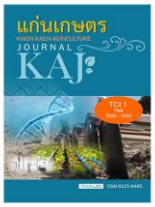
วารสารแก่นเกษตร THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj



สมบัติของดินในระบบวนเกษตรที่มีกาแฟเป็นพืชหลักในจังหวัดเชียงใหม่

Soil Properties in Coffee-based Agroforestry Systems in Chiang Mai Province

ณัฐวุฒิ ลือศักดิ์[1]*, นิวัติ อนงค์รักษ์[1], ฟ้าไพลิน ไชยวรรณ[1] และสุนทร คำยอง[2]

Nattawut Luesak[1]*, Niwat Anongrak[1], Fapailin Chaiwan[1] and Soontorn Khamyong[2]

[1] ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

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

[2] ภาควิชาเกษตรที่สูงและทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ 50200

[2] Highland Agriculture and Natural Resources Department, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200, Thailand

* Corresponding author: Email: nattawut.luesak@gmail.com

Received: date; March 26, 2020 Accepted: date; August 13, 2020 Published: date

บทคัดย่อ: การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการเปรียบเทียบสมบัติของดินในระบบวนเกษตรที่มีกาแฟเป็นพืชหลัก 6 บริเวณ และป่าธรรมชาติ 2 บริเวณ ของ 3 อำเภอในจังหวัดเชียงใหม่ ทำการเก็บตัวอย่างดินเพื่อประเมินความอุดมสมบูรณ์และความเหมาะสมของดินในการปลูกกาแฟอาราบิกา โดยศึกษาสัณฐานวิทยา สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินตลอดชั้นที่เป็นดิน ผลการประเมินพบว่าดินส่วนใหญ่อยู่ในอันดับอัลทิซอลส์ เป็นดินลึกถึงลึกมาก เนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียว ส่วนใหญ่มีการสะสมดินเหนียวในดินล่าง ปริมาณกรวด ความหนาแน่นรวมของดิน และค่าความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช มีค่าใกล้เคียงกัน ปฏิกิริยาดินอยู่ในช่วงกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง ปริมาณอินทรียวัตถุ ดินบนมีค่าสูงกว่าดินล่าง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ อยู่ในระดับต่ำ ในขณะที่ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ อยู่ในระดับสูง ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส ดินบนมีค่าสูงกว่าดินล่าง ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ดินบนมีค่าสูงกว่าดินล่าง จากการประเมินความเหมาะสมแสดงว่าดินที่ปลูกกาแฟอาราบิกา ส่วนใหญ่จัดอยู่ในชั้นที่ไม่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม การกักเก็บธาตุอาหารในดิน มีค่าใกล้เคียงกัน การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพืช แปลงป่าธรรมชาติมีค่าสูงกว่าแปลงระบบวนเกษตร

คำสำคัญ: สัณฐานวิทยาของดิน; สมบัติทางกายภาพเคมีของดิน; กาแฟอาราบิกา; การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน; การกักเก็บคาร์บอน

ABSTRACT: The objective of this study was to compare soil properties in 6 representative areas of coffee-based agroforestry systems and 2 representative areas of natural forests where located in 3 districts of Chiang Mai province. The soils were sampling and then analyzed for soil fertility as well as suitability for coffee arabica grove were evaluated. Moreover, soil morphology and physicochemical properties in soil

solum were studied. The results showed that most soils were order Ultisols. Soils were deep to very deep. Soil texture was sandy clay loam to clay and most of clay accumulated layers in their subsoils. Gravel contents, bulk density and available water capacity were similar. Soil reaction was very strongly acid to moderately acid. Organic matter contents of topsoils were higher than subsoils. Available phosphorus was low level while available potassium was high level. Cation exchange capacity and base saturation percentage of topsoils were higher than subsoils. Soil fertility assessments of topsoils were higher than subsoils. The suitability assessment implied that almost all of the coffee arabica groves were grown in unsuited soils. However, nutrient storages of soil in all areas were similar. Carbon storages of plant biomass in natural forest plots were higher than agroforestry system plots.

Keywords: soil morphology; soil physiochemical properties; coffee arabica; soil fertility assessments; carbon storages

บทนำ

วนเกษตร (agroforestry) คือ เทคโนโลยีและระบบการใช้ที่ดินอันมีองค์ประกอบของไม้ยืนต้น ไม้พุ่ม อยู่ร่วมกับพืชเกษตร ในพื้นที่ซึ่งมีการจัดการร่วมกันในระยะเวลาเดียวกันหรือสลับหมุนเวียนบนพื้นที่เดียวกัน ระบบวนเกษตรมักจะมีลักษณะที่แตกต่างกันไปตามความต้องการของเจ้าของที่ดิน สภาพภูมิอากาศ และสภาพภูมิประเทศ ซึ่งเป็นปัจจัยกำหนดชนิดของพืชเกษตร พืชป่า และสัตว์เลี้ยง (Nair, 1989)

กาแฟ (coffee) ในปี พ.ศ. 2561 ตลาดโลกมีความต้องการผลผลิตกาแฟ 9,508,500 ตัน ขณะที่ประเทศไทยมีความต้องการ 95,000 ตัน ซึ่งมีพื้นที่ปลูกกาแฟอยู่ที่ 257,241 ไร่ ให้ผลผลิตรวม 24,695 ตัน (กองส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร, 2561) กาแฟแบ่งเป็น 2 พันธุ์ คือ พันธุ์โรบัสตา (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) พื้นที่ปลูกส่วนใหญ่อยู่ที่จังหวัดชุมพรและระนอง ส่วนพันธุ์อาราบิกา (*Coffea arabica* L.) พื้นที่ปลูกอยู่บนพื้นที่สูงทางภาคเหนือ ในจังหวัดเชียงใหม่มีพื้นที่ปลูก 30,245 ไร่ มีพื้นที่ปลูกมากที่สุดอยู่ที่อำเภออมก๋อย 10,346 ไร่ รองลงมาคืออำเภอดอยสะเก็ด 8,304 ไร่ และอำเภอแม่ริมและอำเภอแม่แตง มีพื้นที่ปลูกรวมกัน 2,917 ไร่ โดยผลผลิตรวมทั้งจังหวัดเชียงใหม่ 3,712 ตัน (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2558; สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่, 2560)

การศึกษาที่เกี่ยวข้อง คำ และคณะ (2552) ได้ศึกษาการประเมินคุณภาพของดินสำหรับการผลิตกาแฟ ในอำเภอปากช่อง จังหวัดจำปาสัก ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินพบว่า ดินส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง และผลการประเมินศักยภาพของดินโดยวิธีประเมินคุณภาพของดินพบว่า ดินที่ทำการศึกษาส่วนใหญ่มีความเหมาะสมปานกลางสำหรับการปลูกกาแฟ บางบริเวณมีความเหมาะสมเล็กน้อย และบางบริเวณมีความเหมาะสมมาก และ อานนท์ (2557) ได้ศึกษาศักยภาพการกักเก็บคาร์บอน ธาตุอาหารและน้ำของระบบนิเวศวนเกษตรบริเวณโครงการพัฒนาพื้นที่ป่าขุนแม่กวง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ พบว่าระบบนิเวศวนเกษตรสวนกาแฟ จัดอยู่ในอันดับอัลทิซอลส์ (Ultisols) อันดับย่อย Humults มีความหนาแน่นรวมของดินต่ำ ปฏิกิริยาดินเป็นกรดจัดถึงกรดจัดมาก ปริมาณอินทรียวัตถุและคาร์บอนในดินมีปริมาณต่ำถึงสูง

งานวิจัยนี้เป็นโครงการที่วิจัยผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินอย่างรวดเร็วในระบบนิเวศของดิน 4 ประเทศ เป็นการศึกษาและเปรียบเทียบสัณฐานวิทยา สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน การกักเก็บธาตุอาหารในดิน และการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพืช ในระบบวนเกษตรที่มีกาแฟอาราบิกาเป็นพืชหลักและป่าธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการวางแผนการใช้ที่ดินและการจัดการที่ดิน อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสม

