

ความอุดมสมบูรณ์และศักยภาพของดินปลูกยางพาราในพื้นที่ อำเภอพระยืน จังหวัดขอนแก่น

Fertility and potential of soils under rubber plantation in Pra Yuen district area, Khonkaen province

ศรัทธา บุญรอด¹, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม^{1*}, วันเพ็ญ วิริยะกิจนทีกุล², อัญชลี สุทธิประการ¹

และ Claude Hammecker³

Sattha Boonrawd¹, Somchai Anusontpornperm^{1*}, Wanpen Wiriakitnatekul²,

Anchalee Suddhiprakarn¹ and Claude Hammecker³

บทคัดย่อ: การศึกษาความอุดมสมบูรณ์และศักยภาพของดินในพื้นที่ปลูกยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ที่มีอายุ 5 ปี ดำเนินการที่บ้านโนนตุ่น ตำบลหนองแวง อำเภอพระยืน จังหวัดขอนแก่น จำนวน 5 หน้าตัดดิน โดยเก็บตามลำดับภูมิประเทศ ซึ่งได้แก่ PY-1 ถึง PY-5 เพื่อตรวจสอบสมบัติทางกายภาพ เคมี และข้อจำกัดทางดินเพื่อประเมินความเหมาะสมสำหรับยางพารา ผลการศึกษา พบว่า ดินบนมีเนื้อดินเป็นทรายถึงร่วนทรายปนที่มีอนุภาคขนาดทรายเป็นอนุภาคหลัก พบในพิสัย 841-914 ก./กก. มีความหนาแน่นรวมค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง (1.38-1.54 เมกะกรัม/ม.³) ชั้นดินตอนล่างของดิน PY-3 และ PY-4 มีความหนาแน่นรวมของดิน (1.6 เมกะกรัม/ม.³) สูงกว่าดินอื่น ดิน PY-5 อยู่ในพื้นที่ส่วนล่างสุดของลำดับภูมิประเทศ พบชั้นดินซึ่งน้ำตั้งแต่ความลึก 112 ซม. ลงไป สมบัติทางเคมี พบว่า ดินมีปฏิกิริยาดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงเป็นกลาง (pH 4.0-6.7) มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำมาก (0.06-0.61 ก./กก.) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำมากถึงต่ำ (0.7-4.4 มก./กก.) ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำมากถึงสูงมาก (8.8-149.4 มก./กก.) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำมากถึงค่อนข้างสูง (1.8-16.0 เซนติโมล/กก.) และร้อยละความอิ่มตัวเบสต่ำถึงสูง (16.0-77.5%) ดินที่ศึกษาทั้งหมดมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับต่ำ ดินส่วนใหญ่จัดอยู่ในชั้นความเหมาะสมขั้นที่ 2 (R-II) หรือมีความเหมาะสมสำหรับยางพาราในระดับต่ำ ส่วนดิน PY-5 อยู่ในชั้นความเหมาะสมระดับ 3 (R-III) หรือไม่เหมาะสมสำหรับปลูกยางพารา ข้อจำกัดหลักของดินที่ศึกษาทั้งหมด ได้แก่ เนื้อดินทราย (s) ความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (n) และการร่อนดินรุนแรง (e) ยกเว้นดิน PY-5 ที่มีข้อจำกัดเพิ่มเติมจากข้างต้น ได้แก่ การขังน้ำในชั้นดินล่าง (d) อัตราการเจริญเติบโตของยางพาราในพื้นที่ศึกษาวัดจากเส้นรอบวงลำต้นที่ความสูง 150 ซม.จากผิวดิน พบอยู่ในพิสัย 16.4-17.5 ซม. น้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำสำหรับการเจริญเติบโตของยางพาราอายุ 5 ปี (36 ซม.) ซึ่งกำหนดโดยสถาบันวิจัยยางกรมวิชาการเกษตร

คำสำคัญ: ยางพารา, การกำหนดลักษณะดิน, การจำแนกดิน, ลำดับภูมิประเทศ, ความสมบูรณ์ของดิน

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok

² สำนักงานวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน กรุงเทพฯ

Office of Science for Land Development, Land Development Department, Bangkok

³ Institut de Recherche Pour le Développement, France

* Corresponding author: somchai.a@ku.ac.th

ABSTRACT: A study on fertility and potential of soils for five-year rubber (RRIM 600 variety) was undertaken at Ban Non Tun, Nong Waeng Subdistrict, Phra Yuen District, Khon Kaen Province. Five soil profiles were collected along topeosequence to examine physical properties, chemical properties and limiting factors for plant growth in order to classify their suitability for growing rubber. Result showed that these soils have sand to loamy sand texture in surface layers dominated by sandy particle size with amounts ranging from 841-914 g/kg and rather low to moderate bulk density (1.38-1.54 Mg m⁻³). Bulk density in subsoils of PY-3 and PY-4 (1.6 Mg m⁻³) are higher than that of other soils. PY-5, located in the lowest position of the topeosequence, is composed of reducing layers within soil profile from 112 cm depth downward. Chemically, they have extremely acid to neutral soil reaction (pH 4.0-6.7), very low organic matter content (0.06-0.61 g/kg), very low to low available phosphorus (0.7-4.4 mg/kg), very low to very high available potassium (8.8-149.4 mg/kg), very low to rather high cation exchange capacity (1.8-16.0 cmolc/kg) and low to high base saturation percentage (16.0-77.5%). Fertility level of all soils is low. Pedons 1-4 are classified into suitability class 2 (R-II), indicating these soils poorly suited for growing rubber while Pedon 5 being in class 3 (R-III). Main limiting factors for the growth of rubber are sandy soils (s), low fertility (n) and erosion (e) in addition with poor drainage in subsoils for Pedon 5. The average growth rate of rubber was assessed by the girth (circumference measured at 150 cm height). It was ranged from 16.4 to 17.5 cm which was smaller than that of the lower limit of standard growth at five years old rubber (36 cm) reported by Rubber Research Institute, Department of Agriculture.

