

สมบัติทางกายภาพเคมีของดินในพื้นที่เหมืองแร่และป่าปลูกเพื่อการฟื้นฟูที่ดิน เหมืองแร่ลิกันต์บ้านปู อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน

Soil Physicochemical Properties in Mining Areas and Plantation Forest for Land Reclamation of Ban Pu Lignite Mine, Li District, Lamphun Province

ธนานิติ ธิชาณ^{1*} สุนทร คำยอง² นิวัติ อนงค์รักษ์¹ และ พันธุ์ลพ หัตถโกศล³
Thananiti Thichan^{1*}, Soontorn Khamyong², Niwat Anongrak¹ and Panlop Huttagosol³

¹ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

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

²ภาควิชาเกษตรที่สูงและทรัพยากรธรรมชาติ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

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

³ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่ 50200

³Department of Mining and Petroleum Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University,
Chiang Mai 50200, Thailand

*Corresponding author: Email: Thananiti61@gmail.com

(Received: 1 March 2018; Accepted: 1 June 2018)

Abstract: Soil properties of Ban Pu Lignite Mine were studied at three sites: natural forest, mine pit and plantation forest, by making 7 soil pits and collecting samples along soil profiles at 0-5, 5-10, 20-40, 40-60, 60-80 and 80-100 cm depth. Analysis of physicochemical properties of soil samples was taken in the laboratory. The physical properties varied greatly with sites and soil depths, and not suitable for plant growth. The soils were the weathered rocks, gravels and fragmented rocks or clays. Bulk density was moderately, moderately low and low caused by the type of material and rock gravel. Soil texture were sandy loam or loamy sand or clay loam. Soil reaction in natural forest was almost neutral whereas those soils of bare site and plantation forest at the bottom of mine pit were extremely acid. In contrast, the soil reaction of upper area of mine pit was neutral. In areas of plantation forest 1 and 2, the reaction varied greatly along soil depths: neutral, slightly acid and very strongly acid, while that of plantation forest 3 was ultra acid almost soil depth. Organic matter, carbon and nitrogen contents were low in soils of both mining areas and natural forest; however, some layers of subsoils contained the higher contents than surface soils as similar as variations of available phosphorus, extractable potassium, calcium and magnesium. These caused by the dumping weathered rocks, gravels and fragmented rocks or subsoils on the surface soils.

Keywords: Land reclamation, lignite mine, mining land, plantation forest, soil properties

บทคัดย่อ: สมบัติของดินเหมืองแร่ลิกไนต์บ้านปู่ศึกษา 3 พื้นที่คือ ป่าธรรมชาติ ขอบบ่อเหมืองและป่าปลูก โดยชุดหลุมดิน 7 หลุม เก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 0-5, 5-10, 20-40, 40-60, 60-80 และ 80-100 เซนติเมตร และวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพเคมีของดินในห้องปฏิบัติการ พบว่า สมบัติทางกายภาพผันแปรมากตามพื้นที่และความลึก ไม่เหมาะสมต่อการเติบโตของพันธุ์ไม้ ดินเป็นหินผุ กรวดหินหรือดินเหนียว มีความหนาแน่นปานกลาง ค่อนข้างต่ำและต่ำ ซึ่งเกิดจากชนิดวัสดุและกรวดหิน เป็นดินร่วนปนทรายหรือดินทรายร่วนหรือดินร่วนเหนียว ดินป่าธรรมชาติมีปฏิกิริยาเป็นกลาง ดินขอบบ่อเหมืองด้านล่างที่ยังไม่ปลูกและที่ปลูกป่าแล้วเป็นกรดรุนแรงมาก แต่ขอบบ่อเหมืองด้านบนที่ปลูกป่ามีค่าเป็นกลาง ดินพื้นที่ป่าปลูก 1 และ 2 มีปฏิกิริยาผันแปรตามชั้นดิน เป็นกลาง กรดเล็กน้อยและกรดจัดมาก แต่ดินพื้นที่ป่าปลูก 3 เป็นกรดรุนแรงมากที่สุดเกือบตลอดชั้นดิน อินทรีย์วัตถุ คาร์บอนและไนโตรเจนมีค่าต่ำในดินทั้งพื้นที่เหมืองแร่และป่าธรรมชาติ แต่ชั้นดินล่างบางพื้นที่กลับมีค่าสูงกว่าดินบนเช่นเดียวกับความผันแปรของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สามารถสกัดได้ ซึ่งเกิดจากการสลับชั้นดิน โดยนำดินล่างและหินผุผสมกลับกับดินบน

คำสำคัญ: การฟื้นฟูที่ดิน เหมืองแร่ลิกไนต์ ที่ดินเหมืองแร่ ป่าปลูก สมบัติของดิน

คำนำ

ลิกไนต์เป็นถ่านหินชนิดหนึ่งที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้าเนื่องจากมีต้นทุนการผลิตต่ำ เหมืองแร่ลิกไนต์บ้านปู่ อำเภอสี จังหวัดลำพูน เป็นเหมืองเปิด (opencast mine) ได้รับสัมปทานเมื่อปี พ.ศ. 2526 การทำเหมืองแร่ในอำเภอลี้มีหลายบริษัทดำเนินการ เช่น บริษัทลานนาลิกไนต์ ซึ่งอยู่ในเครือปูนซีเมนต์นครหลวง เป็นต้น ปัจจุบันหมดสัมปทานไปแล้ว พื้นที่ก่อนการทำเหมืองเป็นป่าเต็งรัง เมื่อได้รับสัมปทานเหมืองแร่ในชั้นแรกจะมีการแผ้วถางป่าและเปิดหน้าดินออกก่อน ขุดลึกลงไปในชั้นดินและหินถึงความลึก 50-100 m เพื่อขุดเอาลิกไนต์ออกมาจำหน่ายให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ในการเปิดหน้าดินนั้นมีการเคลื่อนย้ายเอาดิน หินผุ และเศษหินออกไปกองไว้เป็น พื้นที่ทิ้งดิน (dumping area) ลีโอนาร์โดท์เป็นวัสดุจากขุมเหมืองที่สามารถใช้ปรับปรุงคุณภาพดินและผลผลิตธัญพืช (ชาญยุทธ และคณะ 2560) เมื่อมีการทิ้งวัสดุจากขุมเหมืองเสร็จสิ้นแล้ว พื้นที่ทิ้งดินมีลักษณะเป็นเนินสูงคล้ายกับภูเขา ซึ่งจะต้องฟื้นฟูที่ดินตามกฎหมายเหมืองแร่ที่เข้าไปทำสัมปทานในเขตป่าสงวนแห่งชาติ โดยให้มีการปลูกป่าและการทดแทนของพืชพรรณไม้ตามธรรมชาติ การฟื้นฟูแบบนี้เป็นวิธีการที่หลายฝ่ายยอมรับ ในขั้นตอนสุดท้ายของการทำเหมืองจะเหลือหลุมดินขนาดใหญ่ที่กลายเป็นอ่างเก็บน้ำที่ลึกมากถึง 30-40 m (บ่อ BP 2) พื้นที่ขอบบ่อเหมืองจะต้อง