วิธีการศึกษา

พื้นที่วิจัย

คัดเลือกพื้นที่ ในพื้นที่อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นระบบวนเกษตรที่มีการปลูกกาแฟอาราบิกาเป็นพืชหลัก จำนวน 3 บริเวณ (พีดอนที่ 1: 0534633 E, 2092400 N, พีดอนที่ 2: 0534573 E, 2092378 N และพีดอนที่ 3: 0534465 E, 2092386 N) และพื้นที่ป่าธรรมชาติบริเวณใกล้เคียง จำนวน 1 บริเวณ (พีดอนที่ 4: 0533016 E, 2092288 N) ในพื้นที่อำเภอแม่ริม จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นระบบวนเกษตรที่มีการปลูกกาแฟอาราบิกาเป็นพืชหลัก จำนวน 2 บริเวณ (พีดอนที่ 6: 0475412 E, 2105453 N และพีดอนที่ 7: 0475353 E, 2105677 N) และพื้นที่ป่าธรรมชาติบริเวณใกล้เคียง จำนวน 1 บริเวณ (พีดอนที่ 5: 0476141 E, 2105026 N) ในพื้นที่อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ ที่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นระบบวนเกษตรที่มีการปลูกกาแฟอาราบิกาเป็นพืชหลัก จำนวน 1 บริเวณ (พีดอนที่ 8: 0479268 E, 2122137 N) ซึ่งระบบวนเกษตรทั้งหมดมีการจัดการแบบเกษตรอินทรีย์ (organic farming) โดยดำเนินการในช่วง ม.ค. 2562 ถึง มี.ค. 2562

วิธีการเก็บตัวอย่างดินในภาคสนามและการวิเคราะห์สมบัติดินในห้องปฏิบัติการ

ทำการขุดหลุมดินห่างจากทรงพุ่มต้นกาแฟ 0.5 ม. ขนาดหน้าตัดดิน 1.5 × 2.0 × 2.0 ม. (กว้าง × ยาว × ลึก) หรือจนถึงชั้นหินพื้น แต่งหน้าดินพร้อมกับทำคำอธิบายหน้าตัดดิน และเก็บตัวอย่างดินที่ถูกรบกวน (disturbed sample) และไม่ถูกรบกวน (undisturbed sample) ที่ระดับความลึกตามสัณฐานวิทยา (เอิบ, 2552) ในช่วง เม.ย. 2562 ถึง ส.ค. 2562 จากนั้นนำตัวอย่างดินมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อหา สมบัติทางกายภาพของดิน ประกอบด้วย การกระจายตัวของอนุภาคดิน (soil particle size distribution; sand, silt, clay) (Gee and Bauder, 1986) ปริมาณกรวด (gravel content) (Day, 1965) ความหนาแน่นรวม (bulk density, BD) (ถนอม, 2528) ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (available water capacity, AWC) โดยคำนวณจากผลต่างของค่าความจุความชื้นในสนาม (field capacity, FC) และจุดเหี่ยวถาวร (permanent wilting point, PWP) (ถนอม, 2528; คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) และสมบัติทางเคมีของดิน ประกอบด้วย ปฏิกิริยาดิน (soil reaction, pH) อัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1 (National Soil Survey Center, 1996) ปริมาณอินทรียวัตถุ (organic matter content, OM) (Nelson and Sommers, 1996) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus, Avai. P) (Bray and Kurtz, 1945) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium, Avai. K) (Pratt, 1965) ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity, CEC) (Summer and Miller, 1996) และค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (base saturation percentage, BS) (National Soil Survey Center, 1996) แล้วนำค่าดินที่วิเคราะห์ได้มาประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์และทำการจัดชั้นความเหมาะสมของดินสำหรับกาแฟอาราบิกา (กองสำรวจและจำแนกดิน, 2543) และนำผลค่าวิเคราะห์สมบัติทางเคมีในดินบน (topsoil) และดินล่าง (subsoil) รวมเรียกว่าชั้นที่เป็นดิน (soil solum) (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2562) มาคำนวณปริมาณการกักเก็บธาตุอาหารในดินต่อพื้นที่ (สุนทร, 2558) (การกักเก็บธาตุอาหาร (กก./ไร่) = น้ำหนักของชั้นดิน (กก./ไร่) × ปริมาณธาตุอาหาร (ก./กก.) / 1,000) ดำเนินการในช่วง ก.ย. 2562 ถึง ก.พ. 2563

การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพืช

ทำการสุ่มตัวอย่างแปลงที่มีขนาดพื้นที่ 40 × 40 ม. (1 ไร่) ในระบบวนเกษตร จำนวนทั้งหมด 6 แปลง (plot) และในป่าธรรมชาติ จำนวน 2 แปลง (พีดอนละ 1 แปลง) บริเวณรอบพีดอนในแต่ละแปลง ทำการจำแนกชนิดพันธุ์ไม้ (species) แล้วหาความหนาแน่น (density) (ความหนาแน่น (ต้น/แปลง) = จำนวนต้นไม้ทั้งหมด (ต้น) / ขนาดแปลง (ไร่)) และวัดเส้นรอบวงลำต้นที่ระดับอก (girth at breast height, GBH) หรือ 1.3 ม. จากผิวดิน และความสูงของต้นไม้ที่สูง 1.5 ม. จากผิวดินขึ้นไป (Krebs, 1985) แล้วนำมาคำนวณมวลชีวภาพของพืช (plat biomass) แต่ละชนิดในแปลง แยกสะสมในส่วนของลำต้น (stem) กิ่ง (branch) ใบ (leaf) และราก (root) โดยใช้สมการแอลโลมิทรี (allometric equations) ($W_S = 0.0509(D^2H)^{0.919}$, $W_B = 0.00893(D^2H)^{0.97}$, $W_L = 0.0140(D^2H)^{0.669}$ และ $W_R = 0.0313(D^2H)^{0.805}$ เมื่อ W_S คือ มวลชีวภาพของลำต้น, W_B คือ

มวลชีวภาพของกิ่ง, W_L คือ มวลชีวภาพของใบ, W_R คือ มวลชีวภาพของราก ทั้งหมดมีหน่วยเป็น กก./ต้น, D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นไม้ที่ความสูงระดับอก (1.30 เมตร) มีหน่วยเป็น ซม. และ H คือ ความสูงของต้นไม้ มีหน่วยเป็น ม.) จากนั้นใช้ความเข้มข้นเฉลี่ยของธาตุคาร์บอนในเนื้อเยื่อพืช (ลำต้น = 49.90 %, กิ่ง = 48.70 %, ใบ = 48.30 % และราก = 48.12 %) ซึ่งมาจากการศึกษาโดย Tsutsumi et al. (1983) มาคำนวณการกักเก็บคาร์บอน ที่ถูกเก็บไว้ในมวลชีวภาพของพืช (การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพืช (กก./ไร่) = มวลชีวภาพของพืชทั้งหมดในพื้นที่ × ความเข้มข้นเฉลี่ยของคาร์บอนในเนื้อเยื่อของพืช (%)) ทำการศึกษาในช่วง เม.ย. 2562 ถึง ส.ค. 2562

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สภาพแวดล้อมและสัณฐานวิทยาสนามของดิน

ในอำเภอดอยสะเก็ด พีดอนที่ 1, 2 และ 3 เป็นดินในระบบวนเกษตร (อายุกาแฟ 12, 12 และ 17 ปี ตามลำดับ) ส่วนพีดอน 4 เป็นดินในป่าธรรมชาติ มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,684.2 มม./ปี อุณหภูมิเฉลี่ย 21.5 °ซ. (มูลนิธิโครงการหลวง, 2555[b]) มีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 849-906 ม. (กรมแผนที่ทหาร, 2542[a]) มีสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดเล็กน้อย (slightly undulating) ถึงพื้นที่สูงชันมาก (very steep slope) (3-57 %) เป็นดินลึก (deep soil) ถึงดินลึกมาก (very deep soil) (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2547) ในอำเภอแม่ริม พีดอนที่ 5 เป็นป่าธรรมชาติ ส่วนพีดอนที่ 6 และ 7 เป็นดินในระบบวนเกษตร (อายุกาแฟ 9 ปี) มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,813.9 มม./ปี อุณหภูมิเฉลี่ย 21.7 °ซ. (มูลนิธิโครงการหลวง, 2555[a]) ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 940-1,005 ม. (กรมแผนที่ทหาร, 2542[b]) มีสภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนชัน (rolling) ถึงพื้นที่สูงชัน (steep slope) (18-42 %) เป็นดินลึกมาก (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2547) และในอำเภอแม่แตง พีดอนที่ 8 เป็นดินในระบบวนเกษตร (อายุกาแฟ 12 ปี) มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,099.3 มม./ปี อุณหภูมิเฉลี่ย 23.7 °ซ. (มูลนิธิโครงการหลวง, 2555[c]) ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 720 ม. (กรมแผนที่ทหาร, 2542[b]) มีสภาพเป็นพื้นที่สูงชัน (38 %) เป็นดินลึกมาก (สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน, 2547) พื้นที่เกือบทุกบริเวณมีวัตถุต้นกำเนิดจากวัตถุตกค้างจากหินแกรนิต (residuum from granite) มีพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ A-AB-BA-Bw-Bt-BC/BCr-Cr-R จำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดินได้กลุ่มย่อย (subgroup) เป็น Typic Palehumults และพีดอนที่ 1 มีกลุ่มย่อยเป็น Typic Haplohumults ยกเว้นพีดอนที่ 3 มีวัตถุต้นกำเนิดจากเศษหินเชิงเขาจากหินแกรนิต (colluvium from granite) มีพัฒนาการหน้าตัดดินแบบ A-Bw-2Bw-2BC จำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดินได้กลุ่มย่อยเป็น Typic Humudepts (Soil Survey Staff, 2014) (**Table 1** และ **Figure 1**)