Keywords: rubber, soil characterization, soil classification, topeosequence, soil fertility

บทนำ

ยางพาราสามารถเจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีฝนตกสม่ำเสมอตลอดปี 2,000-2,500 มม. และมีช่วงฝนตก 5-6 เดือน แต่ต้องมีการระบายน้ำดี แม้ว่าปริมาณน้ำฝนจะมากกว่านี้ ต้นยางพาราก็ยังคงเจริญเติบโตได้ดี โดยทั่วไปปริมาณฝนไม่ควรต่ำกว่า 1,250 มม./ปี และควรเป็นบริเวณที่มีการกระจายของฝนดีตลอดทั้งปี อุณหภูมิเฉลี่ยที่พอเหมาะต่อการเจริญเติบโตของต้นยางควรอยู่ระหว่าง 22-30°C ถ้าต่ำกว่า 15°C นานเกินไปจะทำให้การเจริญลดลง (เรวัต, 2547) ยางพาราเป็นพืชยืนต้นมีรากแก้วยังลึกลงไปใต้ดินเพื่อพยุงบ่าต้น จึงต้องการดินที่มีหน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 1 ม. (กองส่งเสริมพืชสวน, 2540) และควรมีระดับน้ำใต้ดินต่ำกว่า 1 ม. ดินที่ใช้ปลูกยางพาราควรมีเนื้อดินในพิสัยตั้งแต่เป็นดินเหนียวถึงดินร่วนปนทราย มีโครงสร้างดินแบบก้อนเหลี่ยมมุมมน ทำให้ดินสามารถระบายน้ำและอากาศถ่ายเทได้สะดวก และสามารถอุ้มน้ำได้ดี เพื่อให้รากยางสามารถดูดใช้ธาตุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (เวท และ สมยศ, 2523; สุทัศน์ และ สมยศ, 2542)

ด้านความอุดมสมบูรณ์ของดิน ยางพาราชอบดินที่เป็นกรด ระดับ pH อยู่ระหว่าง 4.0-5.5 แต่จะเป็นผลดีถ้ามีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงในกรณีที่ดินเป็นกรดจัด

เพราะจะช่วยลดความเป็นพิษของธาตุอะลูมิเนียมและแมงกานีส (พูนพล, 2542; นุชนารถ, 2547) ซึ่งปริมาณอินทรีย์วัตถุถูกนำมาใช้ในการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดิน รวมทั้งยังมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ และค่าร้อยละความอิ่มตัวเบส (กองสำรวจดิน, 2523) ยางพาราสามารถปรับตัวได้ดีในสภาพดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งพื้นที่ปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีระดับความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลางเท่านั้น (บำรุง, 2543) เนื่องจากการปลูกยางพาราจะมีปัญหาด้านกายภาพมากกว่าทางเคมี หากดินมีเนื้อเป็นทรายจัดมากเกินไป โครงสร้างดินเลว ทำให้ต้นยางล้มได้ง่ายในฤดูฝนและจะขาดความชื้นในฤดูแล้ง (เพ็ญศรี 2546) เนื่องจากรัฐบาลมีโครงการส่งเสริมการปลูกยางพารา ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 700,000 ไร่ (สถาบันวิจัยยาง, 2550) แต่ยังคงมีการศึกษาลักษณะดินที่เหมาะสมต่อการปลูกยางพาราในภาคนี้อยู่น้อยมาก ดังนั้น การศึกษาศักยภาพของดินสำหรับยางพาราในพื้นที่อำเภอพระยีนี จึงดำเนินการเพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงและแก้ไขข้อจำกัดทางดินอย่างเหมาะสม และเป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจของเกษตรกรเพื่อการปลูกยางพาราในพื้นที่ที่มีลักษณะดินคล้ายคลึงกับดินที่ทำการศึกษา

วิธีการศึกษา

สถานที่ทำการศึกษา

พื้นที่ปลูกยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ของเกษตรกรบ้านโนนตุน ตำบลหนองแขวง อำเภอพระยืน จังหวัดขอนแก่น ทำการเก็บตัวอย่างดินตามชั้นการกำเนิดดินจำนวน 5 หน้าตัดดิน ตามลำดับภูมิประเทศ (PY 1-5) ดังแสดงใน Figure 1

วิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของดิน

โดยวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐาน เพื่อใช้ในการจำแนกดินตามระบบอนุกรมวิธานดิน และการประเมินความเหมาะสมของที่ดิน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยใช้หลักเกณฑ์กรมพัฒนาที่ดิน (กองสำรวจดิน, 2523) โดยใช้ผลวิเคราะห์ทางเคมีของดิน ที่ความลึก 0-30 ซม. และความลึกช่วง 30-100 ซม. และทำการประเมินศักยภาพของดินสำหรับการปลูกยางพาราโดยใช้หลักเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน (กองสำรวจ, 2523) และอัตรา

การเจริญเติบโตของต้นยางพาราที่มีอายุ 5 ปี โดยวัดเส้นรอบวงของต้นยางพาราที่ความสูงจากพื้นดิน 1.50 ม. เปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานการเจริญเติบโตของต้นยางพาราที่กำหนดโดยสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร (สถาบันวิจัยยาง, 2550)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ลักษณะทั่วไปของดินปลูกยางพาราในพื้นที่ศึกษา

ดินที่ศึกษามีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นตะกอนล้าวง ผิวดินทับถมวัสดุตกค้างของหินทราย ดินมีเนื้อหยาบ การระบายน้ำดี การซาดซึมน้ำเร็ว เกิดการกร่อนดินอยู่ในระดับปานกลาง (PY-4 และ PY-5) ถึงรุนแรง (PY-1, PY-2 และ PY-3) การไหลบ่าของน้ำปานกลาง สภาพพื้นที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดที่มีความชัน 2-5% ภูมิอากาศแบบ Tropical savanna อุณหภูมิเฉลี่ย 22.3-32.6°C ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,531.1 มม./ปี

ดินบนหนาดั้งแต่ 15-30 ซม. ดินที่พบในตอนบนของลำดับภูมิประเทศ คือ PY-1, PY-2 และ PY-3 มีความลึกของหน้าตัดดิน 80, 120 และ 160 ซม. ตามลำดับ ส่วนดินในพื้นที่ตอนล่าง (PY-4 และ PY-5) ดินมี