ปลูกป่า ในพื้นที่เหมืองลิกไนต์บ้านปู่มีการฟื้นฟูสภาพระบบนิเวศโดยการปลูกพันธุ์ไม้ 3 พื้นที่ คือ (1) การปลูกต้นไม้ตามพื้นที่ลำางานและข้างถนน เพื่อให้เกิดความร่มรื่น ความสวยงามและป้องกันฝุ่นละออง ฯลฯ (2) การปลูกต้นไม้เป็นป่าปลูกตามพื้นที่ทิ้งดินและปล่อยให้มีการทดแทนของพันธุ์ไม้ตามธรรมชาติ และ (3) การปลูกต้นไม้เป็นแนวตามพื้นที่รอบบ่อเหมืองที่เป็นรอยต่อกับพื้นที่ชุมชนเพื่อลดมลภาวะทางเสียง ฝุ่นละอองและเกิดความร่มรื่นสวยงาม (buffer zone) โดยทั่วไปการปลูกป่าฟื้นฟูที่ดินเหมืองแร่มีปัญหาเนื่องจากพื้นที่มีดิน (soil) และวัสดุต้นกำเนิดดิน (parent materials) เป็นหินผุ กรวด เศษแร่และก้อนหินที่ขุดจากบ่อเหมือง บริเวณขอบบ่อเหมืองนั้นมีลักษณะทางกายภาพเคมีของดินและวัสดุต้นกำเนิดดินไม่เหมาะสมต่อการปลูกพันธุ์ไม้เนื่องจากชนิดหินมีความแตกต่างกันจากพื้นที่ขอบบ่อเหมืองด้านบนลึกลงไปถึงชั้นหินที่พบลิกไนต์ ชั้นบนสุดเป็นหินทรายสีแดง (sand stone) ชั้นที่อยู่ลึกลงไปเป็นหินกรวดมน (conglomerate) และชั้นที่พบลิกไนต์เป็นหินโคลนขาวโดยพบไพไรต์ (pyrite) และแมงกานีสมากในชั้นหินด้านล่าง หินผุมีเป็นเป็นกรดรุนแรงที่เกิดจากไพไรต์ พื้นผิวไม่อุ้มน้ำและจะแห้งอย่างรวดเร็ว อุณหภูมิพื้นผิวสูงมากในตอนกลางวัน มีธาตุอาหารต่ำและมีความเป็นพิษของสารโลหะหนัก ซึ่งจะทำให้กล้าไม้ที่ปลูกส่วนใหญ่ตายไป (Brady and Weil, 2010) อย่างไรก็ตาม พบว่า ต้นไม้ที่ปลูกในพื้นที่ทิ้งดิน พื้นที่แนวสีเขียวระหว่างชุมชนและ

ขอบบ่อเหมืองสามารถเจริญเติบโตได้ วัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของดินในพื้นที่เหมืองแร่และป่าปลูกเพื่อการฟื้นฟูที่ที่ดินของเหมืองแร่ลิกไนต์บ้านปู เปรียบเทียบกับดินป่าธรรมชาติบริเวณใกล้เคียง เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการปรับปรุงวิธีการฟื้นฟูต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. พื้นที่วิจัย

พื้นที่วิจัยคือ เหมืองแร่ลิกไนต์บ้านปู ตำบลบ้านโฮ่ง อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลระหว่าง 500 - 600 เมตร ห่างจากจังหวัดลำพูนไปทางทิศใต้ 120 กิโลเมตร พื้นที่วิจัยแบ่งออกเป็น 3 พื้นที่ ตามตารางที่ 1 ดังนี้

1. ป่าธรรมชาติ ซึ่งเป็นป่าเต็งรัง (dry dipterocarp forest) โดยมีไม้เต็ง รัง เหียงและพลวงเป็นพันธุ์ไม้เด่น

2. พื้นที่ขอบบ่อเหมือง แบ่งออกเป็น 3 พื้นที่

(1) พื้นที่ด้านล่างของบ่อเหมือง (mine pit 1) เป็นหินโคลนสีขาวที่พบลิกไนต์และยังไม่มีมีการปลูกป่า

(2) พื้นที่ด้านล่างของบ่อเหมือง (mine pit 2) เป็นหินโคลนสีขาวที่ปลูกป่าไม้สักและสะเดาอายุ 18 ปี

(3) พื้นที่ด้านบนของบ่อเหมือง (mine pit 3) ที่มีการปลูกป่าฟื้นฟูได้แก่ ไม้สักและกระถินยักษ์

3. ป่าปลูกเพื่อฟื้นฟูพื้นที่ที่ดิน อายุ 18 ปี โดยแบ่งออกเป็น 3 พื้นที่

(1) พื้นที่ป่าปลูก 1 (plantation forest 1) ชนิดพันธุ์ไม้ที่ปลูก คือ ไม้สักและสะเดา

(2) พื้นที่ป่าปลูก 2 (plantation forest 2) เป็นป่าปลูกไม้สักล้วน

(3) พื้นที่ป่าปลูก 3 (plantation forest 3) เป็นป่าปลูกไม้สักและกระถินณรงค์

2. การศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

ชุดหลุมดินกว้าง 1.5 m และลึก 1 m จำนวน 7 หลุม ใน 3 พื้นที่คือ ป่าธรรมชาติ 1 หลุม ขอบบ่อเหมือง 3 หลุม และป่าปลูกพื้นที่ที่ดิน 3 หลุม เก็บตัวอย่างดินในแต่ละหลุมที่ความลึก 0-5, 5-10, 10-20, 20-40, 40-60, 60-80 และ 80-100 cm และวิเคราะห์ตัวอย่างดินในห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ (1) ความหนาแน่นรวม โดยวิธี core method ที่คำนวณจากมวลดินที่มีขนาดน้อยกว่า 2 mm (2) ปริมาณกรวดและหิน โดยวิธีชั่งน้ำหนัก (3) เนื้อดินโดยวิธีการผสมผส ศึกษาสมบัติทางเคมี ได้แก่ (1) ปฏิกริยาดิน (soil reaction, pH) โดยใช้ pH meter ในอัตราส่วนดินต่อน้ำ 1:1 (2) อินทรีย์วัตถุและคาร์บอนใช้วิธี wet oxidation ของ Walkley and Black (Nelson and Sommers, 1982) (3) ไนโตรเจนทั้งหมด ใช้วิธี micro Kjeldahl method (Bremner and Mulvaney, 1982) (4) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ใช้วิธี Bray II และ colorimetric method (Olsen and Sommers, 1982) (5) โพแทสเซียมที่สามารถสกัดได้ใช้วิธีการสกัดด้วยสารละลาย ammonium acetate 1 N, pH 7.0 และอ่านค่าด้วยเครื่อง flame photometer (Knudsen *et al.*, 1982) (6) แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สามารถสกัดได้ใช้วิธีการสกัดด้วยสารละลาย ammonium acetate 1 N, pH 7.0 และอ่านค่าด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (Lanyon and Heald, 1982)

Table 1. General characteristics of research sites

Site	Site characteristics	Dominant tree species
Natural forest	Dry dipterocarp forest	Dipterocarps
Mine pit	1. Lower area	No reclamation
	2. Lower area	Teak, <i>Azadirachta</i> sp.
	3. Upper area	Teak, <i>Leucaena</i> sp.
Plantation forest (18 yrs))	1. Dumping area 1	Teak, <i>Azadirachta</i> sp.
	2. Dumping area 2	Teak
	3. Dumping area 3	Teak, <i>Acacia</i> sp.

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยประกอบด้วยสมบัติทางกายภาพ และเคมีของดินป่าธรรมชาติ ขอบบ่อเหมืองและป่าปลูก พื้นที่ทั้งดิน

1. สมบัติทางกายภาพของดิน (soil physical properties)

ตารางที่ 2 แสดงสมบัติทางกายภาพบางประการของดินใน 3 พื้นที่

1.1 ความหนาแน่นรวมของดิน (bulk density)

(1) ป่าธรรมชาติ

ดินป่าเต็งรังเกิดจากหินทรายที่ไม่ถูกรบกวนจากการทำเหมือง มีสีแดงปนเหลือง (red-yellow soil) ดินบนที่มีความลึก 0-40 cm มีความหนาแน่นปานกลาง ($1.36-1.52 \text{ Mg/m}^3$) ค่อนข้างต่ำที่ความลึก 40-60 cm (1.20 Mg/m^3) และต่ำมากในดินล่าง ($0.64-0.88 \text{ Mg/m}^3$) เนื่องจากมีปริมาณกรวดในชั้นดินมากและทำให้มีมวลดินน้อย