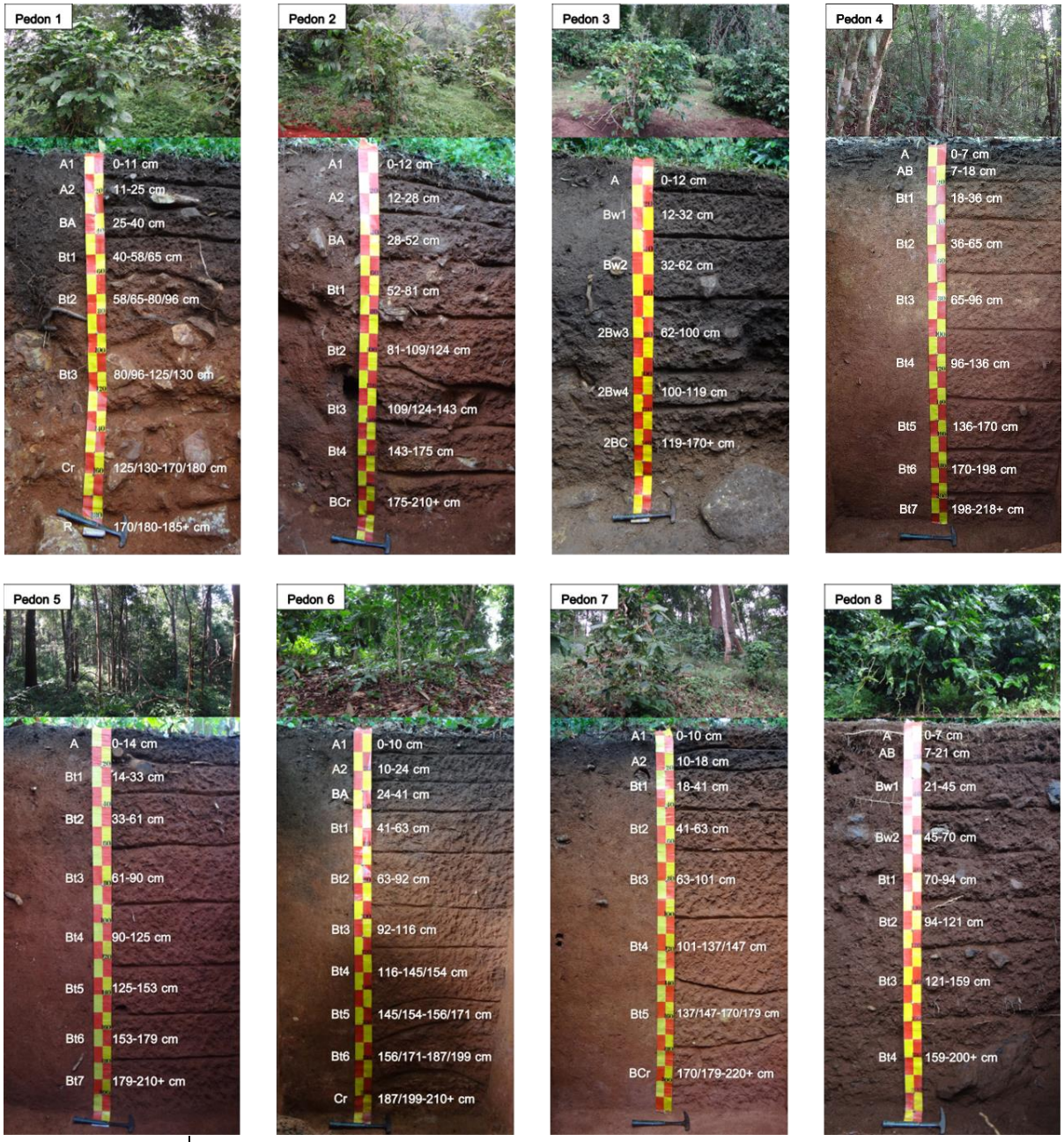
Table 1 Environmental setting of coffee-based agroforestry systems and natural forests

Area[1/] / Land use[2/]	Pedon	Coordinate	Elevation (m) / Slope[3/] (%)	Parent material	Soil profile	Soil classification[4/]
DS/CA	1	0534633 E 2092400 N	906 57	residuum from granite	A1-A2-BA-Bt1-Bt2-Bt3-Cr-R 11-25-40-58/65-80/96-125/130-170/180-185+	Typic Haplohumults Ultisols
DS/CA	2	0534573 E 2092378 N	901 42	residuum from granite	A1-A2-BA-Bt1-Bt2-Bt3-Bt4-BCr 12-28-52-81-109/124-143-175-210+	Typic Palehumults Ultisols
DS/CA	3	0534465 E 2092386 N	890 3	colluvium from granite	A-Bw1-Bw2-2Bw3-2Bw4-2BC 12-32-62-100-119-170+	Typic Humudepts Inceptisols
DS/NF	4	0533016 E 2092288 N	849 45	residuum from granite	A-AB-Bt1-Bt2-Bt3-Bt4-Bt5-Bt6-Bt7 7-18-36-65-96-136-170-198-218+	Typic Palehumults Ultisols
MR/NF	5	0476141 E 2105026 N	1,005 18	residuum from granite	A-Bt1-Bt2-Bt3-Bt4-Bt5-Bt6-Bt7 14-33-61-90-125-153-179-210+	Typic Palehumults Ultisols
MR/CA	6	0475412 E 2105453 N	973 42	residuum from granite	A1-A2-BA-Bt1-Bt2-Bt3-Bt4-Bt5-Bt6-Cr 10-24-41-63-92-116-145/154-156/171-187/199-210+	Typic Palehumults Ultisols
MR/CA	7	0475353 E 2105677 N	940 24	residuum from granite	A1-A2-Bt1-Bt2-Bt3-Bt4-Bt5-BCr 10-18-41-63-101-137/147-170/179-220+	Typic Palehumults Ultisols
MT/CA	8	0479268 E 2122137 N	720 38	residuum from granite	A-AB-Bw1-Bw2-Bt1-Bt2-Bt3-Bt4 7-21-45-70-94-121-159-200+	Typic Palehumults Ultisols

[1/]Area: DS = Doi Saket district, MR = Mae Rim district, MT = Mae Tang district, [2/]Land use: CA = coffee-based agroforestry system, NF = natural forest, [3/]Slope (%): 2-5 = slightly undulating, 12-20 = rolling, 20-35 = hilly, 35-50 = steep slope, 50-70 = very steep slope, [4/]Soil classification: Typic Haplohumults = subgroup, Ultisols = order

สมบัติทางกายภาพของดิน

ผลวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของดิน (**Table 2** และ **Figure 2**) พบว่า การแจกกระจายอนุภาคดิน ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคขนาดทราย (**Figure 2a**) อนุภาคขนาดทรายแป้ง (**Figure 2b**) และอนุภาคขนาดดินเหนียว (**Figure 2c**) ทำให้ดินในอำเภอดอยสะเก็ด มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ถึงดินเหนียวปนทราย (sandy clay) เนื้อดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียว (clay) ส่วนในอำเภอแม่ริมและอำเภอแม่แตง มีเนื้อดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินร่วนเหนียว (clay loam) เนื้อดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวถึงดินเหนียว (**Figure 2d**) โดยเกือบทุกพีดอนแสดงการเคลื่อนย้ายเชิงกล (lessivage) ของอนุภาคขนาดเล็ก และกระบวนการเคลื่อนย้ายวัสดุจากดินบน (eluviation) ไปสะสม



