (Soil Survey Staff, 2014)

**การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน**

การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Table 2) อันดับอัลทิซอลส์: ดินบนพีดอน 1 ปานกลาง และพีดอน 2 ค่อนข้างสูง ส่วนดินล่าง

ค่อนข้างต่ำ อันดับแอลฟิซอลส์: ดินบนค่อนข้างสูง ส่วนดินล่างปานกลาง อันดับอินเซปทิซอลส์: ดินบนค่อนข้างสูง ส่วนดินล่างต่ำถึงค่อนข้างต่ำ และอันดับเอนทิซอลส์: ดินบนค่อนข้างสูงถึงสูง สำหรับอันดับแอลฟิซอลส์ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินสูงกว่าอันดับอื่น ยกเว้นดินบนพีดอน 7 เนื่องจากมีปริมาณอินทรียวัตถุ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และความอิ่มตัวเบสในปริมาณมากทั้งดินบนและดินล่าง ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช (Brady and Weil, 2017)

**Table 2** Soil chemical properties and soil fertility assessment with depth in the 8 profiles sampled at Chiang Mai University Education Centre "Hariphunchai", Lamphun province

| Pedon | Horizon | Depth (cm) | pH[1/] 1:1 ($H_2O$) | OM[2/] (g/kg) | Avai. P[3/] (mg/kg) | Avai. K[4/] (mg/kg) | CEC[5/] ($cmol_c$/kg) | BS[6/] (%) | Total score | Fertility level[7/] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Topsoil | 0-5 | 5.4 | 29.5 (4) | 9.0 (2) | 103.6 (5) | 4.7 (1) | 17.8 (1) | 13 | M |
| | Subsoil | 5-155 | 4.7-5.2 | 4.2 (1) | 1.4 (1) | 132.4 (5) | 7.8 (2) | 1.7 (1) | 10 | ML |
| 2 | Topsoil | 0-7 | 5.7 | 88.9 (5) | 31.6 (5) | 206.9 (5) | 13.4 (3) | 18.8 (1) | 19 | MH |
| | Subsoil | 7-70/80 | 4.9-5.1 | 8.7 (1) | 1.4 (1) | 129.8 (5) | 6.8 (2) | 6.7 (1) | 10 | ML |
| 3 | Topsoil | 0-12 | 6.1 | 48.7 (5) | 5.4 (1) | 321.1 (5) | 19.3 (4) | 48.1 (3) | 18 | MH |
| | Subsoil | 12-152 | 5.4-5.9 | 13.5 (2) | 0.7 (1) | 137.1 (5) | 17.6 (4) | 43.7 (3) | 15 | M |
| 4 | Topsoil | 0-7 | 6.8 | 58.7 (5) | 2.6 (1) | 134.6 (5) | 49.2 (5) | 69.2 (4) | 20 | MH |
| | Subsoil | 7-43/50 | 5.7-6.0 | 22.2 (3) | 1.1 (1) | 45.7 (2) | 39.1 (5) | 55.8 (4) | 15 | M |
| 5 | Topsoil | 0-2 | 5.6 | 52.0 (5) | 17.2 (4) | 123.1 (5) | 15.3 (4) | 41.0 (3) | 21 | MH |
| | Subsoil | 2-32 | 5.7 | 6.4 (1) | 2.3 (1) | 71.5 (3) | 2.5 (1) | 5.4 (1) | 7 | L |
| 6 | Topsoil | 0-5 | 5.6 | 85.5 (5) | 4.7 (1) | 145.2 (5) | 19.5 (4) | 49.7 (3) | 18 | MH |
| | Subsoil | 5-30 | 5.8 | 14.4 (2) | 1.9 (1) | 57.5 (2) | 14.3 (3) | 63.1 (4) | 12 | ML |
| 7 | Topsoil | 0-3 | 6.6 | 63.8 (5) | 31.3 (5) | 344.2 (5) | 23.6 (5) | 50.9 (4) | 24 | H |
| 8 | Topsoil | 0-6/10 | 5.4 | 41.2 (5) | 7.8 (2) | 318.5 (5) | 12.5 (3) | 47.4 (3) | 18 | MH |