(2) พื้นที่ขอบบ่อเหมือง

พื้นที่บ่อเหมืองด้านล่าง 1 (mine pit 1) ตั้งอยู่บนพื้นที่ด้านล่างของขอบบ่อเหมืองที่มีลักษณะเป็นอ่างเก็บน้ำ (บ่อเหมือง BP-2) ซึ่งยังไม่มีปลูกป่าฟื้นฟู โดยมีลักษณะเป็นหินผุของหินโคลน (mud stone) มีสีเทาปนขาวและมีลิกไนต์ปะปนอยู่ ดินที่ความลึก 0-40 cm มีความหนาแน่นต่ำ ($0.95-1.11 \text{ Mg/m}^3$) มีค่าค่อนข้างต่ำในชั้น 40-80 cm ($1.23-1.25 \text{ Mg/m}^3$) และมีความหนาแน่นต่ำในชั้น 80-100 cm (1.03 Mg/m^3)

พื้นที่บ่อเหมืองด้านล่าง 2 (mine pit 2) เป็นพื้นที่ขอบบ่อเหมืองด้านล่างที่ปลูกป่าฟื้นฟูอายุ 18 ปี โดยเฉพาะไม้สัก (*Tectona grandis*) และสะเดา (*Azadirachta indica*) เป็นหินผุของหินโคลนสีเทาปนขาว มีความหนาแน่นปานกลางที่ความลึก 0-10 cm ($1.42-1.48 \text{ Mg/m}^3$) มีความหนาแน่นค่อนข้างต่ำที่ความลึก 10-100 cm ($1.23-1.39 \text{ Mg/m}^3$)

พื้นที่บ่อเหมืองด้านบน 3 (mine pit 3) เป็นดินเกิดจากการนำดิน กรวดทรายและเศษหินจากบ่อเหมืองมาถม มีการปลูกต้นไม้ฟื้นฟูเป็นแนวสีเขียว (green belt) กันกับพื้นที่ชุมชนคือ ชุมชนบ้านโอง ต้นไม้มีอายุ 18

ปี ดินบนมีกรวดค่อนข้างมากและลดลงในดินล่าง ดินชั้น 0-20 cm มีความหนาแน่นต่ำ ($0.94-1.16 \text{ Mg/m}^3$) มีค่าค่อนข้างต่ำที่ความลึก 20-40 และ 80-100 cm (1.22 และ 1.30 Mg/m^3) และต่ำที่ความลึก 40-80 cm ($1.17-1.19 \text{ Mg/m}^3$)

(3) ป่าปลูกพื้นที่ทั้งดิน

เป็นพื้นที่ที่มีการนำดิน กรวดทราย หินผุ ก้อนหินและเศษหินจากการเปิดหน้าดินเพื่อทำเหมืองแร่มาถมเป็นเนินสูง มีการปลูกต้นไม้ฟื้นฟูที่มีอายุ 18 ปี พื้นที่ค่อนข้างราบบนพื้นที่เนินสูง ลักษณะดินและวัตถุต้นกำเนิดดินที่รองรับการปลูกต้นไม้มีความผันแปรมากตามพื้นที่ ชนิดพันธุ์ไม้ที่ปลูกก็มีความแตกต่างกันมาก บางพื้นที่ปลูกไม้สักล้วน แต่หลายพื้นที่ปลูกผสมระหว่างสัก สะเดา กระถินณรงค์ (*Acacia auriculiformis*) กระถินยักษ์ (*Leucaena leucocephala*)

พื้นที่ปลูกป่า 1 (plantation forest 1) เป็นป่าปลูกไม้สักและสะเดา ดินความหนาแน่นต่ำที่ความลึก 0-5 cm (1.18 Mg/m^3) ปานกลางที่ความลึก 5-40 cm ($1.43-1.45 \text{ Mg/m}^3$) และ 40-100 cm มีค่าค่อนข้างต่ำ ($1.25-1.29 \text{ Mg/m}^3$)

พื้นที่ปลูกป่า 2 (plantation forest 2) เป็นป่าปลูกไม้สักชนิดเดียวล้วน ดินความหนาแน่นต่ำตลอดชั้นความลึก 100 cm ($0.79-1.11 \text{ Mg/m}^3$) มีปริมาณกรวดในชั้นดินมาก ซึ่งจะทำให้ดินมีความหนาแน่นต่ำ

พื้นที่ปลูกป่า 3 (plantation forest 3) พันธุ์ไม้ที่ปลูกคือ สัก กระถินณรงค์ เสลา เป็นต้น ดินมีความหนาแน่นต่ำที่ความลึก 0-5 cm (1.18 Mg/m^3) ค่อนข้างต่ำที่ความลึก 5-40 cm (1.34 Mg/m^3) และต่ำในดินล่าง ($1.06-1.15 \text{ Mg/m}^3$)

1.2 ปริมาณกรวดและมวลดิน (gravel and soil mass)

(1) ป่าธรรมชาติ

ดินบน (0-40 cm) มีกรวดน้อยมาก (1.79-4.10% โดยน้ำหนัก) ปริมาณกรวดเพิ่มขึ้นในชั้นดินที่ลึกลงไป (19.89-54.55%) และมีค่าปริมาณมวลดินระหว่าง ($67.86-302.55 \text{ kg/m}^2/\text{layer}$)

สมบัติทางกายภาพเคมีของดินในพื้นที่เหมืองแร่และป่าปลูกเพื่อการฟื้นฟูที่ดินเหมืองแร่ลิกไนต์
บ้านปู อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน

Table 2. Some physical properties of soils in the natural forest, mining areas and plantation forest

Type	Soil depth (cm)	Bulk density (Mg/m ³)	Gravel (%)	Soil mass (kg/m ² /layer)	Soil texture
Natural forest	0-5	1.36 ± 0.12 M	4.10 ± 1.13	67.86	Sandy loam
	5-10	1.50 ± 0.19 M	1.79 ± 0.16	286.14	Sandy loam
	10-20	1.51 ± 0.12 M	1.94 ± 0.9	294.35	Sandy loam
	20-40	1.52 ± 0.04 M	2.09 ± 0.01	302.55	Sandy loam
	40-60	1.20 ± 0.40 ML	19.89 ± 1.22	272.58	Loamy sand
	60-80	0.64 ± 0.04 L	54.55 ± 2.30	184.68	Loamy sand
	80-100	0.88 ± 0.00 L	34.69 ± 1.59	152.72	Loamy sand
Mine pit 1	0-5	0.95 ± 0.02 L	10.87 ± 2.34	47.30	Sandy loam
	5-10	1.11 ± 0.09 L	1.00 ± 2.13	205.52	Loamy sand
	10-20	1.03 ± 0.09 L	2.22 ± 1.72	205.58	Loamy sand
	20-40	0.95 ± 0.09 L	3.43 ± 1.31	205.64	Loamy sand
	40-60	1.25 ± 0.05 ML	1.21 ± 0.02	219.80	Loamy sand
	60-80	1.23 ± 0.14 ML	1.18 ± 1.31	248.24	Sandy loam
	80-100	1.03 ± 0.04 L	5.27 ± 1.58	226.46	Sandy loam
Mine pit 2	0-5	1.42 ± 0.08 M	6.36 ± 2.55	70.85	Sandy loam
	5-10	1.48 ± 0.15 M	4.50 ± 1.25	289.64	Sandy loam
	10-20	1.39 ± 0.08 ML	4.88 ± 0.90	283.61	Sandy loam
	20-40	1.30 ± 0.07 ML	5.25 ± 0.54	277.57	Loamy sand
	40-60	1.23 ± 0.12 ML	10.19 ± 4.18	252.46	Loamy sand
	60-80	1.24 ± 0.04 ML	6.51 ± 1.49	246.91	Loamy sand
	80-100	1.32 ± 0.03 ML	5.92 ± 1.58	256.14	Loamy sand
Mine pit 3	0-5	0.94 ± 0.08 L	15.93 ± 5.45	47.11	Loamy sand
	5-10	1.10 ± 0.03 L	37.00 ± 5.84	204.19	Loamy sand
	10-20	1.16 ± 0.09 L	32.15 ± 7.16	218.04	Loamy sand
	20-40	1.22 ± 0.15 ML	27.29 ± 8.47	231.89	Loamy sand
	40-60	1.19 ± 0.04 L	14.20 ± 6.14	240.43	Loamy sand
	60-80	1.17 ± 0.09 L	14.77 ± 0.11	235.16	Sandy loam
	80-100	1.30 ± 0.06 L	10.96 ± 0.71	246.55	Sandy loam
Plantation forest 1	0-5	1.18 ± 0.12 L	22.02 ± 2.38	58.87	Caly loam
	5-10	1.43 ± 0.07 M	12.66 ± 5.22	261.00	Clay loam
	10-20	1.44 ± 0.18 M	10.87 ± 4.58	274.59	Clay loam
	20-40	1.45 ± 0.28 M	9.07 ± 3.93	288.17	Clay loam
	40-60	1.25 ± 0.27 ML	7.89 ± 2.85	269.82	Loamy sand
	60-80	1.29 ± 0.10 ML	9.53 ± 1.52	253.93	Loamy sand
	80-100	1.28 ± 0.20 ML	14.30 ± 6.18	257.04	Loamy sand
Plantation forest 2	0-5	0.96 ± 0.11 L	37.86 ± 8.84	47.48	Caly loam
	5-10	1.05 ± 0.09 L	26.90 ± 3.17	201.10	Clay loam
	10-20	1.03 ± 0.10 L	149.52 ± 3.46	204.23	Clay loam
	20-40	1.02 ± 0.11 L	30.04 ± 3.75	207.37	Clay loam
	40-60	0.89 ± 0.05 L	37.97 ± 4.64	190.54	Caly loam
	60-80	0.79 ± 0.17 L	44.67 ± 21.90	167.37	Clay loam
	80-100	1.11 ± 0.08 L	16.47 ± 2.96	190.23	Clay loam

