

Abstract

A study of the soil potential and land suitability for agriculture in Nam Mang, Thaphabath district, Bolikhamxay province, Lao People's Democratic Republic (Lao PDR), was conducted. The studied areas were flat or almost flat undulating lowlands. The topography of these areas can be described as sloping down to the east towards the Mekong River. The studied areas are 173 meters above the mean sea level. They have an average rainfall of 3,186.3 millimeters, and rainfall is high between May and September. The soils have an udic soil moisture regime. This study aimed to investigate physical and chemical properties of the soils, soil fertility capability classification, and land suitability for economic crops in the study areas. The study was carried out in 12 randomly selected representative areas. The methodology included field morphology description, soil physical and chemical analysis in laboratory according to standard methods, soil fertility capability classification, and assessment of land suitability for economic crops. The results of the study revealed that the soils in the study areas were deep. Most of soil parent material was alluvium. The landforms of the study areas were flood plain, low alluvial terrace, and middle and high alluvial terrace. The soils were poorly drained to well drained. The soil colors were brown, yellow, and gray. These soils had subangular blocky structure, and the soil textures were loam to clay loam. The soils were extremely acid to moderately acid, and they had very low to very high organic matter content, very low to medium total nitrogen content, and very low to very high available phosphorus and available potassium levels. They had very low to medium cation exchange capacity and sums of extractable bases. Their base saturation percentage varied from low to medium, and the saturated aluminum percentage range was from 3.22-91.52. These soils were taxonomically classified into the various subgroups of soil taxonomy including Typic Plinthaquult, Typic Plinthudult, Typic Kandiaquult, Typic Paleaquults, Typic Paleudult, Typic Endoaqualf, and Ultic Hapludalf. The soil fertility assessment indicated that most of these soils had low fertility, except for the pedon 9 type, which had high fertility. The fertility capability units of these soils were Lgakem, Lgkem, Cge, Cgke, Lakem, Lake, Lkem, Lke, Lem, L, and LCr⁺ke. Most of these soils, which displayed aluminum toxicity limitations, had gleying (an anaerobic condition) (g), low exchangeable potassium (k), a potentially high rate of leaching (e), and low organic matter (m). Most soils were moderately suitable (S2) for field crops and perennial crops, while some areas were marginally suitable (S3). The soils in pedon 3 and pedon 5 were not suitable (N) for upland economic crops because of limitations to do with waterlogging, but they were marginally suitable (S3) for rice cultivation. The studied areas showed low to moderate potential for economic crop cultivation, and factors limiting that potential included flood hazard (f), oxygen availability (o), moisture availability (m), nutrient availability (s), nutrient retention (n), and rooting condition (r).

Keywords: fertility capability classification, land capability classification, land evaluation, soil fertility

คำนำ

เมืองท่าพระบาทตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกของแขวงบอลิคำไซ เป็นเมืองยุทธศาสตร์ที่สำคัญของแขวงนี้ เพราะเป็นเมืองที่เชื่อมระหว่างแขวงบอลิคำไซและนครหลวงเวียงจันทน์ พืชเศรษฐกิจที่สำคัญของเมืองนี้ ได้แก่ ข้าว และยางพารา จากผลการสำรวจดินและการใช้ที่ดินของแขวงบอลิคำไซ พบว่า ดินในบริเวณแขวงบอลิคำไซ และดินเมืองท่าพระบาทมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับต่ำถึงปานกลาง (ศูนย์สำรวจและแบ่งเขตดินกสิกรรม, 2536; ศูนย์ค้นคว้าที่ดินกสิกรรม, 2551) ซึ่งเมืองท่าพระบาทยังไม่ได้ทำการสำรวจจำแนกดินและจัดชั้นความเหมาะสมของที่ดินอย่างละเอียด ทำให้การวางแผนการใช้ที่ดินในด้านการเกษตรยังไม่ได้เท่าที่ควร พื้นที่น้ำมั่งเป็นพื้นที่หนึ่งที่สำคัญของเมืองท่าพระบาท เป็นเขตที่มีความหลากหลายทางด้านสภาพพื้นที่ คือ มีสภาพพื้นที่ราบเรียบ พื้นที่ลูกคลื่นลอนลาด และมีพื้นที่ลุ่มต่ำที่เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำอีกด้วย นอกจากนี้ยังเป็นพื้นที่ยุทธศาสตร์และมีความสำคัญทางด้านเกษตรอีกแห่งหนึ่งของเมือง เพราะเป็นเขตดินสันดอนเก่าของแม่น้ำโขงที่เคยทับถมมาก่อน ซึ่งเหมาะแก่การทำเกษตรเป็นอย่างมาก เช่น การทำนาปลูกข้าว แต่การใช้ที่ดินในปัจจุบันของบริเวณดังกล่าวยังไม่ถูกต้องเหมาะสมกับศักยภาพและความเหมาะสมของที่ดิน ดังนั้นการสำรวจจำแนกดินและจัดชั้นความเหมาะสมของที่ดินเพื่อการเกษตรจะช่วยเพิ่มศักยภาพทางการเกษตรในพื้นที่บริเวณนี้ได้อีกทางหนึ่ง จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมีของดิน จำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ และประเมินความเหมาะสมของที่ดินต่อการปลูกพืชในพื้นที่น้ำมั่ง เมืองท่าพระบาท แขวงบอลิคำไซ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (สปป.ลาว)