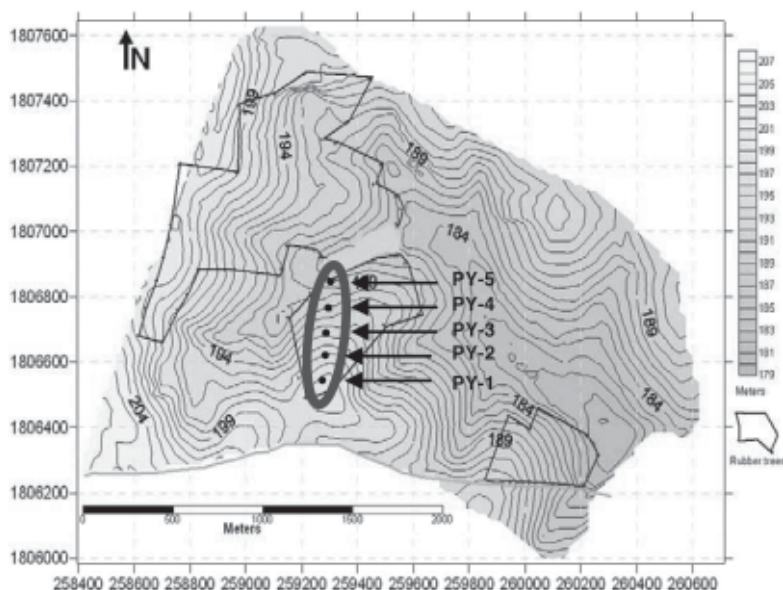


Figure 1 Map of studied site at Ban Non Tun, Pra Yuen district, Khon Kaen province.

ความลึกมากกว่า 200 ซม. (Table 1) นอกจากนี้ดิน PY-1 และ PY-2 ยังพบชั้นหินผุดันกำเนิดที่ความลึก 62 และ 120 ซม. ตามลำดับ ซึ่งชั้นดังกล่าวอาจจะเป็นปัญหาต่อการขนถ่ายของรากยางพาราเมื่อพืชมีอายุมากขึ้น ดินที่ศึกษาสามารถจำแนกอยู่ในกลุ่มดินย่อยได้เป็น Typic Haplustult (PY-1), Arenic Paleustult (PY-2, PY-3 และ PY-4) และ Typic Paleustult (PY-5) (Soil Survey Staff, 1999)

สมบัติทางกายภาพของดิน

การกระจายขนาดของอนุภาคในชั้นดินต่างๆ ของดินที่ศึกษาตามความลึก (Figure 2) พบว่า ดินที่ระดับความลึก 0-50 ซม. ของทุกหน้าตัดดินมีเนื้อดิน

เป็นทรายถึงร่วนทราย โดยมีปริมาณอนุภาคขนาดทรายเป็นอนุภาคหลักที่มีปริมาณอยู่ในพิสัย 813-941 ก./กก. และมีแนวโน้มลดลงตามความลึก ส่วนอนุภาคขนาดดินเหนียวมีปริมาณอยู่ในพิสัย 20-366 ก./กก. โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามความลึก เนื่องจากอนุภาคขนาดดินเหนียวมีขนาดเล็กทำให้ถูกชะละลายเคลื่อนย้ายจากดินบนลงมาสะสมอยู่ในชั้นดินล่างโดยน้ำ (leaching) หรือการเคลื่อนย้ายเชิงกล (lessivage) (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544; เอิบ, 2548; Boul et al., 1980) อย่างไรก็ตามมีความเป็นไปได้ว่า ปริมาณดินเหนียวที่สะสมอยู่มากในดินตอนล่างของหน้าตัดดินน่าจะได้มาจากการสลายตัวของแร่องค์ประกอบในหินต้นกำเนิด ซึ่งได้แก่ แร่เฟลด์สปาร์ การที่ดินมีเนื้อดินหยาบโดย

Table 1 General information of the soils at Ban Non Tun, Pra Yuen district, Khon Kaen province.

Pedon	Surface thickness (cm)	Depth (cm)	Soil profile development	Slope (%)	Elevation (m)	Erosion class
PY-1	0-15	80	Ap-Bt1-Bt2-Bt3-2Crtb	5	181	Moderate to severe
PY-2	0-18	105	Ap-Bt1-Bt2-2Btb-2Btc-2Crtb	3	176	Moderate to severe
PY-3	0-19	160	Ap-Bt1-Bt2-Bt3-Bt4-2Btb1-2Btb2	4	175	Moderate to severe
PY-4	0-18	200+	Ap-E-Bt1-Bt2-2Btb1-2Btb2-2Btb3-2Btb4	3	169	Moderate
PY-5	0-30	200+	Ap1-Ap2-E-Bt-2Btgb1-2Btgb2-2Btgb3-2Btgb4	2	165	Moderate

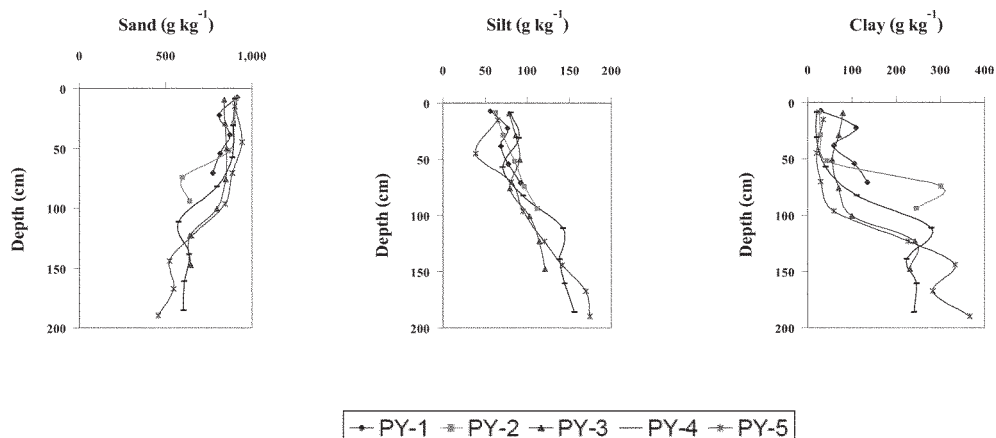


Figure 2 Particle size distribution with depth of soils at the studied site.