Table 2. Contd.

Type	Soil depth (cm)	Bulk density (Mg/m ³)	Gravel	Soil mass	Soil texture
			(%)	(kg/m ² /layer)	
Plantation forest 3	0-5	1.18 ± 0.12 L	17.42 ± 2.39	59.08	Sandy loam
	5-10	1.34 ± 0.07 ML	8.03 ± 3.50	252.25	Clay loam
	10-20	1.34 ± 0.11 ML	6.92 ± 4.02	260.14	Clay loam
	20-40	1.34 ± 0.14 ML	5.80 ± 4.54	268.02	Loamy sand
	40-60	1.06 ± 0.30 L	2.12 ± 2.19	240.01	Loamy sand
	60-80	1.15 ± 0.05 L	4.52 ± 4.36	221.04	Loamy sand
	80-100	1.10 ± 0.23 L	12.27 ± 16.04	224.93	Loamy sand

Remarks: VL=very low, L=low, ML=moderately low, M=Medium (Soil Survey Division, 1993)

(2) พื้นที่ขอบบ่อเหมือง

ขอบบ่อเหมืองด้านล่าง 1 ดินมีกรวดน้อยถึงน้อยมาก (1.00-10.87%) ที่เกิดจากหินผุและมีอินทรีย์วัตถุต่ำมาก ปริมาณมวลดินมีค่า 47.30-248.24 kg/m²/layer

ขอบบ่อเหมืองด้านล่าง 2 พบกรวดน้อยถึงน้อยมาก (4.50-10.19%) มีมวลดินผืนแปรระหว่าง 70.85-289.64 kg/m²/layer

ขอบบ่อเหมืองด้านบน 3 มีกรวดและมวลดินผืนแปรระหว่าง 10.96-37.0% และ 47.11-246.55 kg/m²/layer ตามลำดับ

(3) ป่าปลูกพื้นที่ทั้งดิน

พื้นที่ปลูกป่า 1 ดินมีปริมาณกรวด 7.89-22.02% และมวลดิน 58.87-288.17 kg/m²/layer

พื้นที่ปลูกป่า 2 ดินมีกรวดมาก (16.47-44.67%) ทำให้มีมวลดินค่อนข้างน้อย (47.48-207.37 kg/m²/layer)

พื้นที่ปลูกป่า 3 มีกรวดในชั้นดินผืนแปรระหว่าง 2.12-17.42% และมีมวลดิน 59.08-268.02 kg/m²/layer

1.3 เนื้อดิน (soil texture)

(1) ป่าธรรมชาติ

ดินชั้นบน (0-40 cm) เป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ชั้นที่อยู่ลึกลงไปเป็นดินทรายปนร่วน (loamy sand) ซึ่งมีลักษณะเป็นดินเนื้อหยาบ

(2) พื้นที่ขอบบ่อเหมือง

ขอบบ่อเหมืองด้านล่าง 1 ดินที่ความลึก 0-5 cm เป็นดินร่วนปนทราย แต่ที่ความลึก 5-60 cm เป็นดินทรายปนร่วน ชั้นดินที่อยู่ลึกลงไปเป็นดินร่วนปนทราย

ขอบบ่อเหมืองด้านล่าง 2 ที่ความลึก 0-20 cm เป็นดินร่วนปนทราย และชั้นที่อยู่ลึกลงไปเป็นดินทรายปนร่วน

ขอบบ่อเหมืองด้านบน 3 ดินชั้นบน (0-60 cm) เป็นดินทรายปนร่วนและชั้นที่อยู่ลึกลงไปเป็นดินร่วนปนทราย

(3) ป่าปลูกพื้นที่ทั้งดิน

พื้นที่ปลูกป่า 1 ดินชั้นบน (0-40 cm) เป็นดินร่วนปนเหนียว (clay loam) ชั้นที่อยู่ลึกลงไปเป็นดินทรายปนร่วน

พื้นที่ปลูกป่า 2 มีเนื้อดินเป็นแบบดินร่วนปนเหนียวตลอดชั้นความลึกของดิน

พื้นที่ปลูกป่า 3 ที่ความลึก 0-5 cm เป็นดินร่วนปนทราย ที่ความลึก 5-20 cm เป็นดินร่วนปนเหนียวและชั้นที่อยู่ลึกลงไปเป็นดินทรายปนร่วน

2. สมบัติทางเคมีของดิน (soil chemical properties)

ตารางที่ 3 แสดงสมบัติทางเคมีของดินในป่าธรรมชาติ พื้นที่ขอบบ่อเหมืองและป่าปลูกพื้นที่ทั้งดิน

2.1 ปฏิกริยาดิน (soil reaction)

(1) ป่าธรรมชาติ

ดินบนที่ความลึก 0-5 cm เป็นกรดเล็กน้อย (slightly acid, pH = 6.3) ชั้นดินที่อยู่ลึกลงไปเป็นกลาง (neutral)

(2) พื้นที่ขอบบ่อเหมือง

ขอบบ่อเหมืองด้านล่าง 1 ดินบนที่ความลึก 0-5 cm เป็นกรดรุนแรงมากที่สุด (ultra acid, pH = 3.3) ชั้นดินที่อยู่ลึกลงไปมีเศษลิกไนต์ปะปนเป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) มีค่า pH ผืนแปรระหว่าง 3.6-4.1

สมบัติทางกายภาพเคมีของดินในพื้นที่เหมืองแร่และป่าปลูกเพื่อการฟื้นฟูที่ดินเหมืองแร่ลิกไนต์
บ้านปู อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน

Table 3. Some chemical properties of soils in the natural forest, mining areas and plantation forest