ไม่วารณิใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการศึกษา

จากสภาพการใช้ที่ดินปัจจุบันในพื้นที่น้ำมั่งส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม (พื้นที่ป่าเก่า) รองลงมาเป็นพื้นที่ป่าเบญจพรรณผสม พื้นที่สวนยางพารา พื้นที่นาข้าว ส่วนที่เหลือเป็นพื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่ทำการเกษตรส่วนมากอยู่บริเวณพื้นที่ราบตามริมถนน และริมแม่น้ำโขง จึงทำการคัดเลือกพื้นที่ที่เป็นตัวแทนของการใช้ที่ดินและสัณฐานภูมิประเทศ จำนวน 12 บริเวณ (Figure 1, Table 1) ทำคำอธิบายหน้าตัดดินและบันทึกสภาพแวดล้อมทั่วไปของดิน และเก็บตัวอย่างดินตามชั้นกำเนิดดิน โดยวิธีมาตรฐาน (เอิบ เขียวรัตน์, 2552; Soil Science Division Staff, 2017) เพื่อใช้เป็นตัวแทนของดินในพื้นที่ศึกษา ทำการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ การกระจายขนาดอนุภาคดิน โดยวิธีปิเปต (Gee and Bauder, 1986) ทำการวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ พีเอชดิน (pH) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ (organic matter) ไนโตรเจนรวม (total nitrogen) (National Soil Survey Center, 1996) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (available phosphorus) โดยวิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (available potassium) โดยใช้ 1 M NH₄OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) (Pratt, 1965) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน (cation exchange capacity) โดยการชะละลายไอออนบวกด้วยสารละลาย 1 M NH₄OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) และแทนที่แอมโมเนียมไอออนด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 10% ในสภาพที่เป็นกรด กลั่นหาแอมโมเนียมไอออน (Chapman, 1965) เบสที่สกัดได้ (extractable bases) โดยใช้ 1 M NH₄OAc ที่เป็นกลาง (pH 7.0) (Pratt, 1965) และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส (base saturation percentage) โดยการคำนวณจากค่าเบสรวมที่สกัดได้ (sum bases) และความเป็นกรดที่สกัดได้ (extractable acidity) (Thomas, 1982; National Soil Survey Center, 1996) อัตราร้อยละความอิ่มตัวอะลูมิเนียม (aluminum saturation percentage) โดยการคำนวณจากค่าเบสรวมที่สกัดได้ และอะลูมิเนียมที่สกัดได้ (Thomas, 1982; National Soil Survey Center, 1996) ประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน (กองสำรวจดิน, 2523) ประเมินความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกพืชเศรษฐกิจ 7 ชนิด คือ ข้าว ข้าวโพด ปาล์มน้ำมัน ยางพารา หนุ่ย เลี้ยงสัตว์ อ้อย และมันสำปะหลัง โดยพิจารณาจากความต้องการด้านพืช ด้านการจัดการ และด้านอนุรักษ์ ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิ ปริมาณน้ำฝน สภาพการระบายน้ำของดิน ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหาร ความจุในการดูดซับธาตุอาหารของดิน สภาพการกร่อนยังลึกของรากพืช ความเสียหายจากน้ำท่วม ภาวะการชะตกรวม และความลาดชันของพื้นที่ เป็นตัวแทนประกอบในการประเมิน (กองวางแผนการใช้ที่ดิน, 2535; Food and Agriculture Organization, 1984) และจำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน (Sanchez et al., 2003)

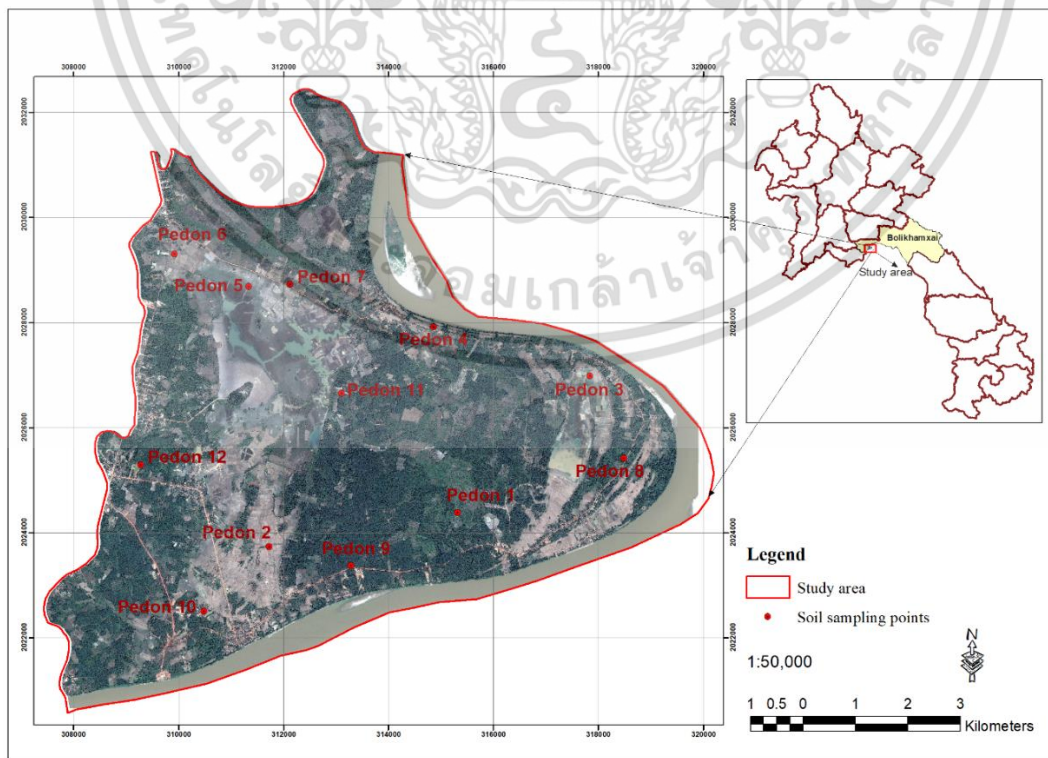


Figure 1 Map of Nam Mang, Thaphabath district, Bolikhamsay province, Lao PDR and soil sampling sites.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1 Soil sampling coordinate, slope class, landform, parent material, and land use of the study areas.

Site	Coordinate (UTM, WGS84)			Slope class	Landform	Parent material	Land use
	Zone	X	Y				
Pedon 1	48Q	315319	2024381	Undulating	Low terrace	Alluvium	Para rubber
Pedon 2	48Q	311910	2023481	Nearly level	Low terrace	Alluvium	Paddy field
Pedon 3	48Q	317849	2026983	Nearly level	Old levee	Alluvium	Paddy field
Pedon 4	48Q	314861	2027914	Nearly level	Old levee	Alluvium	Paddy field
Pedon 5	48Q	311338	2028684	Nearly level	Flood plain	Alluvium	Paddy field
Pedon 6	48Q	309927	2029304	Nearly level	Low terrace	Alluvium	Paddy field
Pedon 7	48Q	312126	2028727	Nearly level	Low terrace	Alluvium	Paddy field
Pedon 8	48Q	312084	2022535	Nearly level	Old levee	Alluvium	Para rubber
Pedon 9	48Q	318491	2025410	Nearly level	Old levee	Alluvium	Para rubber
Pedon 10	48Q	310486	2022503	Undulating	Middle terrace	Alluvium	Para rubber
Pedon 11	48Q	313112	2026651	Nearly level	Low terrace	Alluvium	Fallow
Pedon 12	48Q	309283	2025291	Undulating	High terrace	Alluvium	Para rubber