เฉพาะในชั้นดินตอนบนนั้น ทำให้ปริมาณความชื้นในดินมีค่าต่ำ ซึ่งอาจจะไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของยางพารา ซึ่งจากการศึกษาของอภิพรณ และคณะ (2529) พบว่า การเจริญเติบโตของยางพาราจะลดลงเมื่อขาดน้ำ และให้ผลผลิตลดลงด้วย เนื่องจากน้ำมีบทบาทและหน้าที่ที่สำคัญต่อการผลิตและปริมาณการไหลของน้ำยาง (latex) ซึ่งน้ำยางมีน้ำเป็นองค์ประกอบอยู่ประมาณ 60-70% ดังนั้น ปริมาณน้ำที่เพียงพอจึงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการให้ผลผลิตของยางพารา (Milburn and Ranasinghe, 1995; Rao and Vijayakumar, 1998)

ดินที่ศึกษาทั้ง 5 หน้าตัดดินมีความหนาแน่นรวมอยู่ในระดับค่อนข้างต่ำถึงค่อนข้างสูง (1.38-1.70 เมกะกรัม/ม.³) และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในชั้นดินล่าง ยกเว้น PY-5 ที่มีค่าความหนาแน่นรวมของดินอยู่ในระดับปานกลางถึงค่อนข้างสูง (1.43-1.69 เมกะกรัม/ม.³) เมื่อพิจารณาค่าความหนาแน่นรวมของดินที่อยู่ในระดับค่อนข้างสูงตั้งแต่ 1.60 เมกะกรัม/ม.³ ขึ้นไป (นงคราญ, 2529) ซึ่งน่าจะเป็นข้อจำกัดต่อการซึมน้ำของรากยางพารา ซึ่งพบว่า ชั้น 2Crb ซึ่งเป็นชั้นหินทรายผุของดิน PY-1 พบที่ระดับความลึก 62-85 ซม. ไม่สามารถเก็บตัวอย่างดินโดยใช้กระบอกเก็บตัวอย่างได้ และชั้น 2Btcb ที่มีกรวดศิลาแลงปะปนในปริมาณมากของดิน PY-2 พบที่ระดับความลึก 84-105 ซม. มีความหนาแน่นรวมเท่ากับ 1.69 เมกะกรัม/ม.³ ชั้น Bt2 ของดิน PY-4 ที่ระดับความลึก 70-95 ซม. มีค่าความหนาแน่นรวมเท่ากับ 1.66 เมกะกรัม/ม.³ น่าจะมีผลต่อการซึมน้ำของรากยางพารา เมื่อพืชมีอายุมากขึ้น ขณะที่ชั้นที่มีความหนาแน่นรวมสูงของดิน PY-3 และ PY-5 พบอยู่ในระดับที่ค่อนข้างลึกกว่าจึงไม่น่าจะพบปัญหาดังกล่าวนอกจากปัญหาต่อการซึมน้ำของรากพืชแล้ว การที่ดินมีความหนาแน่นรวมค่อนข้างสูงจะส่งผลต่อความจุน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในชั้นที่เป็นหินผุและชั้นที่มีกรวดศิลาแลงปะปนปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์จะต่ำกว่าชั้นที่ไม่มีสิ่งเหล่านี้ปะปน ดังนั้น ยางพาราที่ปลูกในบริเวณที่เป็นดิน PY-1 และ PY-2 เมื่ออายุมากขึ้นจนมีรากสะสมอยู่ในชั้นดังกล่าว

น่าจะพบปัญหาการขาดน้ำในฤดูแล้งค่อนข้างรุนแรงกว่าดินที่เหลือ

สมบัติทางเคมีของดิน

ดินที่ศึกษามีปฏิกิริยาดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงเป็นกลาง (pH 4.0-6.7) โดยชั้นดินบนของดินส่วนใหญ่เป็นกรดจัดมากถึงกรดปานกลาง (pH 4.8-5.7) ยกเว้นในชั้นดินบนของ PY-1 ที่ดินบนเป็นกรดรุนแรงมาก (pH 4.0) ในขณะที่ดินล่างของดิน PY-3 ปฏิกิริยาดินมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอยู่ในระดับเป็นกลาง (pH 6.7) (Figure 3) การที่ดินที่ศึกษาเกือบทั้งหมดมีปฏิกิริยาดินเป็นกรดนั้น แสดงถึงการพัฒนาการของดินที่ดีและมีการชะละลายแคตไอออนออกไปจากหน้าตัดดิน (Sanchez, 1976) นอกจากนี้ เมื่อพิจารณาจากค่าพีเอชดินซึ่งค่อนข้างต่ำ อาจมีผลต่อความเป็นพิษของอะลูมิเนียมได้เช่นกัน โดยเฉพาะในกรณีของชั้นดินที่มีค่าพีเอชต่ำกว่า 5.5 (ไพบูลย์, 2528; Mengel and Kirkby, 1987; Landon, 1991; Havlin et al., 2005; Brady and Weil, 2008) โดยเฉพาะในชั้นที่มีการสะสมดินเหนียวซึ่งมีโอกาสที่จะมีการอึดตัวของอะลูมิเนียมมากกว่า อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานว่ายางพาราไม่ทนทานต่อความเป็นพิษของอะลูมิเนียมแต่อย่างใด

ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินทุกหน้าตัดดินมีค่าอยู่ในระดับต่ำมาก (0.06-0.61 ก./กก.) และเป็นที่น่าสังเกตว่า ในตอนบนของส่วนที่มีวัตถุต้นกำเนิดดินเป็นวัสดุตกค้างของหินทรายส่วนใหญ่จะมีปริมาณอินทรีย์วัตถุสูงกว่าชั้นที่อยู่ข้างบน แสดงให้เห็นว่า ดินส่วนนี้เป็นดินบรรพกาล (paleosol) หรือดินถูกฝัง (buried soil) ที่มีการพัฒนาตัวเป็นดินหนึ่งมาก่อนที่จะถูกทับถมด้วยตะกอนล้าสมัย การที่อินทรีย์วัตถุในดินมีปริมาณต่ำเนื่องจากดินมีเนื้อค่อนข้างหยาบทำให้เกิดการสูญเสียโดยการชะละลายและการร่อนดินไปส่วนหนึ่ง ขณะที่อัตราการสลายตัวของอินทรีย์วัตถุของดินเขตร้อนที่มีสภาพภูมิอากาศแบบร้อนชื้นมักเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วด้วย (เอิบ, 2548; Sanchez, 1976) การที่ดินเหล่านี้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำมากส่งผลเสียต่อสภาพการอุ้มน้ำของดินโดยเฉพาะในพื้นที่พระยืนซึ่งมีการกระจายของฝน