Type	Depth (cm)	pH		O.M. (%)	C (%)	N (%)	Extractable nutrients (mg/kg)			
							P	K	Ca	Mg
Natural forest	0-5	6.	SLA	2.38 M	1.38	0.14 L	4.85 L	50.25 L	543.00 L	57.65 L
	5-10	7	N	1.38 ML	0.80	0.08 VL	3.54 L	111.20 H	522.50 L	27.63 VL
	10-20	7	N	1.10 ML	0.64	0.07 VL	3.54 L	83.2 M	437.00 L	23.78 VL
	20-40	7	N	0.82 L	0.48	0.06 VL	3.54 L	55.20 L	351.50	19.92 VL
	40-60	7	N	0.78 L	0.45	0.05 VL	3.10 L	65.43 M	469.00 L	38.70 L
	60-80	7	N	0.43 VL	0.25	0.03 VL	2.57 VL	67.23 M	308.75	15.65 VL
	80-100	7	N	0.22 VL	0.13	0.01 VL	2.66 VL	54.55 L	250.00	30.70 VL
Mine pit 1	0-5	3.	UA	0.65 L	0.38	0.04 VL	5.64 L	104.00 H	462.70 L	219.70 M
	5-10	3.	EA	3.55 H	2.06	0.21 M	7.14 ML	77.63 M	316.40	143.70 M
	10-20	3.	EA	2.79 M	1.62	0.17 L	6.70 ML	67.55 M	304.90	128.85 M
	20-40	3.	EA	2.03 M	1.18	0.12 L	6.26 ML	57.46 L	293.40	114.00 L
	40-60	4	EA	1.30 ML	0.75	0.07 VL	6.70 ML	88.58 M	238.00	69.30 L
	60-80	4.	EA	1.51 M	0.88	0.06 VL	5.64 L	170.10	247.30	72.55 L
	80-100	3.	EA	3.81 H	2.21	0.22 M	4.59 L	59.90 L	502.00 L	122.20 M
Mine pit 2	0-5	4.	EA	1.30 ML	0.75	0.08 VL	5.21 L	100.5 H	1173.50	154.90 M
	5-10	4	EA	1.21 ML	0.70	0.07 VL	3.98 L	80.95 M	555.00 L	40.49 L
	10-20	3.	EA	1.06 ML	0.62	0.06 VL	3.76 L	78.25 M	564.00 L	47.95 L
	20-40	3.	EA	0.91 L	0.53	0.05 VL	3.54 L	75.55 M	573.00 L	55.40 L
	40-60	3.	EA	1.08 ML	0.63	0.05 VL	5.03 L	54.10 L	543.50 L	51.65 L
	60-80	3.	EA	0.74 L	0.43	0.04 VL	4.59 L	59.78 L	602.00 L	52.60 L
	80-100	3.	EA	0.87 L	0.51	0.03 VL	5.29 L	68.90 M	625.00 L	61.20 L
Mine pit 3	0-5	6.	SLA	2.16 M	1.25	0.13 M	8.89 ML	105.50 H	556.00 L	23.15 VL
	5-10	6.	N	0.87 L	0.51	0.05 VL	4.15 L	65.93 M	530.50 L	29.23 VL
	10-20	6.	N	0.74 L	0.43	0.05 VL	3.72 L	91.57 M	558.13 L	31.48 VL
	20-40	6.	N	0.61 L	0.35	0.04 VL	3.28 L	117.20 H	585.75 L	33.73 VL
	40-60	6.	N	0.87 L	0.51	0.03 VL	2.93 VL	175.10	753.75 L	27.15 VL
	60-80	6.	N	0.95 L	0.55	0.05 VL	3.28 L	34.05 L	827.00 L	25.75 VL
	80-100	6.	N	1.82 L	1.06	0.10 L	3.54 L	83.45 M	1039.00	36.53 L
Plantation forest 1	0-5	6.	N	1.04 ML	0.60	0.06 VL	3.71 L	38.23 L	1270.00	28.69 VL
	5-10	6.	N	0.69 L	0.40	0.04 VL	2.93 VL	46.11 L	1558.00	44.06 L
	10-20	5.	SA	1.65 ML	0.96	0.10 L	11.39 M	42.34 L	1676.25	43.73 L
	20-40	5.	SA	2.60	1.51	0.15 L	19.85	38.56 L	1794.50	43.39 L
	40-60	4.	VSA	3.16	1.83	0.18 L	13.80 M	37.05 L	2832.50	169.70 M
	60-80	4.	VSA	4.63 VH	2.69	0.27 M	12.05 M	27.35 VL	2519.50	221.00 M
	80-100	4.	VSA	0.48 VL	0.28	0.02 VL	38.71 H	28.35 VL	1668.50	165.10 M
Plantation forest 2	0-5	6.	SLA	2.16 M	1.25	0.13 L	15.29	114.30 H	1630.00	28.04 VL
	5-10	6.	N	1.73 M	1.00	0.08 VL	7.22 ML	39.29 L	1929.50	57.70 L
	10-20	6.	N	1.15 M	0.67	0.06 VL	6.79 ML	43.14 L	1808.25	48.08 L
	20-40	6.	N	0.56 L	0.33	0.03 VL	6.35 ML	46.98 L	1687.00	38.45 L
	40-60	6.	N	0.87 L	0.51	0.04 VL	4.77 L	34.38 L	1560.50	38.15 L
	60-80	6.	SLA	1.08 ML	0.63	0.03 VL	7.57 ML	77.44 M	1898.00	54.25 L
	80-100	4.	VSA	1.25 ML	0.73	0.03 VL	10.64 M	72.55 M	1875.00	206.50 M

Table 3. Contd.

Type	Depth (cm)	pH		O.M. (%)	C (%)	N (%)	Extractable nutrients (mg/kg)			
							P	K	Ca	Mg
Plantation forest 3	0-5	4.	VSA	2.81	1.63	0.16 L	4.59 L	66.30 M	1308.00	33.79 VL
	5-10	3.	EA	6.18 VH	3.58	0.36 M	3.89 L	27.78 VL	1136.50	67.40 L
	10-20	3.	EA	5.75 VH	3.84	0.38 M	4.46 L	31.12 L	932.50 L	46.40 L
	20-40	3.	UA	5.32 VH	4.09	0.40 M	5.03 L	34.46 L	728.50 L	25.40 VL
	40-60	3.	UA	1.86 M	1.08	0.10 L	9.68 ML	11.03 VL	723.50 L	26.44 VL
	60-80	3.	UA	6.66 VH	3.86	0.35 M	5.64 L	12.92 VL	758.00 L	38.58 L
	80-100	3.	UA	3.89 VH	2.26	0.20 M	7.40 ML	41.90 L	777.50 L	56.45 L

Remarks: UA=ultra acid, EA=extremely acid, VSA=very strongly acid, SA=strongly acid, SLA = slightly acid, N=neutral, VL=very low, L=low, ML=moderately low, M=Medium, MH=moderately high, H=high, VH=very high (Land Classification Division, 1973; Soil Survey Division, 1993)

ขอบบ่อเหมืองด้านล่าง 2 เป็นกรดรุนแรงมาก ตลอดชั้นดินลึก 1 m โดยมีค่า pH ผันแปรระหว่าง 3.5-4.2

ขอบบ่อเหมืองด้านบน 3 ที่ความลึก 0-5 cm ดินเป็นกรดเล็กน้อย (pH =6.5) และชั้นที่อยู่ลึกลงไปเป็นกลาง (pH = 6.6-6.7)

(3) ป่าปลูกพื้นที่ทั้งดิน

พื้นที่ปลูกป่า 1 ดินบนที่ความลึก 0-10 cm มีปฏิกิริยาเป็นกลาง (pH = 6.7-6.8) กรดจัด (pH = 5.2-5.5) ที่ความลึก 10-40 cm แต่เป็นกรดจัดมากที่ความลึก 40-100 cm (pH = 4.8-4.9)

พื้นที่ปลูกป่า 2 ดินบนที่ความลึก 0-5 cm เป็นกรดเล็กน้อย (pH =6.5) ที่ความลึก 5-60 cm เป็นกลาง (pH = 6.6) เป็นกรดเล็กน้อยที่ความลึก 60-80 cm (pH = 6.4) แต่เป็นกรดจัดมากที่ความลึก 80-100 cm (pH = 4.3)

