

Research Article

สถานะธาตุอาหาร ในดิน ใบยางพารา และปริมาณธาตุอาหารในน้ำยางพาราภายใต้การปลูกพืชร่วมยางพาราที่แตกต่างกัน

Nutrient status in rubber growing soil, rubber leaf and nutrient concentration in latex under different rubber-based intercropping plantation

ปรานชญ์ แซ่เต็ง¹ จำปิ่น อ่อนทอง¹ และขวัญตา ขาวมี^{1*}

Pranchalee Saeteng¹, Jumpen Onthong¹ and Khwunta Khawmee^{1*}

¹สาขาวิชานวัตกรรมเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110 ประเทศไทย

¹Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources Prince of Songkla University, Hat Yai Campus, Songkhla, 90110, Thailand

*E-mail: khwunta.k@psu.ac.th

Received: 23/04/2021; Revised: 04/08/2021; Accepted: 22/09/2021

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมีการปลูกพืชร่วมยางพาราเพิ่มขึ้น แต่การศึกษาเกี่ยวกับสถานะธาตุอาหารในสวนยางพาราที่ปลูกพืชร่วมยังมีน้อย จึงได้ทำการเก็บตัวอย่างดิน ใบยางพารา และน้ำยางพาราในแปลงที่ปลูกไม้ร่วมยางพารา ผักเหลียงร่วมยางพารา สละร่วมยางพารา และยางพาราเชิงเดี่ยวบริเวณใกล้เคียงแปลงปลูกพืชร่วมยางพารามาศึกษาสถานะธาตุอาหาร เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดการสวนยางพาราที่ปลูกพืชร่วมให้เหมาะสมสำหรับยางพาราและพืชร่วมพบว่า ปริมาณธาตุอาหารในดิน ใบยางพารา และน้ำยางพาราของแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวและปลูกพืชร่วมยางพาราทั้งสามชนิดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยในดินและใบยางพารามีสถานะธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียม และแมกนีเซียมอยู่ในระดับต่ำ ในขณะที่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และแคลเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับปานกลางถึงสูง สำหรับดินปลูกยางพารา อย่างไรก็ตาม แปลงปลูกพืชร่วมยางพารามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้มีแนวโน้มสูงกว่าแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยว ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมในใบยางพารา และแมกนีเซียมในน้ำยางพารา และยังพบว่าฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินมีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบยางพารา ($r = 0.74^{**}$) จากผลการทดลอง

ชี้ให้เห็นว่าการปลูกพืชร่วมยางพาราช่วยเพิ่มฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน แต่เนื่องจากไนโตรเจน โพแทสเซียม แมกนีเซียมในดิน และใบยางพาราในส่วนที่ปลูกพืชร่วมยางพารายังมีปริมาณต่ำ ดังนั้น ควรเพิ่มอัตราปุ๋ยให้แก่ยางพาราและใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินหรือใบยางพารา โดยเฉพาะ ธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียม และแมกนีเซียม

คำสำคัญ : สถานะธาตุอาหาร พืชร่วมยางพารา ดินปลูกยางพารา ใบยางพารา น้ำยางพารา

Abstract

At present, there is increased rubber-based intercropping plantation. However, the studies of nutrient status in rubber-based intercropping plantation are limited. The rubber growing soil, rubber leaves and latex in different rubber-based intercrops; rubber-bamboo, rubber-Phak-liang, rubber-Sala and rubber monocropping close to rubber-based intercropping were collected to study nutrient status for optimal fertilizer use management. The results showed that nutrient concentrations of rubber growing soil, rubber leaves and latex in rubber monocropping was not significantly different with rubber-based intercropping. Nitrogen, potassium and magnesium status of rubber growing soil and rubber leaves were low. While available phosphorus and extractable calcium concentrations of rubber growing soil and rubber leaves were medium to high. However, available phosphorus, extractable calcium and magnesium of rubber-based intercropping tended to be higher than rubber monocropping, which corresponded to phosphorus and magnesium concentrations in rubber leaves and magnesium in latex. Available phosphorus of rubber growing soil was significantly correlated with phosphorus concentrations of rubber leaves ($r = 0.74^{**}$). The results indicates that rubber-based intercropping increases available phosphorus, extractable calcium and magnesium concentrations in rubber growing soil. However, nitrogen, potassium and magnesium concentrations in rubber growing soil and rubber leaves remain low. Therefore, fertilizer application based on soil or leaf analysis should be practiced, especially nitrogen, potassium and magnesium based fertilizers.