ผลการศึกษาและวิจารณ์

สภาพแวดล้อมและสัณฐานวิทยาสนามของดิน

พื้นที่น้ำมิ่ง มีเนื้อที่ทั้งหมด 7,932.93 ตารางกิโลเมตร หรือ 4,958,081 ไร่ เป็นพื้นที่หนึ่งที่สำคัญของเมืองท่าพระบาท เป็นเขตที่มีความหลากหลายทางด้านสภาพพื้นที่ กล่าวคือ มีสภาพพื้นที่เป็นที่ราบ ลูกคลื่นลอนลาด และพื้นที่ลุ่มต่ำ สภาพพื้นที่โดยรวมมีลักษณะลาดต่ำลงมาทางด้านทิศตะวันออกจนถึงแม่น้ำโขง พื้นที่ศึกษามีสภาพภูมิอากาศแบบทุ่งหญ้าสะวันนา (Aw) ตามการจำแนกของระบบแบบ Köppen มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 7 ปีเท่ากับ 3,186.3 มิลลิเมตร โดยฝนจะตกมากช่วงเดือนพฤษภาคมถึงกันยายน อุณหภูมิเฉลี่ย 7 ปีเท่ากับ 21.7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 7 ปีเท่ากับร้อยละ 72 (แผนกสิกรรมและป่าไม้แขวงบริคำไชย, 2559) ลักษณะดินเป็นดินลึกลับมาก วัตถุต้นกำเนิดดินส่วนใหญ่เป็นตะกอนน้ำพา (alluvium) โดยสภาพพื้นที่อยู่บนสัณฐานภูมิประเทศ 3 แบบ คือ 1) ที่ราบน้ำท่วม (floodplain) ได้แก่ พืดอนที่ 3 และ 5 2) ลานตะพักลำน้ำชั้นต่ำ (low alluvial terrace) ได้แก่ พืดอน 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9 และ 11 และ 3) ลานตะพักลำน้ำชั้นกลางและชั้นสูง (middle and high alluvial terraces) ได้แก่ พืดอน 10 และ 12 ดินมีการระบายน้ำเร็วถึงระบายน้ำดี มีการซาบซึมน้ำช้าถึงเร็วมาก สีพื้นของดินเป็นสีน้ำตาล เหลืองจนถึงสีเทา โครงสร้างแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน (subangular blocky structure) ลักษณะของการระบายน้ำ การซาบซึมน้ำ และสีพื้นของดินจะขึ้นอยู่กับตำแหน่งบนสัณฐานภูมิประเทศ

สมบัติทางกายภาพของดิน

เนื้อดินของชั้นดินบนส่วนใหญ่เป็นดินร่วน (loam) ประกอบด้วย พืดอน 1, 2, 6 และ 8 รองลงมาคือเนื้อดินร่วนปนทรายแป้ง (silt loam) ในพืดอน 4, 7 และ 9 และดินร่วนเหนียวปนทราย (sandy clay loam) ในพืดอน 3 และ 5 ดินเหนียวปนทรายแป้ง (silty clay) ในพืดอน 11 และ 12 และเนื้อดินร่วนเหนียว (clay loam) ในพืดอน 10 ตามลำดับ (Figure 2)

สมบัติทางเคมีของดิน

ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของดินในห้องปฏิบัติการแสดงใน Figure 3 พบว่าดินที่ศึกษาทั้งหมดมีค่าพีเอชดินอยู่ในช่วงเป็นกรดรุนแรงถึงกรดปานกลาง (pH 4.0-6.0) ในสภาพค่าพีเอชทั้งในชั้นดินบนและชั้นดินล่างมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ในพืดอน 2 และ 9 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกในพืดอน 3, 4, 5, 7, 11, 12 และมีความแปรปรวนเล็กน้อยในหน้าตัดดิน โดยมีพีเอชไม่กว้างนักในพืดอน 6 และ 10 ส่วนในพืดอน 1 และ 8 มีค่าค่อนข้างคงที่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุมีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงมาก ปริมาณอินทรีย์วัตถุในชั้นดินบน (ชั้น Ap) มีค่าสูงกว่าชั้นดินล่าง (subsoil) และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก เนื่องจากการทับถมของเศษพืชตลอดจนรากพืชที่ขึ้นปกคลุมอยู่บนผิวดิน เมื่อสลายตัวจึงทำให้มีการสะสมอินทรีย์วัตถุในชั้นดินบนมากกว่าชั้นดินล่าง (Virgo and Holmes, 1977) ดินที่ทำการศึกษานี้ส่วนใหญ่มีปริมาณอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำมาก (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2548) ปริมาณไนโตรเจนรวมมีค่าอยู่ในช่วงต่ำมากถึงปานกลาง โดยมีแนวโน้มลดลงตามความลึก และชั้นดินบนมีปริมาณไนโตรเจนรวมสูงกว่าชั้นดินล่างอย่างชัดเจน ยกเว้นพืดอน 5 ที่มีค่าแปรปรวนเล็กน้อย ไม่ว้ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกับปริมาณอินทรีย์วัตถุ (Weil and Brady, 2017) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์มีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงสูงมาก ยกเว้นพืดอน 9 มีปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์สูงกว่าพืดอนอื่น ๆ คืออยู่ในระดับสูงมาก มีค่าอยู่ในพิสัย 207.53 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม อาจเนื่องมาจากการจัดการดินและปุ๋ยในการเพาะปลูกพืช ดินล่างในทุกพืดอนปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำมาก อาจเนื่องมาจากการชะล้างทำให้ธาตุที่มีประจุบวกหายออกไปจากหน้าตัดดินได้ (Sanchez, 1976; Weil and Brady, 2017) ค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินอยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง โดยดินที่ทำการศึกษามีปริมาณดินเหนียวต่ำส่งผลทำให้ดินมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำมาก ส่วนดินที่มีปริมาณดินเหนียวสูงกว่าพืดอนอื่น ได้แก่ ดินในพืดอน 3, 5 และ 10 ดินมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในระดับปานกลาง แต่อย่างไรก็ตามค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดินบนสูงกว่าดินล่างอาจเนื่องมาจากดินบนมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าดินล่าง (Sanchez, 1976) ปริมาณเบสรวมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำมากถึงปานกลาง เบสที่สกัดได้ส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำมาก แสดงว่าดินได้รับอิทธิพลการชะละลายที่รุนแรงพอที่จะเคลื่อนย้ายเบสบางส่วนออกไปจากหน้าตัดดิน (Bloom, 2000; Buol et al., 2011) อัตราร้อยละความอิ่มตัวของดินมีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง (2.12-63.65) ซึ่งพืดอน 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11 และ 12 มีอัตราร้อยละความอิ่มตัวของดินต่ำกว่า 35 แสดงให้เห็นว่าดินในพืดอนนี้มีพัฒนาการค่อนข้างสูงถึงสูงผ่านกระบวนการชะละลายทำให้แคตไอออนที่เป็นเบสเหลืออยู่น้อยในดิน ส่วนพืดอน 3, 4 และ 8 มีอัตราร้อยละความอิ่มตัวของดินสูงกว่า 35 ในดินล่าง แสดงว่ามีการชะละลายไม่มากนักทำให้ดินยังคงมีแคตไอออนที่เป็นเบสเหลืออยู่มาก (Buol et al., 2011) อัตราร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมิเนียมมีค่าอยู่ในพิสัยร้อยละ 3.22-91.52 ในพืดอน 2, 6, 9 และ 10 อัตราร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมิเนียมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึกของชั้นดินชัดเจนที่สุด พืดอน 3 และ 8 มีค่าอยู่ ๆ ลดลงตามความลึกของชั้นดิน พืดอน 4 ค่อนข้างคงที่ และมีความแปรปรวนเล็กน้อยในหน้าตัดดิน ในพืดอน 1, 6, 7 และ 11 มีอัตราร้อยละความอิ่มตัวของอะลูมิเนียมสูงมากกว่า 60 ซึ่งจะทำให้อะลูมิเนียมเป็นพิษ มีผลกระทบต่ออาการเจริญเติบโตของพืช (Sanchez et al., 2003) แต่ก็มีบางพืช เช่น ยางพาราและชา เจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีอะลูมิเนียมมากกว่าร้อยละ 60 (Sanchez and Salinas, 1981) ลักษณะความเป็นพิษของอะลูมิเนียมในพืชแต่ละชนิดนั้นต่างกัน อย่างไรก็ตามอาการที่แสดงเหมือนกันทุกพืชคือ หยาด สั้น ขาดการพัฒนาของราก ปลายรากหนาและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล พืชไม่มีรากขนอ่อน ดังนั้นจึงมีผลกระทบต่อการดูดน้ำและธาตุอาหารของพืช