พื้นที่ปลูกป่า 3 ดินบน (0-5 cm) เป็นกรดจัดมาก (pH = 4.8) เป็นกรดรุนแรงมาก (pH = 3.5-3.7) ที่ความลึก 5-20 cm และเป็นกรดรุนแรงมาก (pH = 3.2-3.4) ในชั้นที่อยู่ลึกลงไป

2.2 อินทรีย์วัตถุ คาร์บอนและไนโตรเจนในดิน (soil organic matter, carbon and nitrogen)

(1) ป่าธรรมชาติ

ดินบนที่ความลึก 0-5 cm มีอินทรีย์วัตถุปานกลาง (2.38%) ค่อนข้างต่ำที่ความลึก 5-20 cm และต่ำถึงต่ำมากในชั้นที่อยู่ลึกลงไป (20-100 cm) (0.22-0.82%) คาร์บอนมีแนวโน้มเช่นเดียวกับอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนมีค่าต่ำที่ความลึก 0-5 cm (0.14%) และชั้นดินที่อยู่ลึกลงไปไม่มีค่าต่ำมาก

(2) พื้นที่ขอบบ่อเหมือง

ขอบบ่อเหมืองด้านล่าง 1 ดินบน (0-5 cm) มีอินทรีย์วัตถุต่ำ (0.65%) ที่ความลึก 5-10 cm มีค่าสูง (3.55%) มีค่าปานกลางที่ความลึก 10-40 cm (2.03-2.79%) ความลึก 40-60 cm มีค่าค่อนข้างต่ำ (1.30%) ความลึก 60-80 cm มีค่าปานกลาง (1.51%) และมีค่าสูง (3.81%) ที่ความลึก 80-100 cm ไนโตรเจนในดินมีแนวโน้มเช่นเดียวกับอินทรีย์วัตถุ

พื้นที่บ่อเหมืองด้านล่าง 2 ดินที่ความลึก 0-20 cm มีอินทรีย์วัตถุค่อนข้างต่ำ (1.06-1.30%) ที่ความลึก 20-40 cm มีค่าต่ำ (0.91%) ความลึก 40-60 cm มีค่าค่อนข้างต่ำ (1.08%) ชั้นที่อยู่ลึกลงไปมีค่าต่ำ (0.74-0.87%) ไนโตรเจนมีค่าต่ำมากตลอดชั้นดิน (0.03-0.08%)

พื้นที่บ่อเหมืองด้านบน 3 ดินบนที่ความลึก 0-5 cm มีอินทรีย์วัตถุปานกลาง (2.16%) ชั้นที่อยู่ลึกลงไปมีค่าต่ำ (0.61-1.82%) ไนโตรเจนมีค่าปานกลาง (0.13%) ที่ชั้นความลึก 0-5 cm มีค่าต่ำมาก (0.03-0.05%) ในชั้นความลึก 5-80 cm และต่ำ (0.10%) ที่ความลึก 80-100 cm คาร์บอนในดินมีแนวโน้มเช่นเดียวกันทั้งสามพื้นที่

(3) ป่าปลูกพื้นที่ทั้งดิน

พื้นที่ปลูกป่า 1 ดินที่ความลึก 0-20 cm มีอินทรีย์วัตถุต่ำถึงค่อนข้างต่ำ (0.69-1.65%) ชั้นที่อยู่ลึกลงไปมีค่าค่อนข้างสูงที่ความลึก 20-60 cm (2.60-3.10%) สูงมากที่ความลึก 60-80 cm แต่มีค่าต่ำมากที่ความลึก 80-100 cm (0.48%) ไนโตรเจนมีค่าต่ำมากที่ชั้นความลึก 0-10 cm (0.04-0.06%) ชั้นที่อยู่ลึกลงไปมีค่าต่ำถึง

ปานกลางที่ความลึก 10-80 cm (0.10-0.27%) และมีค่าต่ำมากที่ความลึก 80-100 cm (0.02%)

พื้นที่ปลูกป่า 2 ดินบนที่ความลึก 0-20 cm มีอินทรีย์วัตถุปานกลาง (1.15-2.16%) ชั้นที่อยู่ลึกลงไปมีค่าต่ำ (0.56-0.87%) ที่ความลึก 20-60 cm และค่อนข้างต่ำที่ความลึก 60-100 cm (1.08-1.25%) ในโตรเจนมีค่าต่ำในชั้นความลึก 0-5 cm (0.13%) ชั้นที่อยู่ลึกลงไปมีค่าต่ำมาก (0.03-0.08%)

พื้นที่ปลูกป่า 3 ดินบน (0-5 cm) มีอินทรีย์วัตถุค่อนข้างสูง (2.81%) มีค่าสูงมากที่ความลึก 5-40 cm (5.32-6.18%) และปานกลางที่ความลึก 40-60 cm (1.86%) แต่มีค่าสูงถึงสูงมากที่ความลึก 60-100 cm (3.89-6.66%) ในโตรเจนมีค่าต่ำที่ความลึก 0-5 cm (0.16%) มีค่าปานกลางที่ความลึก 5-40 cm (0.36-0.40%) ชั้นที่อยู่ลึกลงไป (40-60 cm) มีค่าต่ำ (0.10%) และที่ความลึก 60-100 cm มีค่าปานกลาง (0.20-0.35%) คาร์บอนในดินมีแนวโน้มเช่นเดียวกัน

2.3 ธาตุอาหารหลักที่สามารถสกัดได้ (extractable macronutrients: P, K, Ca, Mg)

(1) ปารรรษชาติ

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์มีค่าต่ำถึงต่ำมาก โปแทสเซียมที่สกัดได้มีค่าต่ำถึงปานกลาง ยกเว้นที่ความลึก 5-10 cm ที่มีค่าสูง ชั้นดินที่อยู่ลึกลงไปมีค่าต่ำถึงปานกลาง แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้มีค่าต่ำถึงต่ำมากตลอดชั้นดิน

(2) พื้นที่ขอบบ่อเหมือง

พื้นที่บ่อเหมืองด้านล่าง 1 มีค่า ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ผันแปรระหว่างต่ำถึงค่อนข้างต่ำ โปแทสเซียมที่สกัดได้มีค่าต่ำถึงสูงมาก แคลเซียมที่สกัดได้มีค่าต่ำถึงต่ำมากตลอดชั้นดิน และแมกนีเซียมที่สกัดได้มีค่าต่ำถึงปานกลาง

พื้นที่บ่อเหมืองด้านล่าง 2 ดินมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำตลอดชั้นดิน โปแทสเซียมที่สกัดได้ส่วนใหญ่มีค่าปานกลาง แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้มีค่าปานกลางที่ความลึก 0-5 cm ชั้นที่อยู่ลึกลงไปมีค่าต่ำ

พื้นที่บ่อเหมืองด้านบน 3 ฟอสฟอรัสในดินมีค่าค่อนข้างต่ำที่ความลึก 0-5 cm ชั้นที่อยู่ลึกลงไปมีค่าต่ำถึงต่ำมาก โปแทสเซียมที่สกัดได้มีค่าปานกลางถึงสูงมาก

ยกเว้นที่ความลึก 60-80 cm มีค่าต่ำ แคลเซียมมีค่าปานกลางที่ความลึก 0-5 cm และต่ำในชั้นที่อยู่ลึกลงไป และแมกนีเซียมที่สกัดได้มีค่าต่ำถึงต่ำมากตลอดชั้นดิน

(3) ป่าปลูกพื้นที่ทั้งดิน

พื้นที่ปลูกป่า 1 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าต่ำถึงต่ำมากที่ความลึก 0-10 cm ปานกลางถึงค่อนข้างสูงที่ความลึก 10-80 cm และสูงที่ความลึก 80-100 cm โปแทสเซียมที่สกัดได้มีค่าต่ำถึงต่ำมากตลอดชั้นดิน แคลเซียมที่สกัดได้มีค่าปานกลางที่ความลึก 0-40 cm มีค่าสูงที่ความลึก 40-80 cm และปานกลางที่ความลึก 80-100 cm แมกนีเซียมที่สกัดได้มีค่าต่ำมากที่ความลึก 0-5 cm ต่ำที่ความลึก 5-40 cm และปานกลางที่ความลึก 60-100 cm