	Pedon 1	Pedon 2	Pedon 3	Pedon 4	Pedon 5	Pedon 6	Pedon 7	Pedon 8
Area/Land use	DS/CA	DS/CA	DS/CA	DS/NF	MR/NF	MR/CA	MR/CA	MT/CA

Figure 1 Soil profiles of coffee-based agroforestry systems and natural forests

ในดินล่าง ทำให้ดินบนมีอนุภาคขนาดใหญ่เหลืออยู่มาก ส่วนดินล่างจะมีอนุภาคขนาดเล็กโดยเฉพาะดินเหนียวเพิ่มขึ้น เข้าเกณฑ์ของชั้นดินวินิจฉัยอาร์จิลลิก (argillic diagnostic horizon) ยกเว้นพีดอนที่ 3 มีเนื้อดินเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายตลอดชั้นที่เป็นดิน แสดงถึงกระบวนการสะสมที่เกิดขึ้นน้อย เข้าเกณฑ์ของชั้นดินวินิจฉัยแคมบิก (cambic diagnostic horizon) (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2562; Buol et al., 2011; Soil Survey Staff, 2014) ปริมาณกรวด ในอำเภอดอยสะเก็ดพบว่าดินบนมีก้อนกรวดเล็กน้อยถึงมีก้อนกรวดปานกลาง (7.3-17.0 % โดยปริมาตร) ดินล่างมีก้อนกรวดเล็กน้อยถึงมีก้อนกรวดปานกลาง (6.5-25.8 % โดยปริมาตร) ส่วนในอำเภอแม่ริมและอำเภอแม่แตงพบว่าดินบนไม่มีก้อนกรวด

Table 2 Soil physical properties of coffee-based agroforestry systems and natural forests

Area/ Land use	Pedon	Horizon[1/]	Depth (cm)	Particle size distribution (g/kg)			Soil texure[2/]	Gravel content[3/] (% v)	BD[4/] (Mg/m^3)	FC[5/]	PWP[6/]	AWC[7/]
				sand	silt	clay				(% v)		
DS/CA	1	Topsoil	0-25	533.7	169.7	296.6	scl	17.0	1.3	32.3	20.4	11.9
		Subsoil	25-125/130	485.7	124.7	389.6	sc	25.8	1.5	35.6	24.2	11.4
DS/CA	2	Topsoil	0-28	513.2	167.4	319.4	scl	12.3	1.1	33.0	21.2	11.8
		Subsoil	28-210+	403.2	212.4	384.4	scl-c	24.7	1.3	35.7	23.5	12.2
DS/CA	3	Topsoil	0-12	568.2	177.4	254.4	scl	7.3	1.5	29.6	18.1	11.5
		Subsoil	12-170+	603.5	113.9	282.6	scl	18.7	1.7	27.8	17.9	9.9
DS/NF	4	Topsoil	0-7	493.2	139.9	366.9	scl-sc	11.8	1.0	36.0	24.1	11.9
		Subsoil	7-218+	417.0	154.2	428.8	cl-c	6.5	1.5	37.6	25.9	11.7
MR/NF	5	Topsoil	0-14	614.6	118.8	266.6	scl	7.8	1.0	31.7	20.2	11.5
		Subsoil	14-210+	353.9	128.0	518.1	c	7.3	1.3	42.8	30.9	11.9
MR/CA	6	Topsoil	0-24	460.0	220.0	320.0	scl	2.5	1.3	33.2	20.8	12.4
		Subsoil	24-187/199	440.0	128.6	431.4	cl-c	7.2	1.5	37.8	26.1	11.7
MR/CA	7	Topsoil	0-18	497.9	109.8	392.3	sc	14.1	1.1	36.8	25.2	11.6
		Subsoil	18-220+	409.6	146.5	443.9	cl-c	10.6	1.3	38.7	26.8	11.9
MT/CA	8	Topsoil	0-21	395.2	250.0	354.8	cl	45.8	0.8	36.0	23.0	13.0
		Subsoil	21-200+	345.2	241.7	413.1	cl-c	38.0	1.0	37.8	25.1	12.7

[1/]Horizon: Topsoil = A horizon, Subsoil = B horizon, [2/]Soil texture: scl = sandy clay loam, cl = clay loam, sc = sandy clay, c = clay, [3/]Gravel content (% v): 0-5 = non gravel, 5-15 = slightly gravelly, 15-35 = gravelly, 35-60 = very gravelly, > 60 = extremely gravelly, [4/]BD = bulk density (Mg/m^3): < 1.2 = low, 1.2-1.4 = moderately low, 1.4-1.6 = medium, 1.6-1.8 = moderately high, 1.8-2.0 = high, > 2.0 = very high, [5/]FC = field capacity, [6/]PWP = permanent wilting point, [7/]AWC = available water capacity

ถึงมีก้อนกรวดมาก (2.5-45.8 % โดยปริมาตร) ดินล่างมีก้อนกรวดเล็กน้อยถึงมีก้อนกรวดมาก (7.2-38.0 % โดยปริมาตร) โดยเกือบทุกพีดอนเป็นก้อนกรวดของหินแกรนิต ยกเว้นในอำเภอแม่แตงอยู่ในระดับที่มีก้อนกรวดมากตลอดชั้นที่เป็นดิน เนื่องจากเป็นก้อนกรวดของหินแกรนิตและแร่ไซโลมีเลน (psilomelane) ที่มีลักษณะเป็นเนื้อสมานแน่น เกิดจากการละลายของแมงกานีส (Mn) ออกมาจากหินแกรนิตแล้วมาตกตะกอนสะสมตัวใหม่ (สำนักงานทรัพยากรธรณีเขต 3, 2531) ความหนาแน่นรวมของดิน ในอำเภอดอยสะเก็ดพบว่าดินบนอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (1.0-1.5 เมกะกรัม/ลบ.ม.) ดินล่างอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงค่อนข้างสูง (1.3-1.7 เมกะกรัม/ลบ.ม.) ส่วนในอำเภอแม่ริมและอำเภอแม่แตงพบว่าดินบนอยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างต่ำ (0.8-1.3 เมกะกรัม/ลบ.ม.) ดินล่างอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (1.0-1.5 เมกะกรัม/ลบ.ม.) ความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มขึ้นตามความลึก มีผลมาจากปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Brady and Weil, 2017) ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช โดยคำนวณจากผลต่างของค่าความจุความชื้นสนาม และจุดเหี่ยวถาวร ในอำเภอดอยสะเก็ดพบว่าดินบนมีพิสัยระหว่าง 11.5-11.9 % โดยปริมาตร ดินล่างมีพิสัยระหว่าง 9.9-12.2 % โดยปริมาตร ส่วนในอำเภอแม่ริมและอำเภอแม่แตงพบว่าดินบนมีพิสัยระหว่าง 11.5-13.0 % โดยปริมาตร ดินล่างมีพิสัยระหว่าง 11.7-12.7 % โดยปริมาตร ดินเนื้อปานกลางจะมีความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืชสูงกว่าดินเนื้อละเอียดและดินเนื้อหยาบ ดินที่มีความหนาแน่นรวมของดิน