การจำแนกดิน

จากผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา สมบัติทางกายภาพ และสมบัติทางเคมีของดินที่ทำการศึกษาทั้ง 12 พืดอน (Figure 2, 3) สามารถจำแนกดินที่ทำการศึกษาระบบอนุกรมวิธานดิน (Soil Taxonomy) (Soil Survey Staff, 2014) ออกเป็น 2 อันดับ ประกอบด้วย แอลฟิซอลส์ (Alfisol) มี 3 บริเวณ คือ พืดอน 3, 4 และ 8 และอัลทิซอลส์ (Ultisol) มี 9 บริเวณ คือ พืดอน 1, 2, 5, 6, 7, 9, 10, 11 และ 12 โดยชั้นอนุกรมวิธานของดินทั้ง 12 พืดอน มีดังนี้

- พืดอน 1 Typic Paleaquult, fine-silty, kaolinitic, isohyperthermic
- พืดอน 2 Typic Kandiaquult, fine-silty, kaolinitic, isohyperthermic
- พืดอน 3 Typic Endoaqualf, fine, mixed, subactive, isohyperthermic
- พืดอน 4 Ultic Hapludalf, fine-silty, mixed, active, isohyperthermic
- พืดอน 5 Typic Plinthaquult, fine, mixed, subactive, isohyperthermic
- พืดอน 6 Typic Plinthudult, fine-silty, kaolinitic, isohyperthermic
- พืดอน 7 Typic Plinthudult, fine-silty, mixed, subactive, isohyperthermic
- พืดอน 8 Ultic Hapludalf, fine-silty, mixed, subactive, isohyperthermic
- พืดอน 9 Typic Paleudult, fine-silty, mixed, subactive, isohyperthermic
- พืดอน 10 Typic Plinthudult, clayey-skeletal, kaolinitic, isohyperthermic
- พืดอน 11 และ 12 Typic Paleudult, fine-silty, kaolinitic, isohyperthermic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

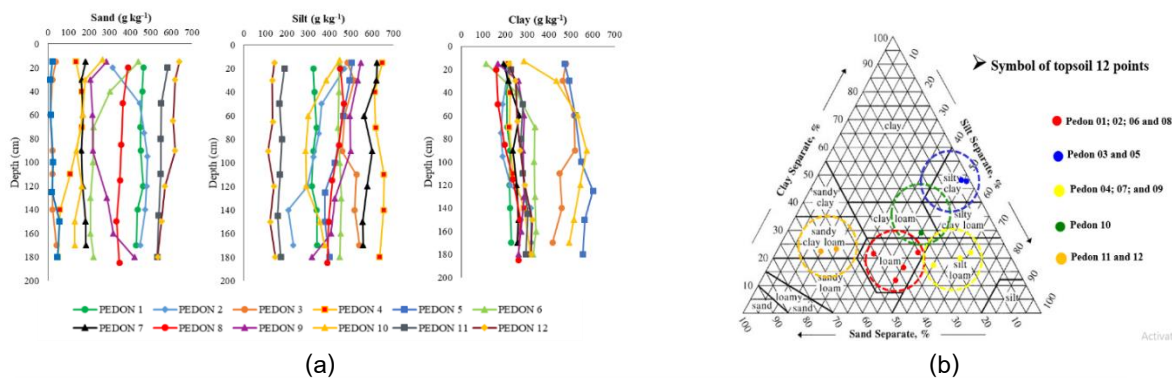


Figure 2 The depth functions of sand, silt, and clay content (a) and soil textural class (b) of the soils.