Keywords: Nutrient status, Rubber-base intercropping, Rubber growing soil, Rubber leaf, latex

บทนำ

ประเทศไทยผลิตและส่งออกผลิตภัณฑ์ยางพารารายใหญ่ของโลก โดยใน พ.ศ. 2562 ประเทศไทยสามารถผลิตยางพาราได้จำนวน 4.77 ล้านตัน และสามารถส่งออกได้จำนวน 4.03 ล้านตัน ซึ่งสามารถทำรายได้เข้าประเทศได้ปีละกว่า 300,000 ล้านบาท (Rubber Intelligence Unit, 2020) ยางพาราเป็นพืชที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีความอุดมสมบูรณ์สูงหรือ ปานกลาง โดยดินปลูกยางพาราแต่ละแหล่งจะมีปริมาณธาตุอาหารแตกต่างกัน จึงส่งผลให้สถานะธาตุอาหารในใบยางพาราแตกต่างกัน (Kungpisadan, 2009) การประเมินสถานะธาตุอาหารเป็นการบอกถึงระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินหรือพืชว่ามีปริมาณต่ำ ปานกลาง หรือสูงเมื่อเปรียบเทียบกับระดับวิกฤต (Rubber Research Institute of Thailand, 2007) เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการธาตุอาหารในดินให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของยางพารา มีรายงานว่า ดินปลูกยางพาราของประเทศไทยมีปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด (น้อยกว่า 1.1 กรัม/กิโลกรัม) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (น้อยกว่า 11 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) และโพแทสเซียมที่สกัดได้ (น้อยกว่า 40 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) อยู่ในระดับต่ำถึงต่ำมาก (Kungpisadan et al., 2013) และมีการศึกษาสถานะธาตุอาหารในใบยางพาราในพื้นที่ลุ่มและที่ดอน พบว่า ไนโตรเจน (น้อยกว่า 33 กรัม/กิโลกรัม) และโพแทสเซียม (น้อยกว่า 13 กรัม/กิโลกรัม) ต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (Onthong et al., 2016) อีกทั้ง มีผลการศึกษาของ Suchartkul (2011) ที่ศึกษาสถานะธาตุอาหารในดินและใบยางพาราของสวนยางพาราในจังหวัดชุมพร สุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช พบว่า ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมอยู่ในระดับต่ำ จากผลการศึกษาดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ส่วนใหญ่ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมทั้งในดินและใบยางพาราอยู่ในระดับต่ำ และธาตุอาหารบางส่วนสูญเสียไปกับผลผลิตนี้ยางพารา โดยมีรายงานว่า น้ำยางพารา 1 ตัน จะสูญเสียไนโตรเจน 20 กิโลกรัม ฟอสฟอรัส 5 กิโลกรัม โพแทสเซียม 25 กิโลกรัม แคลเซียม 4 กิโลกรัม และแมกนีเซียม 5 กิโลกรัม (Kungpisadan, 2009) ดังนั้น จึงต้องมีการเพิ่มธาตุอาหารให้แกดิน โดยการใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์