**Remarks:** [1/] pH 1:1 ($H_2O$): 4.5-5.0 = very strongly acid, 5.1-5.5 = strongly acid, 5.6-6.0 = moderately acid, 6.1-6.5 = slightly acid, 6.6-7.3 = neutral, [2/] OM = organic matter (g/kg): <10 = 1, 10-15 = 2, 15-25 = 3, 25-35 = 4, >35 = 5, [3/] Avai. P = available phosphorus (mg/kg): <6 = 1, 6-10 = 2, 15-25 = 4, >25 = 5, [4/] Avai. K = available potassium (mg/kg): 30-60 = 2, 60-75 = 3, >90 = 5, [5/] CEC = cation exchange capacity ($cmol_c$/kg): <5 = 1, 5-10 = 2, 10-15 = 3, 15-20 = 4, >20 = 5, [6/] BS = base saturation (%): <20 = 1, 35-50 = 3, 50-75 = 4, (1) = low, (2) = moderately low, (3) = medium, (4) = moderately high, (5) = high, [7/] Scoring is used for the assessment of fertility level (the score is presented in blanket within the table) where score ≤7 = low (L), 8-12 = moderately low (ML), 13-17 = medium (M), 18-22 = moderately high (MH), ≥23 = high (H)

**สมบัติทางแร่วิทยาของดิน**

สมบัติทางแร่วิทยาในอนุภาคขนาดดินเหนียว (Figure 4) ในช่วงชั้นควบคุม (control section) (พีดอน 1: Bt2 36-74 ซม.; พีดอน 2: Bt2 28-57 ซม.; พีดอน 3: Bt1 25-42 ซม.; พีดอน 4: Bt2 25-43/50 ซม.; พีดอน 5: C 32-50/70 ซม.; พีดอน 6: C 30-58/70 ซม.; พีดอน 7: C 3-40/56 ซม.; พีดอน 8: Cr 22/25-73 ซม.) พบแร่ทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ คริสโตบาไลต์ (cristobalite) ฮีมาไทต์ (hematite) อิลไลต์ (illite) เคโอลิไนต์ (kaolinite) มอนต์มอริลโลไนต์ (montmorillonite) และควอตซ์ (quartz) พีดอนส่วนใหญ่จำแนกระดับวงศ์ (family) ชั้นแร่วิทยา (mineralogy class) เป็นมิกซ์ (mixed) ยกเว้นพีดอน 4 เป็นเคโอลินิติก (kaolinitic) เนื่องจากพบแร่เคโอลิไนต์ปริมาณมากกว่าร้อยละ 50 โดยน้ำหนัก (Brindley and Brown, 1980; Soil Survey Staff, 2014) การที่พีดอนส่วนใหญ่ยกเว้นพีดอน 4 พบแร่อิลไลต์เนื่องจากแร่นี้พบมากในวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นหินดินดานหรือดินยังมีพัฒนาการไม่มากพอ ทุกพีดอนพบแร่เคโอลิไนต์ แสดงลักษณะของดินเขตร้อนที่พบแร่นี้ได้ทั่วไป แร่มอนต์มอริลโลไนต์พบเพียงพีดอน 7 พีดอนเดียว ซึ่งเป็นดินอันดับเอนทิซอลส์แสดงถึงพัฒนาการของดินที่น้อย ทุกพีดอนมีแร่ควอตซ์หลงเหลืออยู่เนื่องจากเป็นแร่ที่ประกอบด้วยซิลิกาเป็นหลักซึ่งเป็นแร่ที่เป็นองค์ประกอบของเปลือกโลกมากเป็นอันดับ 2 และทนทานต่อการสลายตัวผุพังมาก (อัญชลี, 2534)