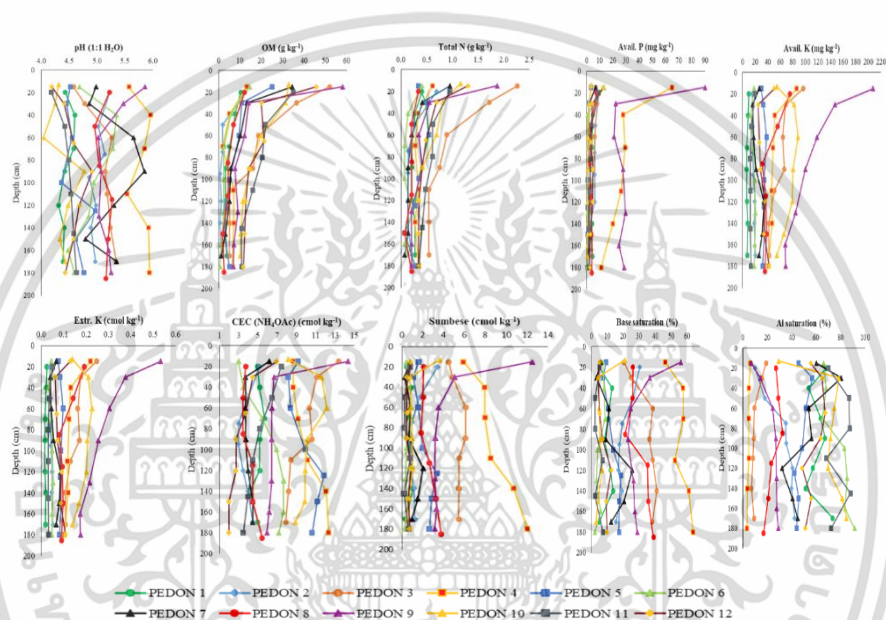


Figure 3 The depth function of chemical properties of the study soils.

การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน

การประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน โดยใช้ผลการวิเคราะห์ทางเคมีของดิน ได้แก่ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน และอัตราร้อยละความอิ่มตัวเบส เป็นตัวชี้วัดหลักในการจำแนก (กองสำรวจดิน, 2523) พบว่า ในชั้นดินบนและชั้นดินล่างของดินส่วนมากมีความอุดมสมบูรณ์ในระดับต่ำ ยกเว้นพีดอน 3 และ 4 มีความอุดมสมบูรณ์ในระดับปานกลาง และพีดอน 9 มีความอุดมสมบูรณ์ในระดับสูงในชั้นดินบน และในระดับปานกลางในชั้นดินล่าง (Table 2) โดยทั่วไปดินในเขตร้อนจะเป็นดินที่มีพัฒนาการสูง มีการชะละลายของธาตุอาหารต่าง ๆ ในดินสูง อัตราการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วในสภาพอากาศร้อนชื้น ทำให้ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (Sanchez, 1976)

การจำแนกสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน

จากผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของดินในพื้นที่น้ำมั่ง ทั้ง 12 พีดอน ที่แสดงใน Table 3 เป็นตัวชี้วัดหลักในการจำแนก พบว่าสามารถจำแนกหน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดิน fertility capability classification (FCC) ได้ 11 หน่วย และสามารถจำแนกเป็น 5 กลุ่มที่มีข้อจำกัดที่ใกล้เคียงกัน คือ

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย พีดอน 9 (L) ความหมายคือ L = ดินบนและดินล่างเป็นดินร่วน ดินไม่มีข้อจำกัด มีความเหมาะสมอย่างมากในการปลูกพืชต่าง ๆ

กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย พีดอน 3 และ 5 มีข้อจำกัด (Cgke) ความหมายคือ C = ดินบนและดินล่างเป็นดินเหนียว มีน้ำขังในช่วงหนึ่งของปี (g) มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ต่ำ (<0.20 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (k) ดินมีโอกาสสูญเสียธาตุอาหารพืช โดยกระบวนการชะละลาย (leaching) ได้ง่าย ดินมีปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ต่ำ (<7 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (e)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุใดเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มที่ 3 ประกอบด้วย พีดอน 10 มีข้อจำกัด (LCr⁺ke) ความหมายคือ LC = ชั้นดินบนเป็นดินร่วน ส่วนชั้นดินล่างเป็นดินเหนียว ดินมีปริมาณกรวดร้อยละ 10-35 (r⁺) ดินมีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ต่ำ (<0.20 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (k) ดินมีโอกาสสูญเสียธาตุอาหารพืชโดยกระบวนการชะละลาย (leaching) ได้ง่าย ดินมีปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ต่ำ (<7 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (e)

กลุ่มที่ 4 ประกอบด้วย พีดอน 4, 6, 7, 8, 11 และ 12 มีข้อจำกัด (Lakem) ความหมายคือ L = ดินบนและดินล่างเป็นดินร่วน ดินมีปริมาณอะลูมิเนียมที่เป็นพิษ (a) มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ต่ำ (<0.20 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (k) ดินมีโอกาสสูญเสียธาตุอาหารพืชโดยกระบวนการชะละลายได้ง่าย ดินมีปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ต่ำ (<7 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (e) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำมาก (m) คือมีปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยกว่า 15 กรัมต่อกิโลกรัม

กลุ่มที่ 5 ประกอบด้วย พีดอน 1 และ 2 มีข้อจำกัด (Lgakem) ความหมายคือ L = ดินบนและดินล่างเป็นดินร่วน มีน้ำขังในช่วงหนึ่งของปี (g) ดินมีปริมาณอะลูมิเนียมที่เป็นพิษ (a) มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ต่ำ (<0.20 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (k) ดินมีโอกาสสูญเสียธาตุอาหารพืชโดยกระบวนการชะละลายได้ง่ายเพราะดินมีปริมาณเบสรวมที่สกัดได้ต่ำ (<7 เซนติโมลต่อกิโลกรัม) (e) ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำมาก (m) คือมีปริมาณอินทรีย์วัตถุน้อยกว่า 15 กรัมต่อกิโลกรัม

Table 2 Soil fertility level estimated by some soil chemical properties.