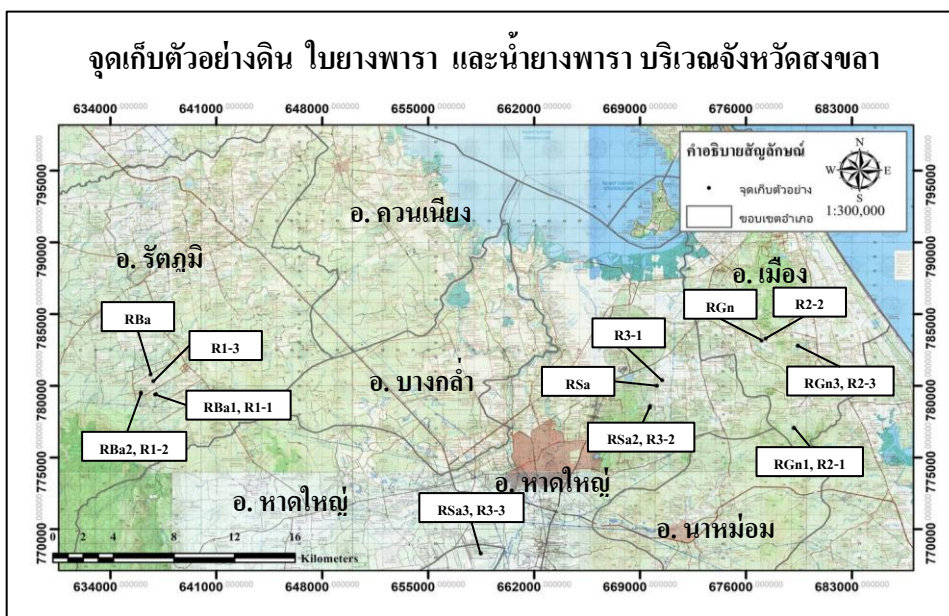
การปลูกพืชร่วมยางพาราเป็นวิธีการหนึ่งที่เพิ่มธาตุอาหารให้แกดิน ผลการศึกษของการปลูกถั่วมูน่ากล้วย และมันสำปะหลังร่วมกับยางพาราส่งผลให้ปริมาณไนโตรเจนและอินทรีย์วัตถุในดินสูงขึ้น (Kaewmapa et al., 2014) และมีการศึกษาการปลูกฝั ผักเหติง และตะเคียนร่วมกับยางพารา พบว่า การปลูกผักเหติงร่วมยางพารามีแนวโน้มเพิ่มธาตุอาหารในดิน (Saeateaw, 2019) อีกทั้งมีการศึกษาผลของการปลูกกาแฟอาราบิก้า โกโก้ มะเดื่อ และพะยูน มีผลทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุและไนโตรเจนในดินเพิ่มขึ้น (Chen et al., 2017) ปัจจุบันประเทศไทยมีการปลูกพืชร่วมยางพาราเพิ่มขึ้นและมีการศึกษาเกี่ยวกับพืชร่วมยางพาราแต่นั้นศึกษาในด้านของความเป็นไปได้ที่จะปลูกร่วมกับยางพารา อย่างไรก็ตาม การศึกษาในด้านของปริมาณธาตุอาหารและสถานะธาตุอาหารในสวนยางพาราที่ปลูกพืชร่วมยางพารายังมีน้อย

เพื่อศึกษาสมบัติของดินและสถานะธาตุอาหารในดิน ไบยางพารา และปริมาณธาตุอาหารในน้ำยางพารา ในสวนที่ปลูกพืชร่วมยางพาราแตกต่างกัน เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มธาตุอาหารในสวนยางพาราที่ปลูกพืชร่วม