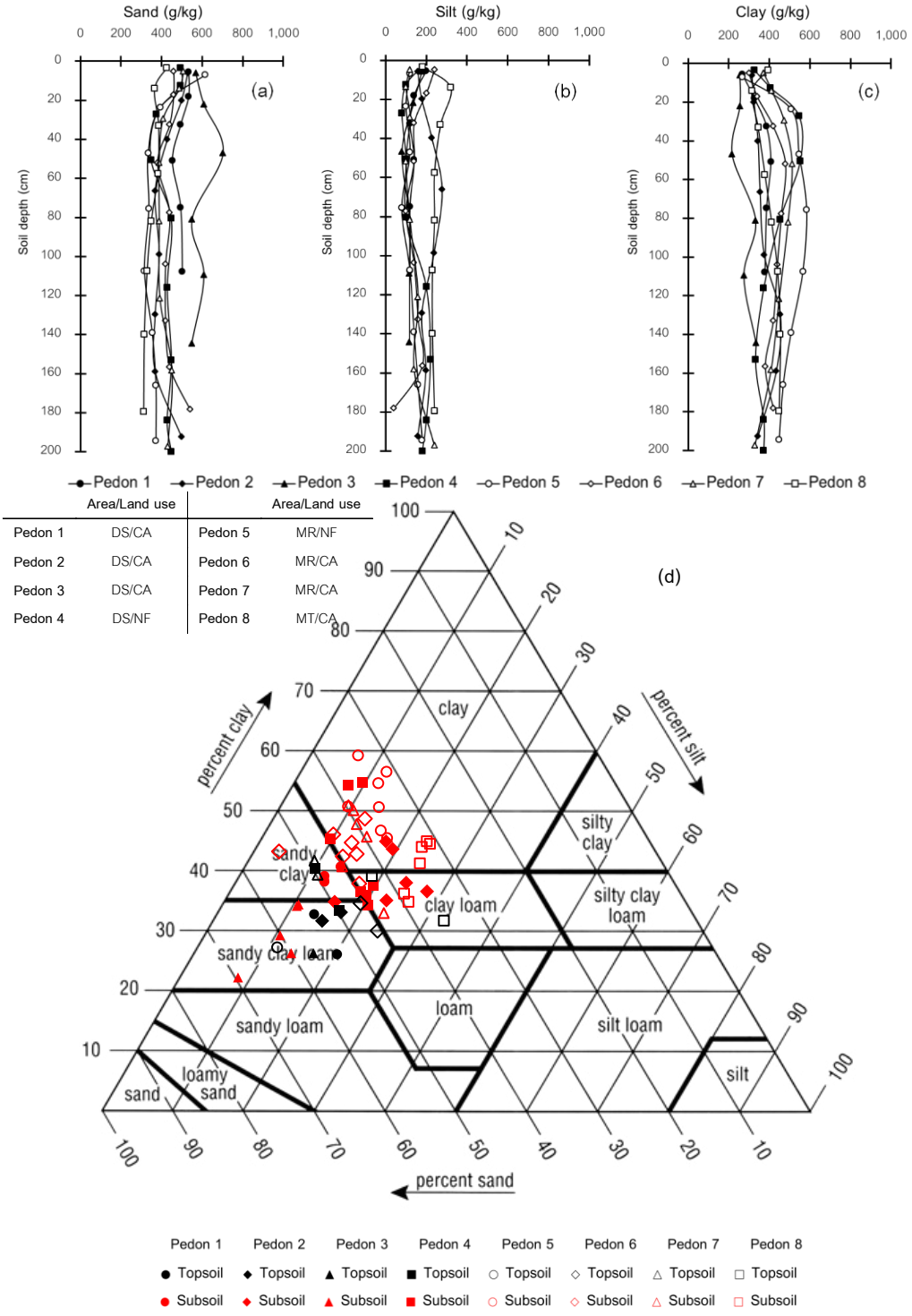


Figure 2 Distribution trend with depth of soil particle size and soil textural triangle diagrams in coffee-based agroforestry systems and natural forests

เพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์จะมีแนวโน้มที่ลดลง (Brady and Weil, 2017) ซึ่งสมบัติทางกายภาพของดินเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเติบโตของพืช โดยมีอิทธิพลต่อการอุ้มน้ำในดิน การถ่ายเทอากาศและการชอนไชของรากพืช (Fisher and Binkley, 2013)

สมบัติทางเคมีของดิน

ผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดิน (**Table 3**) ปฏิกิริยาดิน พบว่าทุกพีดอนในดินบนเป็นกรดจัดมาก (very strongly acid) ถึงกรดปานกลาง (moderately acid) (pH 4.6-5.7) ดินล่างเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 4.7-5.8) ซึ่งเป็นลักษณะเด่นของดินเขตร้อนที่มีพัฒนาการสูงเกิดกระบวนการชะละลาย เบสต่างๆ จึงเคลื่อนย้ายออกไปจากหน้าตัดดิน (Brady and Weil, 2017) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ในอำเภอดอยสะเก็ดพบว่าดินบนอยู่ในระดับสูง (41.4-48.5 ก./กก.) ดินล่างอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง (12.5-23.7 ก./กก.) ส่วนในอำเภอแม่ริมและอำเภอแม่แตงพบว่าดินบนอยู่ในระดับค่อนข้างสูงถึงสูง (33.6-65.6 ก./กก.) ดินล่างอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง (13.7-16.8 ก./กก.) เนื่องจากชั้นดินบนได้รับอิทธิพลจากเศษซากพืชที่ร่วงลงมาสลายตัว จึงทำให้ชั้นดินบนมีปริมาณอินทรียวัตถุสูงกว่าชั้นดินล่าง (Brady and Weil, 2017) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ในอำเภอดอยสะเก็ดพบว่าดินบนอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (3.7-10.1 มก./กก.) ดินล่างอยู่ในระดับต่ำ (0.9-2.9 มก./กก.) ส่วนในอำเภอแม่ริมและอำเภอแม่แตงพบว่าชั้นที่เป็นดินอยู่ในระดับต่ำ (0.8-5.9 มก./กก.) ซึ่งดินที่มีปฏิกิริยาดินต่ำ ฟอสเฟตจะถูกตรึงโดยไอออนบวกที่ละลายได้พวก Fe^{+2} และ Al^{+3} ส่งผลให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินลดลง (Sanchez et al., 2003) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ในอำเภอดอยสะเก็ดพบว่าชั้นที่เป็นดินอยู่ในระดับสูง (104.4-435.0 มก./กก.) ส่วนในอำเภอแม่ริมและอำเภอแม่แตงพบว่าดินบนอยู่ในระดับสูง (142.5-329.5 มก./กก.) ดินล่างอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง (72.0-170.3 มก./กก.) ซึ่งเป็นผลมาจากวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นหินแกรนิตที่มีองค์ประกอบของแร่โพแทสเฟลด์สปาร์ (potash feldspars) เมื่อสลายตัวแล้วจึงให้ธาตุโพแทสเซียมสูงแก่ดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ในอำเภอดอยสะเก็ดพบว่าดินบนอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง (9.2-12.7 เซนติโมลของประจุ/กก.) ดินล่างอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (5.3-7.7 เซนติโมลของประจุ/กก.) ส่วนในอำเภอแม่ริมและอำเภอแม่แตงพบว่าดินบนอยู่ในระดับปานกลาง (10.1-14.2 เซนติโมลของประจุ/กก.) ดินล่างอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (5.5-7.9 เซนติโมลของประจุ/กก.) คาดว่าเป็นผลมาจากชนิดของแร่ดินเหนียวและอินทรียวัตถุในดินซึ่งมีประจุลบจำนวนมาก ทำให้ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงตามไปด้วย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบส ในอำเภอดอยสะเก็ดพบว่าชั้นที่เป็นดินอยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างสูง (14.1-74.3 %) ส่วนในอำเภอแม่ริมและอำเภอแม่แตงพบว่าดินบนอยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างสูง (12.5-55.6 %) ดินล่างอยู่ในระดับต่ำถึงค่อนข้างต่ำ (12.3-26.5 %) ในการจำแนกดินจะพิจารณาดินล่างที่เป็นชั้นดินวินิจฉัยอาร์จิลลิก เมื่อมีค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสมีค่าต่ำกว่า 35 % จะจัดอยู่ในอันดับดินอัลทิซอลส์ (Soil Survey Staff, 2014)

Table 3 Soil chemical properties and soil fertility assessment of coffee-based agroforestry systems and natural forests