Site	Soil depth (cm)	OM (g/kg)	Avail. P (mg/kg)	Avail. K (mg/kg)	CEC (cmol/kg)	BS (%)	Total Scores	Soil fertility level
Pedon 1	0-30	9.54 (1)	4.42 (1)	9.36 (1)	5.02 (1)	7.68 (1)	(5)	Low
	30-100	4.74 (1)	3.02 (1)	6.90 (1)	5.38 (1)	10.37 (1)	(5)	Low
Pedon 2	0-30	8.75 (1)	8.44 (1)	15.49 (1)	4.78 (1)	28.75 (1)	(5)	Low
	30-100	1.45 (1)	6.18 (1)	16.65 (1)	3.17 (1)	19.60 (1)	(5)	Low
Pedon 3	0-30	44.21 (3)	7.31 (1)	82.35 (2)	12.25 (2)	22.62 (1)	(9)	Medium
	30-100	15.55 (2)	5.22 (1)	62.98 (2)	10.18 (2)	37.49 (2)	(9)	Medium
Pedon 4	0-30	9.24 (1)	46.38 (3)	68.42 (2)	8.64 (1)	51.86 (2)	(9)	Medium
	30-100	4.59 (1)	27.70 (3)	48.00 (1)	9.44 (1)	55.43 (2)	(8)	Medium
Pedon 5	0-30	17.95 (2)	2.53 (1)	31.15 (1)	8.65 (1)	8.31 (1)	(6)	Low
	30-100	7.05 (1)	0.95 (1)	35.82 (1)	9.24 (1)	12.16 (1)	(5)	Low
Pedon 6	0-30	10.16 (1)	7.00 (1)	15.15 (1)	3.22 (1)	7.59 (1)	(5)	Low
	30-100	3.28 (1)	1.75 (1)	9.52 (1)	2.90 (1)	5.13 (1)	(5)	Low
Pedon 7	0-30	23.86 (2)	4.37 (1)	21.13 (1)	4.93 (1)	4.63 (1)	(6)	Low
	30-100	7.54 (1)	1.19 (1)	21.31 (1)	3.75 (1)	12.23 (1)	(5)	Low
Pedon 8	0-30	10.48 (1)	5.88 (1)	68.57 (2)	3.63 (1)	25.95 (1)	(6)	Low
	30-100	4.86 (1)	2.67 (1)	36.76 (1)	3.70 (1)	25.43 (1)	(5)	Low
Pedon 9	0-30	36.08 (3)	55.98 (3)	177.10 (3)	10.50 (2)	46.32 (2)	(13)	High
	30-100	9.79 (1)	25.00 (2)	105.48 (3)	6.42 (1)	24.10 (1)	(8)	Medium
Pedon 10	0-30	31.91 (2)	2.49 (1)	70.04 (2)	10.10 (2)	11.38 (1)	(8)	Medium
	30-100	16.42 (2)	0.96 (1)	83.43 (2)	10.95 (2)	5.26 (1)	(8)	Medium
Pedon 11	0-30	30.63 (2)	7.21 (1)	17.51 (1)	7.09 (1)	4.20 (1)	(6)	Low
	30-100	19.14 (2)	2.91 (1)	12.39 (1)	5.14 (1)	3.82 (1)	(6)	Low
Pedon 12	0-30	32.89 (2)	8.41 (1)	37.40 (1)	5.68 (1)	4.67 (1)	(6)	Low
	30-100	17.53 (2)	3.97 (1)	28.47 (1)	3.21 (1)	6.87 (1)	(6)	Low

Remarks: OM = organic matter; Avail. P = available phosphorus, Avail. K = available potassium, CEC = cation exchange capacity, BS = base saturation.

Scoring is used for the assessment of fertility level (the score is presented in blanket within the table).

Score ≤7 = fertility level is low, 8-12 = fertility level is moderate, ≥13 = fertility level is high.

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารเกษตรพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยลิขสิทธิ์ของเอกสารฉบับนี้สงวนไว้เพื่อประโยชน์ในการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 3 Fertility capability classification (FCC) of the soils in study area.

Site	Horizon	Soil Texture	Depth of Ap	Gravel Content (%)	Organic matter (g/kg)	Extractable K (cmol/kg)	Sum bases (cmol/kg)	AI saturation (%)	FCC Unit
Pedon 1	Topsoil	Loamy	0-20	0.01	9.54	0.02	0.47	68.22	Lgakem
	Subsoil	Loamy							
Pedon 2	Topsoil	Loamy	0-20	0.00	8.75	0.04	3.39	9.84	Lgkem
	Subsoil	Loamy							
Pedon 3	Topsoil	Clayey	0-15	0.00	44.21	0.25	4.51	18.97	Cge
	Subsoil	Clayey							
Pedon 4	Topsoil	Loamy	0-15	0.09	9.24	0.22	5.90	6.11	Lem
	Subsoil	Loamy							
Pedon 5	Topsoil	Clayey	0-15	0.17	17.95	0.08	1.60	45.70	Cgke
	Subsoil	Clayey							
Pedon 6	Topsoil	Loamy	0-20	1.60	10.16	0.05	0.46	66.05	Lakem
	Subsoil	Loamy							
Pedon 7	Topsoil	Loamy	0-20	0.06	23.86	0.07	0.77	60.01	Lake
	Subsoil	Loamy							
Pedon 8	Topsoil	Loamy	0-15	0.02	10.48	0.19	2.08	27.09	Lkem
	Subsoil	Loamy							
Pedon 9	Topsoil	Loamy	0-15	0.03	36.08	0.53	12.51	6.94	L
	Subsoil	Loamy							
Pedon 10	Topsoil	Loamy	0-15	10.12	31.91	0.14	3.63	29.31	LCr ⁺ ke
	Subsoil	Clayey							
Pedon 11	Topsoil	Loamy	0-15	0.00	30.63	0.05	0.80	70.00	Lake
	Subsoil	Loamy							
Pedon 12	Topsoil	Loamy	0-13	6.38	32.89	0.13	0.85	55.48	Lke
	Subsoil	Loamy							

Remarks: Topsoil = Ap or 0-20 cm, subsoil = horizon under Ap or 20-60 cm depth interval, L = loamy, C = clayey, g = aquic soil moisture regime (waterlogging (gley): anaerobic condition), a = AI saturation >%60, r = %gravel = 10-35%, k = Extr. K <0.20 cmol/kg, e = sum of cations at pH 7 <7 cmol/kg soil, m = %organic matter <15 g/kg.

การประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ

ในการศึกษานี้ได้ทำการจำแนกความเหมาะสมของดินเพื่อการเกษตรในพื้นที่ศึกษาต่อพืช 7 ชนิด คือ ข้าว ข้าวโพด ปลายน้ำมัน ยางพารา หญ้าเลี้ยงสัตว์ อ้อย และมันสำปะหลัง (บัณฑิต ต้นศิริ และคำรณ ไทรพิง, 2542) และผลการประเมินความเหมาะสมของที่ดินต่อการปลูกพืชทั้ง 7 ชนิดในพื้นที่ศึกษา (Table 4) พบว่า

ข้าว พบว่า พืดอน 1, 2, 4, 7, 8, 9 และ 11 มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง (S2) พืดอน 3, 5, 6 และ 10 มีความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) และ พืดอน 12 ไม่มีความเหมาะสม (N)

ข้าวโพด ปลายน้ำมัน ยางพารา และการปลูกหญ้าเลี้ยงสัตว์ พบว่า พืดอน 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 และ 12 มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง (S2) พืดอน 3 และ 5 ไม่มีความเหมาะสม (N)

อ้อยและมันสำปะหลัง พบว่า พืดอน 1, 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11 และ 12 มีความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) พืดอน 3 และ 5 ไม่มีความเหมาะสม (N)

สำหรับพืดอน 3 และ 5 ไม่มีความเหมาะสมสำหรับการปลูกพืช (N) เนื่องด้วยข้อจำกัดในเรื่องการขังน้ำ ซึ่งพบได้ตั้งแต่ผิวน้ำดิน ยกเว้นการปลูกข้าวมีความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) จากการจำแนกความเหมาะสมของที่ดินตามเกณฑ์ความต้องการไม่วารณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของพืช พบว่า ดินมีความเหมาะสมในการปลูกพืชในระดับปานกลาง เล็กน้อย และไม่มีความเหมาะสม ทั้งนี้ความเหมาะสมของดินที่ประเมินอยู่ในชั้นความเหมาะสมเล็กน้อย จะมีข้อจำกัดทางด้านความเสียหายจากน้ำท่วม (f) ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (o) ด้านความชุ่มชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (m) ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน (s) ความจุในการดูดซับธาตุอาหาร (n) และในบางบริเวณมีข้อจำกัดด้านการหยั่งลึกของรากพืช (r) ซึ่งมีความแตกต่างในชั้นความเหมาะสมระดับปานกลางเพียงเล็กน้อยที่ไม่มีข้อจำกัดทางด้านความเสียหายจากน้ำท่วม (f)

Table 4 Soil suitability for paddy rice, corn, sugarcane, cassava, oil palm, para rubber, and pasture.

Site	Land suitability level						
	Paddy rice	Corn	Sugarcane	Cassava	Oil palm	Rubber tree	Pasture
Pedon 1	S2osn	S2osn	S3m	S3m	S2msn	S2omsn	S2osn
Pedon 2	S2osn	S2osn	S3m	S3m	S2msn	S2omsn	S2osn
Pedon 3	S3f	N	N	N	N	N	N
Pedon 4	S2on	S2on	S3m	S3m	S2mn	S2omn	S2on
Pedon 5	S3f	N	N	N	N	N	N
Pedon 6	S3osn	S2osn	S3m	S3m	S2msn	S3omsn	S2osn
Pedon 7	S2osn	S2osn	S3m	S3m	S2msn	S2omsn	S2osn
Pedon 8	S2osn	S2osn	S3m	S3m	S2msn	S2omsn	S2osn
Pedon 9	S2on	S2on	S3m	S3m	S2mn	S2omn	S2on
Pedon 10	S3o	S2snr	S3m	S3m	S2msnr	S2msnr	S2snr
Pedon 11	S2osn	S2osn	S3m	S3m	S2msn	S2omsn	S2osn
Pedon 12	N	S2sn	S3m	S3m	S2msn	S2msn	S2sn

Remarks: Land suitability level: S1 = very suitable, S2 = moderately suitable, S3 = marginally suitable, N = not suitable.
 Limitation: o = oxygen availability, m = moisture availability, S = nutrient availability, n = nutrient retention, r = rooting condition.

สรุปผลการศึกษา

ดินในพื้นที่น้ำมั่ง เมื่อทำพระบาท แขวงบอลิคำไซ (สปป.ลาว) เป็นดินร่วน ดินมีปฏิกิริยาดิน (pH) เป็นกรดรุนแรงถึงกรดปานกลาง มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่สกัดได้ ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน และคาร์บอนความอิ่มตัวของเบสอยู่ในระดับต่ำ ดินที่ทำการศึกษาคจัดอยู่ในกลุ่มดินย่อย Typic Plinthaquult, Typic Plinthudult, Typic Kandiaquult, Typic Paleaqualis, Typic Paleudult, Typic Endoaqualf และ Ultic Hapludalf ดินส่วนมากมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับต่ำ มีหน่วยสมรรถนะความอุดมสมบูรณ์ของดินจำแนกเป็น Lgakem, Lgkem, Cge, Cgke, Lakem, Lake, Lkem, Lke, Lem, L และ LCr'ke ดินส่วนใหญ่มีข้อจำกัดเรื่องความเป็นพิษจากอะลูมิเนียม (a) ดินมีการขังน้ำ (g) ขาดโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (k) ดินมีโอกาสสูญเสียธาตุอาหารพืชโดยกระบวนการชะละลายได้ง่าย (e) ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำมาก (m) และในบางบริเวณเป็นดินตื้น (r⁺) แต่พบไม่มาก ดินส่วนใหญ่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชไร่และไม่ยืนต้นในระดับปานกลาง (S2) มีบางบริเวณที่เหมาะสมสำหรับการปลูกเล็กน้อย (S3) และในพื้นที่ 3 และ 5 ไม่เหมาะสม (N) สำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจใดเนื่องด้วยมีข้อจำกัดในเรื่องการขังน้ำ ยกเว้นการปลูกข้าวมีความเหมาะสมเล็กน้อย (S3) ลักษณะดินในพื้นที่โดยส่วนใหญ่มีศักยภาพต่ำถึงปานกลางในการใช้ที่ดินเพื่อการปลูกพืช โดยมีข้อจำกัด คือ ความเสียหายจากน้ำท่วม (f) ความเป็นประโยชน์ของออกซิเจนต่อรากพืช (o) ในพื้นที่ลุ่ม และด้านความชุ่มชื้นที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (m) ในพื้นที่ดอน นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดเรื่องความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดิน (s) ความจุในการดูดซับธาตุอาหาร (n) ต่ำร่วมด้วย และมีบางบริเวณพบข้อจำกัดด้านการหยั่งลึกของรากพืช (r) ดังนั้นจึงควรมีการจัดการดินในด้านความอุดมสมบูรณ์เพื่อยกระดับผลผลิต เช่น การเพิ่มอินทรีย์วัตถุให้กับดิน โดยการใส่ปุ๋ยคอก ปุ๋ยหมัก หรือปุ๋ยพืชสด เพื่อเพิ่มการดูดซับน้ำและธาตุอาหารพืชไว้ในดินให้ได้นานขึ้น และอินทรีย์วัตถุยังทำให้ดินร่วนซุยดี ซึ่งจะช่วยเพิ่มความสามารถในการเจริญเติบโตของพืชที่ปลูก ในบริเวณดินที่เป็นกรด (มีค่า pH ต่ำ) ควรมีการใส่ปูนเพื่อยกกรดระดับค่า (pH) ของดิน สำหรับพื้นที่ที่มีปัญหาในเรื่องน้ำท่วมขังควรใช้ปลูกข้าว และในฤดูแล้งอาจใช้ปลูกพืชอายุสั้นได้ เช่น ปลูกพืชผักต่าง ๆ ปลูกถั่วชนิดต่าง ๆ ปลูกแตง หรือใช้ที่ดินตามความเป็นจริงของพื้นที่ดังกล่าว ส่วนพื้นที่ดอนควรใช้ปลูกพืชไร่ เช่น ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง และ