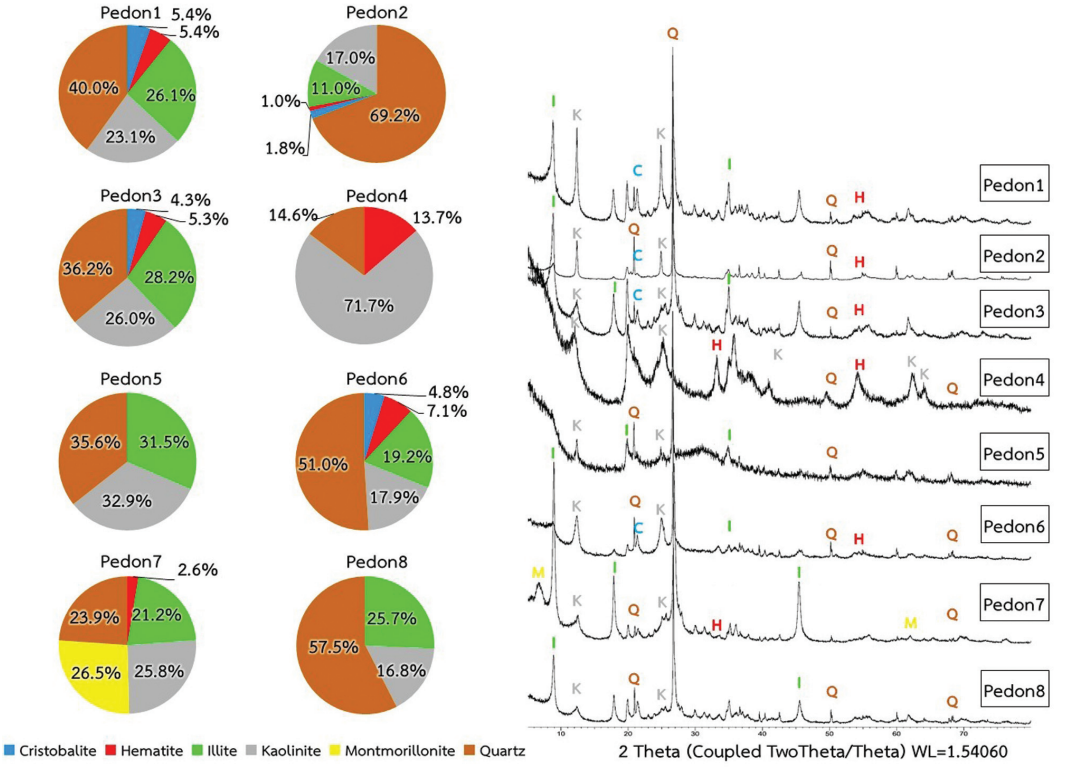


**Figure 4** X-ray diffraction pattern of mineralogical components in clay size particle of 8 profiles soil samples

**ความสัมพันธ์การกระจายตัวของดินกับพันธุ์ไม้**

ผลการวางแปลงเก็บข้อมูลชนิดพันธุ์ไม้ทั้ง 8 แปลง พบว่าพืชที่มีดัชนีความสำคัญทางระบบนิเวศ 3 อันดับแรกในแปลงที่ 1 ประกอบด้วย เต็ง (*Shorea obtusa* Wall. ex Blume) (IVI 28.3) พลวง (*Dipterrocapus tuberculatus* Roxb.) (IVI 16.7) เหียง (*Dipterrocapus obtusifolius* Teijsm. ex. Miq.) (IVI 11.4) แปลงที่ 2 ประกอบด้วย เต็ง (IVI 42.9) รัง (*Shorea siamensis* Miq.) (IVI 12.7) รักใหญ่ (*Gluta usitata* (Wall.) Ding Hou.) (IVI 11.7) แปลงที่ 3 ประกอบด้วย แดง (*Xylia xylocarpa* (Roxb.) Taub.) (IVI 14.7) สัก (*Tectona grandis* L.f.) (IVI 11.4) ยมหิน (*Chukrasia tabulasis* A. juss.) (IVI 11.2) แปลงที่ 4 ประกอบด้วย กระเจาะ (*Millettia leucantha* Kurz.) (IVI 21.3) สัก (IVI 12.7) แคป่า (*Dolichandrone spathacea* (L.f.) K.Schum.) (IVI 8.7) แปลงที่ 5 ประกอบด้วย รัง (IVI 28.7) รักใหญ่ (IVI 16.8) พลวง (IVI 12.5) แปลงที่ 6 ประกอบด้วย เต็ง (IVI 14.7) รัง (IVI 11.1) มะกอกเกลื้อน (*Canarium subulatum* Guillaumin.) (IVI 6.7) แปลงที่ 7 ประกอบด้วย รัง (IVI 27.1) กระทุ่มเนิน (Mitragyna rotundifolia (Roxb.) Kuntze) (IVI 9.7) กุ๊ก (*Lannea coromandelica* (Houtt.) Merr.) (IVI 9.3) และแปลงที่ 8 ประกอบด้วย เต็ง (IVI 40.1) รัง (IVI 14.2) มะกอกเกลื้อน (IVI 13.5) เมื่อจำแนกชนิดป่าแล้วพบว่าป่าเต็งรัง (แปลงที่ 1, 2, 5, 6, 7 และ 8) เป็นดินอันดับอัลทิซอลส์ อินเซปทิซอลส์ และเอนทิซอลส์ ส่วนป่าเบญจพรรณ (แปลงที่ 3 และ 4) เป็นดินอันดับแอลฟิซอลส์