ไม่ดี และมีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีในรอบ 5 ปี (2548-2552) ประมาณ 1,531.1 มม. แต่ยางพาราสามารถเจริญเติบโตได้ดีในที่มีฝนตกสม่ำเสมอตลอดปี 2,000-2,500 มม. และมีช่วงฝนตก 5-6 เดือน (เรวัต, 2547) อินทรีย์วัตถุที่มีอยู่น้อยยังมิมีผลทำให้ดินมีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ ซึ่งก็ทำให้เกิดความยากลำบากในการจัดการปุ๋ยยางพาราด้วย

ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงต่ำ (0.58-3.60 มก./กก.) โดยที่ในดินบนมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าในดินล่าง ยกเว้นดิน PY-3 ซึ่งในดินล่าง (2Btb1) มีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าดินบนเล็กน้อยซึ่งน่าจะเกี่ยวข้องกับปริมาณอินทรีย์วัตถุในชั้นนี้ที่มีอยู่ในระดับหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่ศึกษาทั้งหมดมีอยู่ในระดับต่ำซึ่งไม่

เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของยางพาราหากไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มเติม ขณะที่ดินทั้งหมดมีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำมากการจัดการปุ๋ยนี้จะต้องพิจารณาควบคู่ไปกับการจัดการเพิ่มเติมอินทรีย์วัตถุเพื่อป้องกันการสูญเสียโดยการชะละลายและการร่อนดินเนื่องจากดินมีเนื้อค่อนข้างหยาบ

ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินมีค่าในพิสัยต่ำมากถึงสูงมาก (8.8-149.4 มก./กก.) โดยปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินบนมีค่าอยู่ในระดับต่ำและมีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึก ทั้งนี้คาดว่า เป็นผลมาจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่มีแร่เฟลด์สปาร์ปะปนอยู่ในหินทรายต้นกำเนิด ซึ่งเป็นไปได้ที่จะเป็นหินในกลุ่ม arkosic sandstone ที่มีแร่ออร์โทเคลสเป็นองค์ประกอบ ซึ่งสามารถสังเกตได้อย่างชัดเจนถึงการเพิ่มขึ้นของโพแทสเซียมตั้งแต่ที่เป็นชั้นดินที่ถูกฝังลงไป (Figure 3)

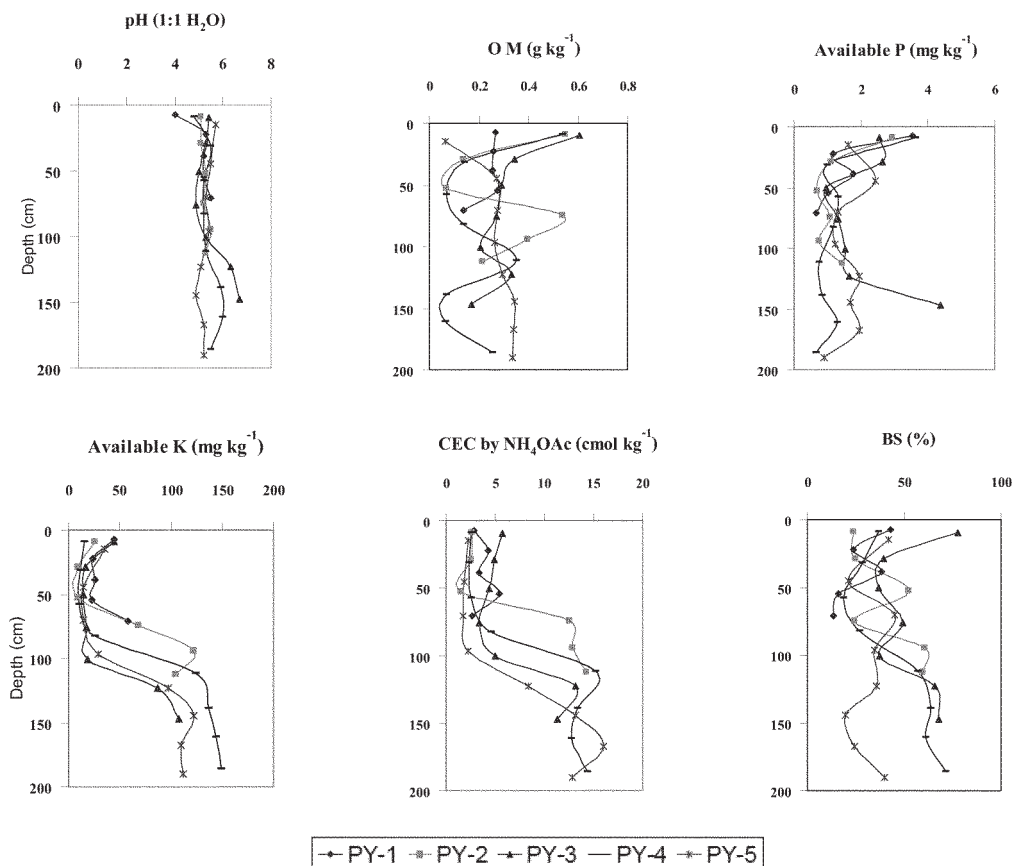


Figure 3 Some chemical properties within each profile of soils at the studied site.