Area/ Land use	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/]
DS/CA	1	Topsoil	0-25	5.3-5.4	46.9 (5)	4.4 (1)	172.9 (5)	11.6 (3)	52.8 (4)	18	MH
		Subsoil	25-125/130	5.1-5.2	23.7 (3)	2.9 (1)	104.4 (5)	7.1 (2)	32.7 (2)	13	M
DS/CA	2	Topsoil	0-28	5.0-5.7	41.4 (5)	9.1 (2)	360.4 (5)	12.7 (3)	36.9 (3)	18	MH
		Subsoil	28-210+	4.7-5.0	14.3 (2)	2.0 (1)	155.5 (5)	6.9 (2)	14.1 (1)	11	ML
DS/CA	3	Topsoil	0-12	5.3	45.6 (5)	10.1 (3)	435.0 (5)	11.5 (3)	74.3 (4)	20	MH
		Subsoil	12-170+	5.3-5.6	19.4 (3)	1.6 (1)	137.7 (5)	7.7 (2)	53.2 (4)	15	M
DS/NF	4	Topsoil	0-7	4.6-5.0	48.5 (5)	3.7 (1)	185.1 (5)	9.2 (2)	18.2 (1)	14	M
		Subsoil	7-218+	5.1-5.8	12.5 (2)	0.9 (1)	114.2 (5)	5.3 (2)	23.1 (2)	12	ML
MR/NF	5	Topsoil	0-14	5.6	65.6 (5)	4.2 (1)	329.5 (5)	12.7 (3)	55.6 (4)	18	MH
		Subsoil	14-210+	5.0-5.8	15.7 (3)	0.8 (1)	159.2 (5)	5.9 (2)	16.3 (1)	12	ML
MR/CA	6	Topsoil	0-24	5.3	33.6 (4)	5.9 (1)	292.1 (5)	10.1 (3)	39.8 (3)	16	M
		Subsoil	24-187/199	5.0-5.4	13.7 (2)	3.9 (1)	152.2 (5)	5.8 (2)	26.5 (2)	12	ML
MR/CA	7	Topsoil	0-18	4.7-4.9	44.9 (5)	3.1 (1)	142.5 (5)	10.4 (3)	23.0 (2)	16	M
		Subsoil	18-220+	4.7-4.9	15.6 (3)	1.0 (1)	72.0 (3)	5.5 (2)	15.0 (1)	10	ML
MT/CA	8	Topsoil	0-21	4.7-4.9	46.3 (5)	3.3 (1)	225.3 (5)	14.2 (3)	12.5 (1)	15	M
		Subsoil	21-200+	4.8-5.2	16.8 (3)	1.2 (1)	170.3 (5)	7.9 (2)	12.3 (1)	12	ML

[1/]pH 1:1 (H_2O): 4.5-5.0 = very strongly acid, 5.6-6.0 = moderately acid, [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), 10-15 = (3), 15-25 = (4), > 25 = (5), [4/]Avai. K = available potassium (mg/kg): < 30 = (1), 30-60 = (2), 60-75 = (3), 75-90 = (4), > 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 percentage (%): < 20 = (1), 20-35 = (2), 35-50 = (3), 50-75 = (4), > 75 = (5), (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)

การประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์และการจัดชั้นความเหมาะสมของดิน

ผลการประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (**Table 3**) ในอำเภอดอยสะเก็ดพบว่าดินบนอยู่ในระดับค่อนข้างสูง (moderately high) ยกเว้นบริเวณป่าธรรมชาติอยู่ในระดับปานกลาง (medium) ดินล่างอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ (moderately low) ถึงปานกลาง ส่วนในอำเภอแม่ริมและอำเภอแม่แตงพบว่าดินบนอยู่ในระดับปานกลาง ยกเว้นป่าธรรมชาติอยู่ในระดับค่อนข้างสูง ดินล่างอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ โดยในพีดอนที่ 3 มีค่าคะแนนมากที่สุด (ดินบน 20 คะแนน และดินล่าง 15 คะแนน) เนื่องจากมีค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสอยู่ในระดับค่อนข้างสูงตลอดชั้นที่เป็นดิน ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินและความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืช (Brady and Weil, 2017)

ผลการจัดชั้นความเหมาะสมของดินตามคู่มือการจำแนกความเหมาะสมของดินสำหรับปลูกกาแฟอาราบิกาตามเกณฑ์กรมพัฒนาที่ดิน (กองสำรวจและจำแนกดิน, 2543) เฉพาะพื้นที่ระบบวนเกษตรที่มีกาแฟเป็นพืชหลัก พบว่า ในอำเภอดอยสะเก็ด พีดอนที่ 1 และ 2 จัดอยู่ในชั้นความเหมาะสมที่ 5 ซึ่งเป็นชั้นที่ไม่เหมาะสม (soil unsuited) มีข้อจำกัดเรื่องสภาพพื้นที่ความลาดชันมากกว่า 35 % นอกจากนี้พีดอนที่ 2 ยังมีข้อจำกัดเรื่องดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ภายในความลึก 50 ซม. จากผิวดิน พีดอนที่ 3 จัดอยู่ในชั้นความเหมาะสมที่ 1 ซึ่งเป็นชั้นที่มีความเหมาะสมดีมาก (soil very well suited) ส่วนในอำเภอแม่ริมและอำเภอแม่แตง พีดอนที่ 6 และ 8 จัดอยู่ในชั้นความเหมาะสมที่ 5 ซึ่งเป็นชั้นที่ไม่เหมาะสม มีข้อจำกัดเรื่องสภาพพื้นที่ความลาดชันมากกว่า 35 % และข้อจำกัดเรื่องดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ภายในความลึก 50 ซม. จากผิวดิน นอกจากนี้พีดอนที่ 8 ยังมีข้อจำกัดเรื่องพบปริมาณก้อนกรวด 35-60 % ภายในความลึก 25 ซม. จากผิวดิน

พีดอนที่ 7 จัดอยู่ในชั้นความเหมาะสมที่ 2 ซึ่งเป็นชั้นที่มีความเหมาะสมดี (soil well suited) มีข้อจำกัดเรื่องดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ภายในความลึก 50 ซม. จากผิวดิน สำหรับสภาพพื้นที่ที่มีความลาดชันสูง ส่วนใหญ่เสี่ยงต่อการถูกชะล้างพังทลาย ง่ายต่อการเกิดแผ่นดินถล่ม และยากแก่การเกษตรกรรม ดังนั้น จึงไม่เหมาะในการที่จะนำมาใช้ในการเกษตร (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558)

การกักเก็บธาตุอาหารในดิน

ผลการคำนวณการกักเก็บธาตุอาหารในดิน (**Figure 3**) พบว่า การกักเก็บอินทรียวัตถุ (**Figure 3a**) ตลอดชั้นที่เป็นดินในอำเภอดอยสะเก็ด (พีดอน 1, 2, 3 และ 4) มีปริมาณ 76.7, 74.8, 89.0 และ 69.8 เมกะกรัม/ไร่ ในอำเภอแม่ริม (พีดอน 5, 6 และ 7) มีปริมาณ 74.9, 71.4 และ 76.7 เมกะกรัม/ไร่ และในอำเภอแม่แตง (พีดอน 8) มีปริมาณ 60.3 เมกะกรัม/ไร่ การกักเก็บคาร์บอน (**Figure 3b**) ตลอดชั้นที่เป็นดินในอำเภอดอยสะเก็ด มีปริมาณ 44.5, 43.4, 51.6 และ 40.5 เมกะกรัม/ไร่ ในอำเภอแม่ริม มีปริมาณ 43.5, 41.4 และ 44.5 เมกะกรัม/ไร่ และในอำเภอแม่แตง มีปริมาณ 35.0 เมกะกรัม/ไร่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (**Figure 3c**) ตลอดชั้นที่เป็นดินในอำเภอดอยสะเก็ด มีปริมาณ 3.8, 3.7, 4.4 และ 3.5 เมกะกรัม/ไร่ ในอำเภอแม่ริม มีปริมาณ 3.7, 3.6 และ 3.8 เมกะกรัม/ไร่ และในอำเภอแม่แตง มีปริมาณ 3.0 เมกะกรัม/ไร่ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (**Figure 3d**) ตลอดชั้นที่เป็นดินในอำเภอดอยสะเก็ด มีปริมาณ 9.1, 10.7, 27.2 และ 5.3 กก./ไร่ ในอำเภอแม่ริม มีปริมาณ 4.2, 18.9 และ 5.1 กก./ไร่ และในอำเภอแม่แตง มีปริมาณ 4.1 กก./ไร่ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (**Figure 3e**) ตลอดชั้นที่เป็นดินในอำเภอดอยสะเก็ด มีปริมาณ 356.0, 834.4, 702.1 และ 545.1 กก./ไร่ ในอำเภอแม่ริม มีปริมาณ 676.1, 767.9 และ 341.2 กก./ไร่ และในอำเภอแม่แตง มีปริมาณ 549.5 กก./ไร่ การกักเก็บธาตุอาหารในดินของทุกพีดอน พบว่ามีปริมาณใกล้เคียงกัน ยกเว้นปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในพีดอนที่ 3 และ 6 มีปริมาณมากกว่า และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในพีดอนที่ 1 และ 7 มีปริมาณน้อยกว่า โดยมีปริมาณการกักเก็บธาตุอาหารในดินมากกว่าของ อานนท์ (2557) ที่ศึกษาศักยภาพการกักเก็บคาร์บอน ธาตุอาหาร และน้ำของระบบนิเวศวนเกษตร บริเวณตำบลป่าเมี่ยง อำเภอดอยสะเก็ด แบ่งเป็นการกักเก็บอินทรียวัตถุ (29.3 เมกะกรัม/ไร่) การกักเก็บคาร์บอน (17.0 เมกะกรัม/ไร่) ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (1.2 เมกะกรัม/ไร่) ปริมาณฟอสฟอรัส (6.3 กก./ไร่) และปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (320.0 กก./ไร่) และวีรภัทร (2556) ที่ศึกษาอิทธิพลทางนิเวศวิทยาของวนเกษตรบนพื้นที่สูงต่อการสะสมคาร์บอน ธาตุอาหาร และน้ำ บริเวณตำบลป่าแป๋ อำเภอแม่แตง มีค่า 37.4, 21.7 และ 1.9 เมกะกรัม/ไร่, 3.0 และ 441.1 กก./ไร่ ตามลำดับ