**สรุปผลการวิจัย**

การศึกษาการกระจายตัวของอันดับดิน พบดิน 4 อันดับ ได้แก่ อัลทิซอลส์ แอลฟิซอลส์ อินเซปทิซอลส์ และเอนทิซอลส์ ศึกษาดินตัวแทนกลุ่มย่อย 8 พีดอน เป็นดินตื้นมากถึงลึกมากและไม่พบดินล่างในอันดับเอนทิซอลส์ วัตถุต้นกำเนิดเป็นวัสดุตกค้างจากหินดินดานและหินทราย ดินบนส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทรายถึงดินร่วนเหนียวปนทราย ยกเว้นอันดับแอลฟิซอลส์เป็นดินร่วนเหนียวและดินเหนียว ดินล่างทุกอันดับเป็นดินร่วนปนทรายถึงดินเหนียว โดยเฉพาะอันดับแอลฟิซอลส์เป็นดินเหนียวตลอดดินล่าง ปริมาณกรวดดินบนอันดับแอลฟิซอลส์มีปริมาณน้อยกว่าทุกอันดับ ดินล่างทุกอันดับปริมาณกรวดเพิ่มขึ้นตามความลึก ยกเว้นพีดอน 1 ความหนาแน่นรวมของดินส่วนใหญ่ดินบนและดินล่างต่ำถึงปานกลาง ยกเว้นพีดอน 1 ดินล่างค่อนข้างต่ำถึงค่อนข้างสูง ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมีพิสัยกว้าง สมบัติทางเคมีปฏิกิริยาดิน ดินบนทุกอันดับเป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง ดินล่างอันดับอัลทิซอลส์ต่ำกว่าทุกอันดับ ปริมาณอินทรียวัตถุในดินและปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ทุกอันดับลดลงตามความลึก ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ดินบนทุกอันดับมีระดับสูง ดินล่างอันดับอินเซปทิซอลส์และพีดอน 4 มีค่าต่ำสุด ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนดินบนพีดอน 1 ต่ำกว่าทุกอันดับ ดินล่างอันดับแอลฟิซอลส์สูงกว่าทุกอันดับ ความอิ่มตัวเบสดินบนอันดับอัลทิซอลส์ต่ำกว่าทุกอันดับ ดินล่างอันดับอัลทิซอลส์และพีดอน 5 ต่ำกว่าพีดอนอื่น ส่งผลให้ความอุดมสมบูรณ์ของดินในดินบนทุกอันดับมีระดับปานกลางถึงสูง ดินล่างอันดับอัลทิซอลส์และอินเซปทิซอลส์ต่ำถึงค่อนข้างต่ำ ส่วนอันดับแอลฟิซอลส์ปานกลาง ชั้นแร่วิทยาพีดอนส่วนใหญ่

เป็นมิกซ์ (mixed) ยกเว้นพีดอน 4 เป็นเคโอลินิติก (kaolinitic) ความสัมพันธ์การกระจายตัวของดินกับพันธุ์ไม้ โดยใช้พืชที่มีดัชนีความสำคัญทางระบบนิเวศที่มีค่าสูงสุด พบว่าอันดับอัลทิซอลส์เป็นเต็ง อันดับอินเซปทิซอลส์และเอนทิซอลส์เป็นรังและเต็ง ทั้ง 3 อันดับจึงจำแนกเป็นป่าเต็งรัง ส่วนอันดับแอลฟิซอลส์พืชที่มีดัชนีความสำคัญทางระบบนิเวศสูงสุดเป็นแดงและกระเจาะจึงจำแนกเป็นป่าเบญจพรรณ

## กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี และสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) สนับสนุนทุนในการทำงานวิจัยนี้ ในปีงบประมาณ 2563 และมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สนับสนุนทุนวิจัยผ่านงบประมาณรายได้มหาวิทยาลัย ในปีงบประมาณ 2564

## เอกสารอ้างอิง

กรมทรัพยากรธรณี. 2550. แผนที่ธรณีวิทยาจังหวัดลำพูน. แหล่งข้อมูล http://www.dmr.go.th/download/pdf/North/Lamphun.pdf (20 ธันวาคม 2564).

กรมแผนที่ทหาร. 2542. แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 จังหวัดลำพูน ระวาง 4846 III ลำดับชุด L7018. กระทรวงกลาโหม, กรุงเทพฯ.

กองสำรวจและจำแนกดิน. 2543. คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของดินสำหรับพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 10. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

จักรพงษ์ ไชยวงศ์ สุนทร คำยอง นิวัติ อนงค์รักษ์ ประสิทธิ์ วังภคพัฒนวงศ์ และสุภาพ ปารมี. 2562. คุณสมบัติทางกายภาพเคมีและการกักเก็บคาร์บอนและธาตุอาหารในดินที่เกิดจากหินภูเขาไฟและหินทรายในป่าเต็งรังที่ศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่. วารสารเกษตร 35(3): 475-486.

ธนากร บั้งเงิน สุนทร คำยอง และนิวัติ อนงค์รักษ์. 2557. การกักเก็บน้ำในดินอันดับต่าง ๆ ในป่าเต็งรังบริเวณศูนย์ศึกษาการพัฒนาห้วยฮ่องไคร้อันเนื่องมาจากพระราชดำริ จังหวัดเชียงใหม่. รายงานการประชุมทางวิชาการ “สิ่งแวดล้อมนเรศวร” ครั้งที่ 10, มหาวิทยาลัยนเรศวร 30 ตุลาคม. มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก. น. 25-31.

นิวัติ อนงค์รักษ์ ธวัชชัย ตาอินทร์ ธนานิติ ธิชาญ และณัฐวุฒิ ลือศักดิ์. 2564. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการการสำรวจดินในพื้นที่ปกปักทรัพยากรในศูนย์การศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ “หริภุญไชย” จังหวัดลำพูน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

นิวัติ อนงค์รักษ์ ธีระพงษ์ เสาวภาคย์ ธวัชชัย ตาอินทร์ กรกนก ดีพรมกุล วิษณุ เจียมใจ ธนานิติ ธิชาญ ณัฐวุฒิ ลือศักดิ์ และจตุรงค์ วุฒิ. 2563. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการการสำรวจดินในพื้นที่ศูนย์การศึกษามหาวิทยาลัยเชียงใหม่ “หริภุญไชย” จังหวัดลำพูน. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. 2562. พจนานุกรมศัพท์ปฐพีศาสตร์ ฉบับราชบัณฑิตยสภา. บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

อัญชลี สุทธิประการ. 2534. แร่ดินเหนียว เล่มที่ 1, 2. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Brady, N.C. and R.R. Weil. 2017. The nature and properties of soils. 15th Edition. Pearson Education, Inc., New Jersey.

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 Structures of Clay Minerals and Their X-ray Identification, Mineralogical Society Monograph, No.5. Spottiswoode Ballantyne, Ltd., London.

Buol, S.W., R.J. Southard, R.C. Graham, and P.A. McDaniel. 2011. Soil genesis and classification. 6th Edition. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Krebs, C.J. 1985. Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. 3rd Edition. Harper & Row, Publishers, New York.

National Soil Survey Center. 1996. Soil survey laboratory methods manual. U. S. Government Printing Office, Washington D.C.

Sanchez, P.A., 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.

Soil Science Division Staff. 2017. Soil survey manual. United States Department of Agriculture, Washington D.C.

Soil Survey Staff. 2014. Key to soil taxonomy. 12th Edition. U.S. Government Publishing Office, Washington D.C.