ดังนั้น เมื่อแร่เฟลด์สปาร์สลายตัวให้แร่ดินเหนียว อิลไลต์สะสมในดิน ซึ่งแร่ดินเหนียวอิลไลต์เป็นแหล่งที่สำคัญของโพแทสเซียมในดิน (Brady and Weil, 2008) ในกรณีของโพแทสเซียม พบว่า เป็นข้อได้เปรียบของดินนี้ กล่าวคือ หากยางพาราเจริญเติบโตจนกระทั่งมีรากหยั่งลึกลงไปที่ระดับความลึกประมาณ 60-100 ซม. ขึ้นอยู่กับความลึกของชั้นดินถูกฝัง ปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่ให้กับยางพาราอาจจะลดลงได้ แต่หากเป็นยางพาราที่เพิ่งเริ่มปลูกมีความจำเป็นอย่างยิ่งยวดที่จะต้องใส่ปุ๋ยนี้ และการแบ่งใส่จะเหมาะสมกว่าการใส่เพียงครั้งเดียวในปริมาณมาก เนื่องจากดินในตอนบนส่วนที่เป็นตะกอนล้าผิวดินมีเนื้อหยาบมาก เพราะฉะนั้น โพแทสเซียมซึ่งเป็นแคตไอออนที่ถูกชะละลายโดยน้ำได้ง่ายจะสูญเสียออกไปจากโซนรากยางพาราได้อย่างรวดเร็ว

ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดินมีค่าอยู่ในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างสูง (1.5-16.0 เซนติโมล/กก.) โดยในดินบนอยู่ในระดับต่ำมากถึงค่อนข้างต่ำ และเพิ่มขึ้นตามความลึก แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดินที่ศึกษานี้ส่วนใหญ่มาจากแร่ดินเหนียวในดิน ซึ่งสอดคล้องกับการสะสมของอนุภาคขนาดดินเหนียวที่เพิ่มขึ้นในชั้นดินตอนล่าง (Brady and Weil, 2008) และการมีอินทรีย์วัตถุหลงเหลืออยู่ในตอนบนของชั้นดินถูกฝัง อย่างไรก็ตาม การที่ค่านี้ในดินตอนบนอยู่ในระดับต่ำมาก เนื่องจากเนื้อดินเป็นทรายทำให้การจัดการปุ๋ยยางพาราต้องมีความระมัดระวัง เนื่องจากดินไม่มีความสามารถในการดูดซับปุ๋ยไว้ได้นานเพียงพอที่พืชจะสามารถใช้ได้ทัน โดยเฉพาะหากมีฝนตกในปริมาณค่อนข้างมาก การใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวจึงไม่ค่อยเหมาะสม การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ใส่รอบทรงพุ่มร่วมกับปุ๋ยเคมีน่าจะทำให้การใช้ปุ๋ยมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ขณะเดียวกัน การปลูกพืชคลุมดินเพื่อชะลอการไหลซึมของน้ำ เช่นเดียวกับการจัดการเพิ่มเติมอินทรีย์วัตถุเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในดินนี้ เช่นเดียวกัน หากยางพารามีอายุมากขึ้นจนรากยางพาราส่วนใหญ่สะสมในชั้นที่เป็นดินถูกฝัง ปัญหาการจัดการปุ๋ยก็จะลดน้อยลง

ค่าร้อยละความอิ่มตัวเบสมีค่าอยู่ในระดับต่ำถึงสูง (13.5-77.5%) โดยที่ดินบนส่วนใหญ่มีค่าร้อยละความอิ่มตัวเบสอยู่ในระดับปานกลาง ยกเว้นดิน PY-3 ที่มีค่าอยู่ในระดับสูง และค่าร้อยละความอิ่มตัวเบสของดินที่ศึกษามีแนวโน้มลดลงตามความลึก ในขณะที่ในดินล่างของดิน PY-2, PY-3 และ PY-4 มีค่าร้อยละความอิ่มตัวเบสเพิ่มขึ้นตามความลึก ความแปรปรวนของค่าร้อยละความอิ่มตัวเบสและการที่มีเบสหลงเหลืออยู่ในดินค่อนข้างมาก แสดงให้เห็นว่า สภาพภูมิอากาศในพื้นที่ไม่แสดงลักษณะของปริมาณฝนที่มากพอที่จะชะเบสออกจากดินได้มากนัก ผลที่ได้จะมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของยางพาราใน 2 กรณีคือ 1) ลักษณะดินที่บ่งบอกว่าดินมีความชื้นไม่เพียงพอซึ่งไม่เหมาะสมต่อการปลูกยางพารา และ 2) ชนิดของเบสที่หลงเหลืออยู่ในดินจะส่งผลต่อชนิดของปุ๋ยที่ควรใส่ให้ยางพาราสำหรับดินที่ศึกษานี้ แคลเซียมที่สกัดได้มีปริมาณสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับแมกนีเซียม โพแทสเซียม และโซเดียม อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยแคลเซียมและแมกนีเซียมยังคงมีความจำเป็นโดยเฉพาะในระยะแรกของการเจริญเติบโตของยางพารา เนื่องจากในส่วนของวัตถุดิบกำเนิดที่เป็นตะกอนล้าผิวดินมีธาตุนี้สะสมอยู่ต่ำมาก และมีเพิ่มขึ้นในตอนล่างของหน้าตัดดินในทุกดิน ส่วนในกรณีของโซเดียมซึ่งไม่ใช่ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช พบว่า อาจพบปัญหาความเป็นพิษของธาตุนี้ได้เมื่อยางพาราอายุมากขึ้น เนื่องจาก มีปริมาณอยู่ในระดับสูงถึงสูงมาก โดยเฉพาะในดิน PY-3 ตั้งแต่ระดับความลึก 95 ซม. ลงไปที่มีปริมาณมากถึง 3.04-3.37 เซนติโมล/กก. ซึ่งพืชยืนต้นทั่วไปมักไม่ทนทานต่อความเป็นพิษของโซเดียม โดยพืชมักดูดโซเดียมขึ้นไปพร้อมน้ำไปสะสมยังใบ เมื่อสูญเสียน้ำโดยการคายน้ำก็จะทำให้เกิดการสะสมธาตุนี้เข้มข้นที่ใบ มีผลทำให้เกิดอาการใบไหม้เกรียม เนื้อเยื่อตามขอบใบตาย โดยมักจะเกิดที่ใบแก่ก่อน (Agricultural Service Laboratory, 2008) อย่างไรก็ตามในกรณีของดิน PY-2, PY-3 และ PY-4 อาจพบปัญหาน้อยกว่าเนื่องจากในชั้นดินที่มีปริมาณโซเดียมสูงก็มีแคลเซียมและแมกนีเซียมสูงด้วยเช่นกัน

เนื่องจากความเป็นพิษของโซเดียมจะลดน้อยลงเมื่อดินมีแคลเซียมและแมกนีเซียม ส่วนดิน PY-1 และ PY-5 อาจพบปัญหาได้ง่ายกว่าตามเหตุผลข้างต้น