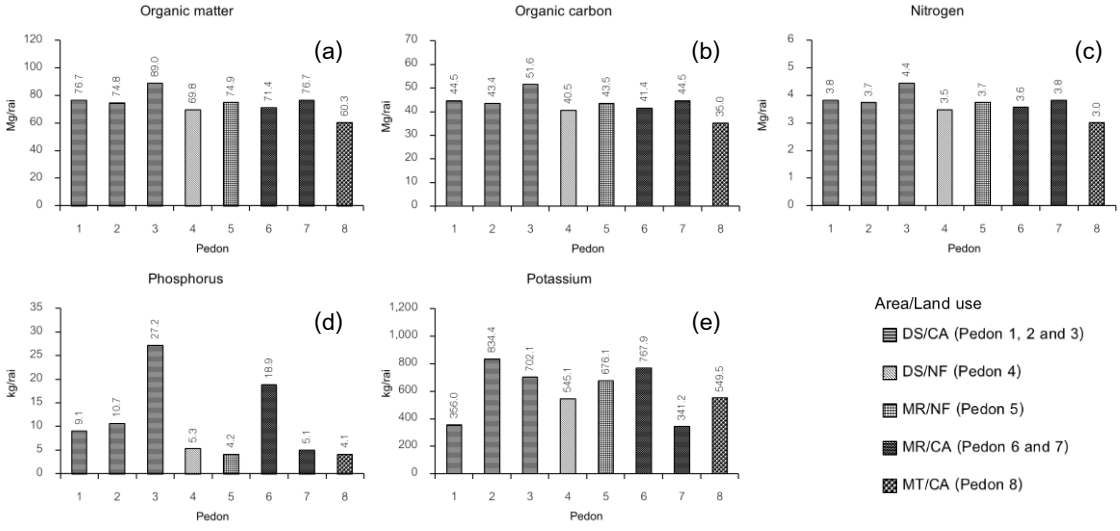


Figure 3 Nutrient storages of soil in coffee-based agroforestry systems and natural forests

การกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพืช

การจำแนกประเภทของป่า พบว่า ทุกแปลงเป็นป่าดิบเขาต่ำ (lower montane forest, LMF) ซึ่งพบได้ที่ความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 700-1,800 ม. ไม้เด่นที่พบได้แก่ ทะโล้ (*Schima wallichii* (DC.) Korth.) มะห้า (*Syzygium oblatum* (Roxb.) Wall. Ex A.M.) ไก๋แดง (*Ternstroemia gymnanthera* Bedd.) เป็นต้น (สุนทร, 2558) ผลการศึกษาการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพืช (**Table 4**) พบว่า ในอำเภอดอยสะเก็ด แปลงที่ 1, 2, 3 และ 4 พบพันธุ์ไม้ทั้งหมด 14, 15, 15 และ 64 ชนิด ความหนาแน่น 254, 266, 202 และ 207 ต้น/ ไร่ มีการกักเก็บคาร์บอนในพืชรวม 22,830.7, 22,992.4, 21,514.4 และ 33,630.5 กก./ไร่ โดยส่วนที่มีการกักเก็บไว้มากที่สุดคือ ลำต้น (14,199.2-22,096.3 กก./ไร่) กิ่ง (4,966.6-7,306.2 กก./ไร่) ราก (2,130.8-3,776.5 กก./ไร่) และใบ (217.8-451.5 กก./ไร่) ตามลำดับ ส่วนอำเภอแม่ริมและอำเภอแม่แตง แปลงที่ 5, 6, 7 และ 8 พบพันธุ์ไม้ทั้งหมด 39, 17, 18 และ 29 ชนิด ความหนาแน่น 146, 325, 156 และ 178 ต้น/ ไร่ มีการกักเก็บคาร์บอนรวม 63,066.3, 24,664.2, 18,254.4 และ 30,832.5 กก./ไร่ โดยส่วนที่มีการกักเก็บไว้มากที่สุด คือ ลำต้น (12,025.9-41,718.5 กก./ไร่) กิ่ง (4,135.8-14,217.3 กก./ไร่) ราก (1,889.8-6,511.7 กก./ไร่) และใบ (202.9-618.8 กก./ไร่) ตามลำดับ โดยพื้นที่แปลงป่าธรรมชาติ พบชนิดพันธุ์ไม้และการกักเก็บคาร์บอนในลำต้น กิ่ง ใบ ราก และรวมทั้งหมด มากกว่าแปลงระบบวนเกษตร โดยมีปริมาณใกล้เคียงกับการศึกษาของ อานนท์ (2557) ปริมาณการกักเก็บคาร์บอนในพืชรวม 19,510.4 กก./ไร่ และวีรภัทร (2556) ปริมาณรวม 20,404.8 กก./ไร่ ที่มีการศึกษาในระบบนิเวศป่าธรรมชาติเป็นป่าดิบเขาต่ำเหมือนกัน

Table 4 Carbon storages in plant biomass of tree species in coffee-based agroforestry systems and natural forests

Area/ Land use	Plot	Types of forest[1/]	Species (/rai)	Density (trees/rai)	Standing carbon (kg/rai)				
					Stem	Branch	Leaf	Root	Total
DS/CA	1	LMF	14	254	15,065.6	5,215.0	241.8	2,308.3	22,830.7
DS/CA	2	LMF	15	266	15,169.4	5,250.4	245.8	2,326.8	22,992.4
DS/CA	3	LMF	15	202	14,199.2	4,966.6	217.8	2,130.8	21,514.4
DS/NF	4	LMF	64	207	22,096.3	7,306.2	451.5	3,776.5	33,630.5
MR/NF	5	LMF	39	146	41,718.5	14,217.3	618.8	6,511.7	63,066.3
MR/CA	6	LMF	17	325	16,240.4	5,479.1	303.8	2,640.9	24,664.2
MR/CA	7	LMF	18	156	12,025.9	4,135.8	202.9	1,889.8	18,254.4
MT/CA	8	LMF	29	178	20,349.1	6,705.4	367.2	3,410.8	30,832.5