พื้นที่ปลูกป่า 2 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าค่อนข้างสูงที่ความลึก 0-5 cm โดยมีค่าค่อนข้างต่ำถึงต่ำที่ความลึก 5-80 cm และมีค่าปานกลางที่ความลึก 80-100 cm โปแทสเซียมที่สกัดได้มีค่าสูงที่ความลึก 0-5 cm ต่ำที่ความลึก 5-60 cm และปานกลางที่ความลึก 60-100 cm แคลเซียมที่สกัดได้มีค่าปานกลางตลอดชั้นดิน แมกนีเซียมที่สกัดได้มีค่าต่ำมากที่ความลึก 0-5 cm ต่ำที่ความลึก 5-80 cm และปานกลางที่ความลึก 80-100 cm

พื้นที่ปลูกป่า 3 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าค่อนข้างต่ำถึงต่ำตลอดชั้นความลึก โปแทสเซียมที่สกัดได้มีค่าปานกลางที่ความลึก 0-5 cm ชั้นที่อยู่ลึกลงไปมีค่าต่ำถึงต่ำมาก แคลเซียมที่สกัดได้มีค่าปานกลางที่ความลึก 0-10 cm ต่ำที่ความลึก 10-100 cm แมกนีเซียมที่สกัดได้มีค่าต่ำถึงต่ำมากตลอดชั้นความลึก

วิจารณ์

สมบัติทางกายภาพของดินกับความสามารถในการขึ้นอยู่ของพันธุ์ไม้ป่า

สมบัติทางกายภาพของดินเป็นปัจจัยสำคัญต่อการขึ้นอยู่และการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ เช่น ความลึก ปริมาณกรวดหิน ความหนาแน่น เนื้อดิน อินทรีย์วัตถุ เป็นต้น โดยมีอิทธิพลต่อการอุ้มน้ำ การถ่ายเทอากาศ อุณหภูมิดิน การไหลของน้ำ การอาศัยอยู่ของสิ่งมีชีวิตในดิน เป็นต้น (Fisher and Binkley, 2000) พบว่า ดินป่า

เต็งรังใกล้กับพื้นที่เหมืองแร่บ้านปูเป็นดินต้นที่เกิดจากหินทราย มีกรวดหินมาก เนื้อดินร่วนปนทราย ความหนาแน่นต่ำถึงปานกลางและอินทรีย์วัตถุต่ำ แต่พบว่าพันธุ์ไม้ต่างๆ เช่น เต็ง รัง เหียง พลวง ฯลฯ สามารถขึ้นบนดินที่มีสมบัติทางกายภาพที่ไม่เหมาะสม พันธุ์ไม้เหล่านี้สามารถขึ้นบนพื้นที่แห้งแล้ง (xeric sites) ส่วนใหญ่มีเชื้อราไมคอร์ไรซาที่รากฝอย (mycorrhizal fungi) ช่วยให้รากพืชไซซอนไปตามรอยแตกของหินและซอกหินได้เพื่อดูดน้ำและธาตุอาหาร (Fisher and Binkley, 2000; Kimmins, 2004) ดินในพื้นที่ขอบบ่อเหมืองด้านล่างที่พบลิคไนต์ที่ยังไม่มีและมีการปลูกป่าเป็นหินผุสีขาวของหินโคลน ร่วนและมีทรายละเอียดอัดแน่นกัน ไม่อุ้มน้ำและมีเศษลิคไนต์ปะปน ขณะที่ดินพื้นที่ขอบเหมืองด้านบนเกิดจากการถม โดยการนำดิน หินผุและกรวดหินของหินทรายและหินกรวดมนจากบ่อเหมือง ส่วนใหญ่มีเป็นเม็ดทรายปนกรวดที่อัดแน่นสำหรับพื้นที่ที่ที่ดินนั้นเกิดจากการถมดินเช่นกัน จึงมีความผันแปรมากของดินและวัตถุต้นกำเนิดดินตามพื้นที่และความลึก มีความหนาแน่นต่ำถึงค่อนข้างต่ำเนื่องจากมีกรวดมากและส่งผลทำให้พื้นที่แห้งแล้งเนื่องจากมีการระบายน้ำค่อนข้างรวดเร็ว สมบัติทางกายภาพในพื้นที่ขอบบ่อเหมืองและพื้นที่ที่ดินไม่เหมาะสมต่อการขึ้นอยู่ของพันธุ์ไม้ป่า แต่จากการสังเกต พบว่าพันธุ์ไม้ที่ปลูกสามารถเจริญเติบโตได้ โดยเฉพาะไม้สัก สะเดา กระถินณรงค์ กระถินยักษ์ เสลา มะค่าโมง นนทรี เป็นต้น

สมบัติทางเคมีของดินกับการขึ้นอยู่ของพันธุ์ไม้ป่า

สมบัติทางเคมีของดินเกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาดิน ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชและความเป็นพิษของธาตุโลหะหนัก (Brady and Weil, 2010) จึงมีความสำคัญต่อการขึ้นอยู่และการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ดินป่าเต็งรังใกล้เคียงลิคไนต์เป็นกรดเล็กน้อยที่ผิวดินและเป็นกลางในชั้นที่อยู่ลึกลงไป โดยมีอินทรีย์วัตถุ คาร์บอนและไนโตรเจนต่ำ ดินในพื้นที่ขอบบ่อเหมืองและพื้นที่ที่ดินมีปฏิกิริยาดินผันแปรสูง ดินพื้นที่ขอบบ่อเหมืองด้านล่างส่วนใหญ่เป็นกรดรุนแรงมาก พื้นที่ขอบบ่อเหมืองด้านบนมีปฏิกิริยาเป็นกลาง ซึ่งน่าจะเกิดจากการใส่ปูนขาวก่อนการปลูกป่า สำหรับป่าปลูกพื้นที่ทั้งดินพื้นที่ 1 และ 2 นั้นดินบนเป็นกลางและด้านล่างเป็นกรด

มากขึ้น เป็นผลจากการใส่ปูนขาวเช่นกัน แต่ดินบนในป่าปลูกพื้นที่ 3 เป็นกรดจัดมากถึงกรดรุนแรงมากและดินล่างเป็นกรดรุนแรงมากที่สุด ซึ่งพบว่าไม้สักและกระถินเทพาอายุ 18 ปี มีการยืนต้นตายค่อนข้างมาก น่าจะเกิดจากรากพืชไซซอนลงไปและดูดกรดซัลฟิวริก (sulfuric acid) หรือสารโลหะหนัก เนื่องจากในพื้นที่เหมืองถ่านหินมีไพไรต์ (pyrite, FeS_2) ปะปนอยู่ในชั้นหินมากและเมื่อเปิดหน้าดินออกหรือขุดขึ้นมาจะทำให้วัตถุต้นกำเนิดดินเป็นกรดรุนแรงมาก โดยไพไรต์ทำปฏิกิริยากับน้ำเป็นกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) เกิดเป็นกรดรุนแรงและส่งผลต่อสิ่งแวดล้อม (Bradshaw and Chadwick, 1980) และเป็นปัญหาที่สำคัญในการปลูกป่าฟื้นฟูที่ดินเหมืองถ่านหินเพราะทำให้กล้าไม้ที่ปลูกรอดตายน้อยหรือต้นไม้มีการเจริญเติบโตช้าและยังทำให้ต้นไม้ตายถ้าดูดซับกรดซัลฟิวริกมากเกินไป