การประเมินความอุดมสมบูรณ์ ศักยภาพ และการเจริญเติบโตของยางพารา

ดินบนที่ความลึก 0-30 ซม. ของดินที่ศึกษาทุกหน้าตัดดินมีค่าคะแนนรวมของระดับการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในพิสัย 5-6 ส่วนในดินล่าง (30-100 ซม.) มีคะแนนรวมอยู่ในพิสัย 5-7 ดังได้แสดงใน Table 2 จึงจัดเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำทั้งดินบนและดินล่าง ทั้งนี้เนื่องจากดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ ค่าร้อยละความอิ่มตัวเบส และค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนอยู่ในระดับต่ำทั้งหมด เมื่อพิจารณาศักยภาพของดินที่ศึกษาเพื่อปลูกยางพาราโดยใช้วิธีประเมินของกรมพัฒนาที่ดิน (2523) พบว่าดินส่วนใหญ่มีความเหมาะสมในการปลูกยางพาราในระดับต่ำ จัดอยู่ในชั้น R-II โดยดินมีข้อจำกัดเกี่ยวกับ

เนื้อดินที่เป็นดินทราย ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ และมีแนวโน้มในการเกิดการกร่อนดินได้ง่าย ส่วนดิน PY-5 เป็นดินที่ไม่มีศักยภาพสำหรับปลูกยางพารา หรือชั้น R-III เนื่องจากมีข้อจำกัดเพิ่มเติมอันได้แก่ ดินมีการระบายน้ำค่อนข้างเลวทำให้ดินมีการขังน้ำโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน ผลของการประเมินแสดงให้เห็นว่าดินในบริเวณศึกษานี้จะต้องมีการจัดการอย่างเข้มข้นไม่ว่าจะเป็นด้านการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยการเติมอินทรีย์วัตถุลงไปในดินอย่างต่อเนื่องในแต่ละปี การจัดการปุ๋ยและน้ำให้เหมาะสม รวมถึงการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มความจุน้ำใช้ประโยชน์ได้ของดินด้วย สำหรับดิน PY-5 ไม่แนะนำให้ใช้พื้นที่สำหรับการปลูกยางพารา

การศึกษาการเจริญเติบโตของต้นยางพาราอายุ 5 ปี โดยการวัดเส้นรอบวงของต้นยางพาราในพื้นที่ศึกษาที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 150 ซม. พบว่าดิน PY-1 - PY-4 มีค่าเฉลี่ยของเส้นรอบวงของต้นยางพาราใกล้เคียงกัน (เส้นรอบวงยาว 17.2-17.5 ซม.) ยกเว้นดิน PY- 5 มีค่าเฉลี่ยของเส้นรอบวงของต้น

Table 2 Soil fertility estimated from some chemical properties.

Depth	O.M.		Avail. P		Avail. K		CEC		BS		Total
(cm)	g kg ⁻¹	point	mg kg ⁻¹	point	mg kg ⁻¹	point	cmolc kg ⁻¹	point	%	point	score/rating ^{1/}
PY-1											
0-30	0.26	1	2.36	1	34.21	1	3.56	1	33.62	1	5/low
30-100	0.22	1	1.15	1	35.54	1	3.79	1	22.63	1	5/low
PY-2											
0-30	0.34	1	2.02	1	17.55	1	2.56	1	24.48	1	5/low
30-100	0.34	1	0.84	1	66.92	2	8.96	1	45.77	2	7/low PY-3
0-30	0.47	1	2.60	1	30.84	1	5.31	1	58.36	2	6/low
30-100	0.26	1	1.27	1	16.76	1	4.25	1	41.18	2	6/low
PY-4											
0-30	0.34	1	2.31	1	13.46	1	2.44	1	32.48	1	5/low
30-100	0.19	1	1.07	1	53.56	1	7.46	1	34.23	1	5/low
PY-5											
0-30	0.07	1	1.61	1	34.96	1	2.25	1	41.90	2	6/low
30-100	0.27	1	1.66	1	19.40	1	1.96	1	33.68	1	5/low

^{1/} 5-7 = Low fertility ; 8-12 = Medium fertility; 13-15 = High fertility

ยางพาราต่ำกว่าดินอื่นๆ ที่ศึกษา (เส้นรอบวงยาว 16.4 ซม.) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของเส้นรอบวงของต้นยางพาราที่ศึกษากับค่ามาตรฐานของต้นยางพาราอายุ 5 ปี ที่กำหนดโดยสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการ เกษตร พบว่า มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน (เส้นรอบวงยาว 36 ซม.)

สรุปและข้อเสนอแนะ

ดินที่ศึกษาทั้ง 5 หน้าตัดดินเป็นดินเนื้อหยาบ ทำให้ดินมีความสามารถในการเก็บกักความชื้นในปริมาณต่ำ โดยเฉพาะในฤดูแล้งดินอาจขาดน้ำได้ และดินยังมีความหนาแน่นรวมค่อนข้างสูง ดิน PY-1 เป็นดินต้น พบชั้นหินทรายฝุ่ที่ความลึก 62 ซม. ขณะที่ ดิน PY-5 พบชั้นดินที่มีการขังน้ำที่ระดับความลึกตั้งแต่ 112 ซม. ลงไป ดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำทำให้ดินมีระดับความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ดินมีความเหมาะสมต่ำสำหรับการปลูกยางพารา (R-II: PY-1, PY-2, PY-3 และ PY-4) ส่วนดิน PY-5 ไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกยางพารา (R-III) ข้อจำกัดทางดินที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของยางพาราที่พบ ได้แก่ เนื้อดินที่เป็นดินทราย ความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ และมีแนวโน้มในการเกิดการกร่อนดินได้ง่าย รวมถึงดินมีการระบายนํ้าค่อนข้างเร็วในกรณีของดิน PY-5 การเจริญเติบโตของต้นยางพาราพันธุ์ RRIM 600 ในพื้นที่ศึกษามีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำของยางพาราอายุ 5 ปีซึ่งกำหนดโดยสถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร

ผลการศึกษาความอุดมสมบูรณ์และศักยภาพของดินปลูกยางพาราในพื้นที่อำเภอพระยืน จังหวัดขอนแก่น แสดงให้เห็นว่า ดินไม่ค่อยมีความเหมาะสมถึงไม่เหมาะสมต่อการปลูกยางพารา เนื่องจากมีข้อจำกัดค่อนข้างมาก การจัดการจะต้องดำเนินการในหลายๆ ด้านอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะปัญหาเรื่องการอนุรักษ์ความชื้น การเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน และการป้องกันการกร่อนดิน ยางพาราที่ปลูกในพื้นที่