หญ้าเลี้ยงสัตว์ หรือใช้ปลูกไม้ยืนต้น ไม้ผล และการใช้ที่ดินในพื้นที่เหล่านี้ต้องมีวิธีการที่เหมาะสมในการจัดการดิน การปลูกพืช ควรใช้ปุ๋ยครบสูตร และถูกต้องตามความต้องการของพืชแต่ละชนิด เพื่อให้การใช้ที่ดินในบริเวณดังกล่าวมีประสิทธิภาพ และ ประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- กองวางแผนการใช้ที่ดิน. 2535. *คู่มือการวิเคราะห์การใช้ที่ดิน*. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กองสำรวจดิน. 2523. *คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ*. เอกสารวิชาการเล่มที่ 28. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. *ปฐพีวิทยาเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- บัณฑิต ต้นศิริ และคำรณ ไทรพิง. 2542. *การประเมินคุณภาพที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ*. กรุงเทพฯ: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- แผนกกลไกกรรมและป่าไม้แขวงบริคำไช. 2559. *บทสรุปการจัดตั้งปฏิบัติแผนพัฒนาการกลไกกรรม และ ป่าไม้ ประจำปี 2015-2016 และทิศทางแผนการประจำปี 2016-2017*. ปากซัน: แผนกกลไกกรรมและป่าไม้แขวงบริคำไช กระทรวงกลไกกรรมและป่าไม้. (ภาษาลาว).
- ศูนย์ค้นคว้าที่ดินกลไกกรรม. 2551. *ผลการสำรวจ กำหนดแบ่งเขตการผลิตกะสิแก้ว และป่าไม้เมืองท่าพระบาท แขวงบอลิคำไซ ถึง ปี 2563*. เมืองท่าพระบาท: ห้องการกลไกกรรมและป่าไม้เมืองท่าพระบาท แผนกกลไกกรรมและป่าไม้แขวงบริคำไช กระทรวงกลไกกรรมและป่าไม้. (ภาษาลาว).
- ศูนย์สำรวจและแบ่งเขตดินกลไกกรรม. 2536. *การสำรวจและแบ่งเขตดินกลไกกรรม แขวงบอลิคำไซ*. กรมปลูกฝิ่ง กระทรวงกลไกกรรมและป่าไม้. (ภาษาลาว).
- เจิบ เขียวรัตน์มณ. 2552. *คู่มือปฏิบัติการ การสำรวจดิน*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Bloom, P. R. 2000. Soil pH and pH buffering. In *Handbook of Soil Science*, M. E. Sumner, ed. pp. B333-B352. Florida: CRC Press LLC.
- Bray, R. H., and Kurtz, L. T. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science* 59: 39-45.
- Buol, S. W., Southard, R. J., Graham, R. C., and McDaniel, P. A. 2011. *Soil Genesis and Classification*, 6th ed. Chichester: John Wiley & Sons.
- Chapman, H. D. 1965. Cation-exchange capacity. In *Methods of Soil Analysis. Part II Chemical and Microbiological Properties, Agronomy No.9.*, C. A. Black, ed. pp 891-901. Madison, Wisconsin: America Society of Agronomy.
- Food and Agriculture Organization. 1984. *Guidelines: land evaluation for forestry. Forestry Paper 48*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Gee, G. W. and Bauder, J. W. 1986. Particle-sized analysis. In *Methods of Soil Analysis. Part I Physical and Mineralogical Methods, Agronomy No.9, 2nd Edition*, A. Klute, ed. pp. 383-411. Madison, Wisconsin: America Society of Agronomy.
- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., and Nelson, W. L. 2005. *Soil fertility and fertilizer: an introduction to nutrient management*. 7th ed. New Jersey: Pearson Educational.
- National Soil Survey Center. 1996. *Soil survey laboratory methods manual*. Soil Survey Investigations Report No. 42, Version 3.0. Washington, D.C.: United States Department of Agriculture, United States Government Printing Office.
- Pratt, P. F. 1965. Potassium. In *Methods of Soil Analysis. Part II Chemical and Microbiological Properties, Agronomy No.9.*, C. A. Black, ed. pp 1022-1030. Madison, Wisconsin: America Society of Agronomy.
- Sanchez, P. A. 1976. *Properties and management of soil in the tropics*. New York: John Wiley & Sons.
- Sanchez, P. A., Palm, C. A., and Buol, S. W. 2003. Fertility capability soil classification: a tool to help assess soil quality in the tropics. *Geoderma* 114: 157-185.
- Sanchez, P. A., and Salinas, J. G. 1981. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in Tropical America. *Advances in Agronomy* 34: 279-406.
- Soil Science Division Staff. 2017. *Soil survey manual, agriculture handbook No. 18*. Washington, D.C.: Government Printing Office.
- Soil Survey Staff. 2014. *Keys to soil taxonomy*, 12th ed. Washington, D.C.: Government Printing Office.
- Thomas, G. W. 1982. Exchange cations. In *Methods of Soil Analysis. Part II, Agronomy No.9, 2nd Edition*, A. L. Page, ed. pp. 159-165. Madison, Wisconsin: America Society of Agronomy.
- Virgo, K. J., and Holmes, D. A. 1977. Soils and landform features of mountainous terrain in South Thailand. *Geoderma* 18(3): 207-225.
- Weil, R. R., and Brady, N. C. 2017. *The nature and properties of soils*. 15th ed. New Jersey: Pearson Education.

วันรับบทความ (Received date) : 8 ส.ค. 62

วันแก้ไขบทความ (Revised date) : 11 พ.ย. 62

วันตอบรับบทความ (Accepted date) : 14 พ.ย. 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้