ขอบบ่อเหมืองด้านล่างที่พบเศษลิคไนต์มีอินทรีย์วัตถุ คาร์บอนและไนโตรเจนในดินล่างสูงมากกว่าดินบน ซึ่งเป็นผลจากเศษลิคไนต์ ในพื้นที่ที่ดินนั้นอาจจะเกิดจาก 2 สาเหตุ คือ การสลับดินชั้นบนลงไปอยู่ในดินชั้นล่างจากกระบวนการทิ้งดินและเศษลิคไนต์ที่ปะปนอยู่ การผันแปรตามความลึกของดินของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สามารถสกัดได้อาจจะเกิดจากการสลับชั้นดินและวัตถุต้นกำเนิดดินในกระบวนการทิ้งดิน พัทธินดา (2554) ศึกษาดินป่าเต็งรังพื้นที่หินแกรนิต พบว่า มีความหนาแน่นปานกลางถึงค่อนข้างสูง เนื้อดินเป็นดินทรายปนร่วน ร่วนปนทราย ร่วนเหนียวปนทราย ร่วนเหนียวและดินเหนียว ดินเป็นกรดจัดถึงเป็นกลาง มีอินทรีย์วัตถุต่ำมากถึงปานกลาง ไนโตรเจนมีค่าต่ำมาก ฟอสฟอรัสและแคลเซียมมีค่าต่ำถึงต่ำมาก โพแทสเซียมและแมกนีเซียมมีค่าต่ำมากถึงปานกลาง ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับพื้นที่ป่าเต็งรังที่ได้ศึกษาวรรลักษณ์ (2554) พบว่า ดินบนในป่าเต็งรังพื้นที่หินตะกอนเป็นดินทรายปนร่วนถึงร่วนปนทราย ดินล่างเป็นดินทรายปนร่วนถึงร่วนเหนียวปนทราย มีความหนาแน่นสูงถึงสูงมาก เป็นกรดเล็กน้อยถึงปานกลาง อินทรีย์วัตถุมีค่าต่ำมากถึงสูง ฟอสฟอรัสมีค่าต่ำถึงค่อนข้างสูง โพแทสเซียมและแคลเซียมมีค่าต่ำมากถึงปานกลางและแมกนีเซียมมีค่าต่ำถึงสูง ซึ่งมีค่าที่สูงกว่าดินป่าเต็งรังที่

ศึกษาเนื่องจากมีชนิดหินและแร่ที่พาดพิงมาทับถมแตกต่างกัน ข้อเสนอแนะในการฟื้นฟูและปรับปรุงดินในพื้นที่เหมืองแร่ที่มีสมบัติทางกายภาพและเคมีไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ควรใส่ปุ๋ยเพื่อปรับปรุงปฏิกิริยาดินให้เหมาะสมก่อนจะปลูกพืช ในการคัดเลือกชนิดพันธุ์ไม้ที่จะปลูกต้องเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตเร็ว ทนแล้ง และสภาพความเป็นกรด ซึ่งพันธุ์ไม้ที่ปลูก ได้แก่ ต้นสัก สะเดา กระถินณรงค์ เสลา และกระถินยักษ์ ค่อนข้างเจริญเติบโตได้ดี แต่ควรเลือกพันธุ์ไม้ชนิดอื่น ๆ เพิ่มเติมทั้งพันธุ์ไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ ขนาดกลาง ขนาดเล็ก ไม้พุ่ม และพืชพื้นล่างเพื่อทำให้สังคมพืชเกิดความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้มากขึ้น

สรุป

ดินป่าเต็งรังใกล้เหมืองลิกไนต์บ้านปูมีความหนาแน่นปานกลางและกรวดหินมาก ปฏิกริยาเป็นกลาง แต่มีอินทรีย์วัตถุและความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินในพื้นที่เหมืองแร่มีชั้นดินสลับกัน ซึ่งเกิดจากการนำดิน หินผุและก้อนหินจากบ่อเหมืองไปถมเป็นเนิน สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินมีความผันแปรมากตามพื้นที่และชั้นดิน ดินขอบบ่อเหมืองด้านล่างที่พบลิกไนต์เป็นกรดรุนแรงมาก จนถึงกรดรุนแรงมากที่สุด แต่ขอบบ่อเหมืองด้านบนมีการใส่ปุ๋ยขาวจึงทำให้ดินค่อนข้างเป็นกลาง ดินบนมีอินทรีย์วัตถุ คาร์บอนและไนโตรเจนต่ำ แต่ดินล่างอาจจะมีค่าสูงกว่าดินบนซึ่งเกิดจากการสลับชั้นดิน เช่นเดียวกับฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สามารถสกัดได้ที่มีความผันแปรมากตามความลึก สมบัติทางกายภาพและเคมีของดินในเหมืองแร่ลิกไนต์บ้านปูส่งผลต่อการรอดตายและการเจริญเติบโตของพันธุ์ไม้ป่าที่ปลูก บางพื้นที่มีต้นไม้ยืนต้นตายอยู่เป็นกลุ่ม แต่ในบางพื้นที่ต้นไม้สามารถเจริญเติบโตได้ พันธุ์ไม้ที่ปลูกฟื้นฟูที่ดินเหมืองแร่บริเวณนี้สามารถทนแล้งและขึ้นบนดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งเป็นกรดจัดมากหรือกรดรุนแรงมาก

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณเหมืองแร่ลิกไนต์บ้านปู อำเภอลี้ จังหวัดลำพูน ที่สนับสนุนงบประมาณ อำนาจความสะดวกและเอื้อเฟื้อสถานที่สำหรับการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- ชาญยุทธ รัตนพรหมมณี กวีพร จินะจันตาและอรรณณฉัตรสิริรุ่ง. 2560. ผลของลิโอนาร์โดต์ต่อการปรับปรุงคุณภาพดินและผลผลิตข้าว. วารสารเกษตร 33(2): 215-224.
- พัชนีดา วงศ์นามอินทร์. 2554. การประเมินความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ สภาพป่าและปริมาณคาร์บอนสะสมในระบบนิเวศป่าเต็งรังบนพื้นที่หินแกรนิตบริเวณอุทยานไม้กลายเป็นหิน อำเภอบ้านตาก จังหวัดตาก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต จิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 116 หน้า.
- วรลักษณ์ เนียมพูลทอง. 2554. ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ไม้ ลักษณะดินและการสะสมธาตุอาหารในระบบนิเวศป่าไม้ที่เป็นหินตะกอนบริเวณวนอุทยานไม้กลายเป็นหิน จังหวัดตาก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต จิต. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 132 หน้า.
- Bradshaw, A. D. and M. J. Chadwick. 1980. The restoration of land. Blackwell Scientific Publications, Oxford. 317 p.
- Brady, N.C. and R.R. Weil. 2010. Elements of the nature and properties of soils. Pearson Education, New Jersey. 614 p.
- Bremner, J.M. and C.S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total. pp. 595-624. In: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis Part 2-Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. American Society of Agronomy Publisher, Madison, Wisconsin.

- Fisher R. F. and D. Binkley. 2000. Ecology and management of forest soils. John Wiley and Sons, New York, 489p.
- Kimmins, J. P. 2004. Cycling of nutrients in ecosystem. pp. 72-138. *In*: J.P. Kimmins (ed.). Forest Ecology: A foundation of sustainable forest management and environmental ethics in forestry. 3rd ed. Pearson Education, London.
- Knudsen, D., G.A. Peterson and P.F. Pratt. 1982. Lithium, sodium and potassium. pp. 225-246. *In*: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis Part 2-Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Land Classification Division. 1973. Soil Interpretation Handbook for Thailand. Department of Land Development, Bangkok.
- Lanyon, L.E. and W.R. Heald. 1982. Magnesium, calcium, strontium and barium. pp. 247-262. *In*: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis Part 2-Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. pp. 539-580. *In*: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis Part 2-Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1982. 24: Phosphorus. pp: 403-430. *In*: A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis Part 2-Chemical and Microbiological Properties. 2nd ed. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
- Soil Survey Division. 1993 Soil survey manual US. Dept. of Agr. Handbook No. 18. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C.
-