มีอัตราการเจริญเติบโตที่ช้ามาก ดังนั้น เกษตรกรควร มีการปลูกพืชแซมระหว่างแถวต้นยางเพื่อเป็นการเพิ่มรายได้เสริม โดยเฉพาะพืชที่ช่วยคลุมดินได้ดีและมีมวลชีวภาพสูงเพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์ความชื้น และปรับปรุงบำรุงดิน การส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกยางพาราในพื้นที่ดินที่มีลักษณะใกล้เคียงกันในบริเวณใกล้เคียงจะต้องมีความระมัดระวังเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเกษตรกรจะต้องเสียค่าใช้จ่ายมากสำหรับการดูแลรักษาและเร่งการเจริญเติบโตของยางพารา และจากลักษณะดินที่ทำการศึกษาก็ไม่สามารถชี้บ่งได้ชัดเจนว่า ยางพาราที่ปลูกเหล่านี้จะให้ผลผลิตคุ้มค่าต่อการลงทุน เช่นเดียวกับอายุยางพร้อมกรีตและระยะเวลาที่สามารถกรีตยางได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ศ.ดร.เอิบ เขียวรีนรมณ์ สำหรับ ข้อเสนอแนะเชิงวิทยาศาสตร์และคำแนะนำด้านการเขียน และเจ้าหน้าที่สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน กรมพัฒนาที่ดินที่ให้การช่วยเหลือในการวิเคราะห์ดินในห้องปฏิบัติการบางส่วน

เอกสารอ้างอิง

- กองส่งเสริมพืชสวน. 2540. คู่มือเจ้าหน้าที่ส่งเสริมการเกษตร เรื่องยางพารา. กรมส่งเสริมการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กองสำรวจดิน. 2523. คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของที่ดิน สำหรับพืชเศรษฐกิจ. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2548. ปฐพีเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นงคราญ กาญจนประเสริฐ. 2529. การศึกษาลักษณะวินิจฉัยที่สำคัญในการพัฒนาของดินและศักยภาพของที่ดินอันดับอัลฟีโซลล์ และอินเซปติโซลล์ บริเวณลุ่มน้ำแม่กลอง. วิทยานิพนธ์ปริญญาเอก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นุชนารถ กังพิสดาร. 2547. ยางพารา การปลูกและการดูแลรักษา. เอกสารวิชาการกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

- บำรุง ทรัพย์มาก. 2543. การศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของดินซึ่งใช้ปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- เพ็ญศรี ทองวิถี. 2546. สมบัติ การจำแนก และศักยภาพของดินที่ดอนต่อการปลูกยางพารา อำเภอปะทิว จังหวัดชุมพร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ
- ไพบุลย์ ประพุดดิธรรม. 2528. เคมีของดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- พูนพล ธรรมธวัช. 2542. ยางพารา: การปลูกยางในพื้นที่ปลูกยางใหม่. สงขลา: เซาท์เทิร์นรับเบอร์, สงขลา.
- เรวัต เลิศฤทัยโยธิน. 2547. พืชเศรษฐกิจ. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เวท ไทยนุกูล และ สมยศ สันทรหัส. 2523. ลักษณะของดินที่เหมาะสมสำหรับการปลูกยางพารา. วารสารยางพารา 1(1): 30-31.
- สถาบันวิจัยยาง. 2550. คำแนะนำการปลูกยางพาราในพื้นที่ปลูกยางใหม่. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- สุทัศน์ ด้านสกุลผล และ สมยศ สันทรหัส. 2542. การกำหนดเขตการปลูกยางในภาคใต้ของประเทศไทย โดยอาศัยวิธีการประเมินศักยภาพที่ดินควบคู่กับการสำรวจ ข้อมูลระยะไกล และจัดสรรระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์. สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- อภิพรรณ พุกภักดี, ไสว พงษ์เก่า และ วิจารณ์ วิชชุกิจ. 2529. บทบาทของน้ำที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช. สรีรวิทยาของการผลิตพืช. 302.
- อภิสิทธิ์ เขียมหน่อ. 2527. การกำเนิดและจำแนกดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2548. การสำรวจดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Agricultural Service Laboratory. 2008.Guidelines for Interpretation of Water Quality for Irrigation. Clemson University. Available: http://www.clemson.edu/agsrvlb/IRR_WAT.htm, Accessed May 20, 2008.
- Brady N.C. and R.R. Weil. 2008. The Nature and Properties of Soils. 14th ed. Prentice Hall, Inc., NJ.
- Buol, S.W., F.D. Hole and R.J. McCracken. 1980. Soil Genesis and Classification. The Iowa State Univ. Press, Amer, IW.
- Buol, S.W., R.J. Southard., R.C. Graham. And P.A. McDaniel. 2003. Soil Genesis and Classification, 5th ed., Iowa State Press, A Blackwell Publishing Company, IW.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and W.L. Nelson. 2005. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. 7th ed., Pearson Prentice Hall, NJ.
- Landon, J.R. 1991. Booker Tropical Soil Manual: A handbook for Soil Survey and Agricultural Land Evaluation in Tropics and Subtropics. Paperback Edition. Booker Agriculture International Ltd., NY.
- Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1987. Principles of Plant Nutrition. 4th ed. International Potash Institute. Worblauten Bern, Switz.
- Milburn, J.A. and M.S. Ranasinghe. 1996. A comparison of methods for studying pressure and solute potentials in xylem and also in phloem laticifers of *Hevea brasiliensis*. J. Exp. Bot. 47(294): 135-143.
- Rao, P.S. and K.R. Vijayakumar. 1998. Climatic Requirements. In: Sethuraj, M.R., Mathew. N.M. (Eds.). NATURAL RUBBER: Biology, Cultivation and Technology. Dev. Cro. Sci. 23: 200-219.
- Sanchez, P.A. 1976. Properties and Management of Soil in the Tropics. John Wiley and Son, Inc., NY.
- Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. 2nd ed. Agricultural Handbook No. 436. U.S. Govt. Printing Office, Natural Resources Conservation Service, USDA, Washington, DC.