[1/]Types of forest: LMF = lower montane forest

สรุป

สมบัติของดินในระบบวนเกษตรที่มีกาแฟอาราบิกาเป็นพืชหลักและในป่าธรรมชาติ ในอำเภอดอยสะเก็ด อำเภอแม่ริม และอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ มีความสูงจากระดับทะเลปานกลาง 720-1,005 ม. ส่วนใหญ่เป็นวัตถุตกค้างจากหินแกรนิต มีกลุ่มย่อยเป็น Typic Palehumults เป็นดินลึกถึงดินลึกมาก สมบัติทางกายภาพของดิน เนื้อดินในอำเภอดอยสะเก็ด ดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียวปนทราย ดินล่างเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินเหนียว ส่วนอำเภอแม่ริมและอำเภอแม่แตง ดินบนเป็นดินร่วนเหนียวปนทรายถึงดินร่วนเหนียว ดินล่างเป็นเหนียวปนทรายถึงดินเหนียว ปริมาณกรวด ทุกพีดอนส่วนใหญ่มีก้อนกรวดเล็กน้อยถึงมีก้อนกรวดปานกลางตลอดชั้นที่เป็นดิน ความหนาแน่นรวมของดิน ทุกพีดอนดินบนมีค่ามากกว่าดินล่าง และค่าความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ทุกพีดอนมีค่าใกล้เคียงกันตลอดชั้นที่เป็นดิน สมบัติทางเคมีของดิน ปฏิกิริยาดิน ทุกพีดอนเป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลางตลอดชั้นที่เป็นดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ ทุกพีดอนดินบนส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง ดินล่างอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ทุกพีดอนส่วนใหญ่

อยู่ในระดับต่ำตลอดชั้นที่เป็นดิน โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ทุกพีดอนส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูงตลอดชั้นที่เป็นดิน ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน ทุกพีดอนดินบนส่วนใหญ่อยู่ในระดับปานกลาง ดินล่างอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำ ค่าอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส ทุกพีดอนส่วนใหญ่ดินบนมีค่าสูงกว่าดินล่าง ส่วนระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน ทุกพีดอนดินบนอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง ดินล่างอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง ดินที่ปลูกกาแฟอาราบิกาในระบบวนเกษตร พีดอนที่ 3 จัดอยู่ในชั้นที่มีความเหมาะสมดีมาก พีดอนที่ 7 จัดอยู่ในชั้นที่มีความเหมาะสมดี ส่วนพีดอนที่ 1, 2, 6 และ 8 จัดอยู่ในชั้นที่ไม่เหมาะสม ส่วนการกักเก็บธาตุอาหารในดิน ทุกพีดอนมีปริมาณใกล้เคียงกัน ยกเว้นปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ สำหรับการกักเก็บคาร์บอนในมวลชีวภาพของพืช พบว่าแปลงป่าธรรมชาติ มีชนิดพืชและมีการกักเก็บคาร์บอนมากกว่าแปลงระบบวนเกษตร

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการ LUSES IJL/LMI ซึ่งเป็นโครงการที่วิจัยผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินอย่างรวดเร็วในระบบนิเวศของดิน เป็นความร่วมมือระหว่างสาธารณรัฐฝรั่งเศส ราชอาณาจักรไทย สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว และสาธารณรัฐสังคมนิยมเวียดนาม ที่สนับสนุนทุนในการทำงานวิจัยนี้ ในปี พ.ศ. 2560-2562

เอกสารอ้างอิง

กรมแผนที่ทหาร. 2542a. แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 อำเภอเมืองปาน (4846 I) ลำดับชุด L7018. กระทรวงกลาโหม, กรุงเทพฯ.

กรมแผนที่ทหาร. 2542b. แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 อำเภอแม่แตง (4747 II) ลำดับชุด L7018. กระทรวงกลาโหม, กรุงเทพฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. สถานภาพทรัพยากรดินและที่ดินของประเทศไทย. ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

กองส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตร. 2561. กาแฟ. แหล่งข้อมูล: https://agri.dit.go.th/file/micro/711-9.-%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B9%81%E0%B8%9F-%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%B7%E0%B8%AD%E0%B8%99%E0%B8%81%E0%B8%A2_61.pdf. ค้นเมื่อ 1 กรกฎาคม 2563.

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

คำ นิลาวงศ์, วิทยา ตรีโลเกศ, และอนันต์ พลธานี. 2552. การประเมินคุณภาพของดินสำหรับการผลิตกาแฟ ในอำเภอปากช่อง จังหวัดจำปาสัก ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. วารสารแก่นเกษตร. 37(4): 293-302.

ถนอม คลอดเพ็ง. 2528. วิธีการของปฐพีฟิสิกส์วิเคราะห์. ภาควิชาปฐพีศาสตร์และอนุรักษศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

มูลนิธิโครงการหลวง. 2555a. ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองหอย. แหล่งข้อมูล: http://royalprojectthailand.com/nonghoi. ค้นเมื่อ 6 กรกฎาคม 2563.

มูลนิธิโครงการหลวง. 2555b. ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยน้ำริน. แหล่งข้อมูล: http://royalprojectthailand.com/huainamrin. ค้นเมื่อ 6 กรกฎาคม 2563.

มูลนิธิโครงการหลวง. 2555c. สถานีวิจัยโครงการหลวงแม่หลอด. แหล่งข้อมูล: http://www.royalprojectthailand.com/station-maelod. ค้นเมื่อ 6 กรกฎาคม 2563.

วีรภัทร สุวรรณวงศ์. 2556. อิทธิพลทางนิเวศวิทยาของวนเกษตรบนพื้นที่สูงต่อการสะสมคาร์บอน ธาตุอาหารและน้ำ ในตำบลป่าแป๋ อำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

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

สำนักงานเกษตรจังหวัดเชียงใหม่. 2560. พื้นที่การปลูกไม้ผลเศรษฐกิจ ปี 2560 จังหวัดเชียงใหม่. แหล่งข้อมูล: http://www.chiangmai.doae.go.th/Plan_Year/stat_plantproduction60-61.pdf. ค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2563.

สำนักงานทรัพยากรธรณีเขต 3. 2531. แร่แมงกานีสกับการทดสอบและการใช้ประโยชน์. ฝ่ายการเหมืองแร่, เชียงใหม่.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2558. กาแฟอาราบิกาเชียงใหม่ 80. แหล่งข้อมูล: http://www.acfs.go.th/read_news.php?id=11815&ntype=09. ค้นเมื่อ 20 กุมภาพันธ์ 2563.

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

สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน. 2547. คู่มือการเขียนหน่วยแผนที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุนทร คำยอง. 2558. ดินป่าไม้: ธรรมชาติของดินป่าไม้ในประเทศไทย. ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

อานนท์ เทิดไพรพนาวัลย์. 2557. ศักยภาพการกักเก็บคาร์บอน ธาตุอาหารและน้ำของระบบนิเวศวนเกษตร บริเวณโครงการพัฒนาพื้นที่ป่าขุนแม่กวง อันเนื่องมาจากพระราชดำริ อำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2552. คู่มือปฏิบัติการ การสำรวจดิน. พิมพ์ครั้งที่ 6. 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.

Bray, R.H., and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available form of phosphorous in soil. Soil Science. 59: 39-45.

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.

Day, P.R. 1965. Particle fractionation and particle-size analysis. P.545-567. In: C.A. Black (ed.). Method of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling. No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.

Fisher, R.F., and D. Binkley. 2013. Ecology and Management of Forest Soils. 4th Edition. John Wiley and Sons, Inc., New York.

Gee, G.W., and J.W. Bauder. 1986. Particle-size analysis. P.383-409. In: A. Klute (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods. 2nd Edition. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.

Kerbs, C.J. 1985. Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. USA: Harper and Row Publishers, New York.

Nair, P.K.R. 1989. Agroforestry Systems in the Tropics. Wolters Kluwer, Dordrecht.

National Soil Survey Center. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Invest Rept. No. 42, Version 3.0. U.S. Dept. of Agr., U.S. Government Printing Office, Washington, DC.

Nelson, D.W., and L.E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. P.961-1010. In: J.M. Bigham (ed.). Method of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. No. 5. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.

Pratt, P.F. 1965. Potassium. P.1022-1030. In: C.A. Black (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agron. No. 9. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.

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 Survey Staff. 2014. Key to Soil Taxonomy. 12th Edition. USDA-NRCS, Washington, DC.

Summer, M.E., and W.P. Miller. 1996. Cation exchange capacity and exchange coefficients. P.1201-1230. In: J.M. Bigham (ed.). Method of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods. No. 5. Amer. Soc. of Agron. Inc., Madison, Wisconsin.

Tsutsumi, T., K. Yoda, P. Dhanmanonda, and B. Prachaiyo. 1983. Forest: Felling, burning and regeneration. P.13-62. In: K. Kyuma and C. Pairntra (eds.). Shifting Cultivation: An experiment at Nam Phrom, Northeast Thailand and Its Implications for Upland Farming in the Monsoon Tropics. Kyoto University, Japan.