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเลือกแปลงศึกษา

เลือกแปลงยางพาราที่เปิดกรีดแล้ว (7-30 ปี) และมีการปลูกพืชร่วมยางพารา ได้แก่ ไม้ร่วมยางพารา (3 ปี) (RBa) พักเหียงร่วมยางพารา (RGn) (13 ปี) สละอินโดร่วมยางพารา (RSa) (7 ปี) และยางพาราเชิงเดี่ยว (R) ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงและเป็นดินที่เหมือนกับแปลงปลูกพืชร่วมยางพารา เนื้อดินส่วนใหญ่จัดอยู่ในกลุ่มเนื้อหยาบ ภายในอำเภอเมือง หาดใหญ่ และรัตภูมิ จังหวัดสงขลา (ภาพที่ 1) อย่างละ 3 แปลง รวมแปลงที่ใช้ในการศึกษาทั้งหมด 18 แปลง และทำการเก็บตัวอย่างดิน ไบยางพารา (มีนาคม-เมษายน 2562) และน้ำยางพารา (กรกฎาคม 2562) เพื่อนำมาวิเคราะห์ธาตุอาหาร



รูปที่ 1 พิกัดของแปลงภายในจังหวัดสงขลาที่ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างดิน ไบยางพารา และน้ำยางพารา

หมายเหตุ : R คือ แปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวที่อยู่ใกล้กับแปลงปลูกพืชร่วมยางพารา, RBa คือ แปลงปลูกไม้ร่วมยางพารา, RGn คือ แปลงปลูกพักเหียงร่วมยางพารา และ RSa คือแปลงปลูกสละร่วมยางพารา

2. การเก็บตัวอย่างดินและวิเคราะห์สมบัติเคมีและธาตุอาหารในดิน

ทำการเก็บตัวอย่างดินที่ความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร แบบทำลายโครงสร้างดินโดยสุมเก็บแบบ X-shape ทั้งหมด 9 จุด และนำดินผสมคลุกเคล้ากัน จากนั้นนำตัวอย่างดินผึ่งให้แห้งในที่ร่ม บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 2 มิลลิเมตร และนำตัวอย่างดินไปวิเคราะห์สมบัติเคมีและธาตุอาหาร จำนวน 3 ซ้ำ ได้แก่ ค่าพีเอช (ดิน:น้ำ = 1:5 w/v) ค่าสภาพนำไฟฟ้าของดิน (ดิน:น้ำ = 1:5 w/v) อินทรีย์วัตถุ (ใช้ดินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่องเปิด 0.5 มิลลิเมตร และวิเคราะห์โดย Walkley and Black method) ไนโตรเจนทั้งหมด (Kjeldahl method) และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Bray II method) ส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ ทำโดยการนำดินมาสกัดด้วยแอมโมเนียมอะซิเตท (NH_4OAc) 1 โมลาร์ พีเอช 7 และวัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectrophotometer (AAS) ยี่ห้อ Thermo รุ่น iCE 3000 Series จากประเทศอเมริกา โดยโพแทสเซียมใช้หลักการของ atomic emission ส่วนแคลเซียมและแมกนีเซียมใช้หลักการของ atomic absorption (Onthong & Poonpakdee, 2019)

3. การเก็บตัวอย่างใบยางพาราและวิเคราะห์ธาตุอาหารในใบยางพารา

เก็บใบยางพาราอายุ 100-150 วันหลังจากผลิใบใหม่ และเก็บจากตำแหน่งคู่ล่างหรือใบที่ 1 และ 2 ของฉัตรแรกของกิ่งในร่มระหว่างแถว โดยเลือกต้นยางพาราที่ใกล้จุดเก็บดิน เก็บแปลงละ 9 ต้น ต้นละ 4-6 ใบ ในระยะก่อนใส่ปุ๋ย นำตัวอย่างทำความสะอาดโดยการใช้ผ้าสะอาดชุบน้ำพอลหมาด ๆ เช็ดให้ทั่ว และนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ประมาณ 72 ชั่วโมง เมื่อตัวอย่างแห้งจึงนำไปบดให้ละเอียดด้วยเครื่องบดตัวอย่างพืช ผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช และวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหาร จำนวน 3 ซ้ำ ได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด (Kjeldahl method) ฟอสฟอรัสทั้งหมด (yellow molybdovanadophosphoric acid method) ส่วนโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมด ทำโดยการนำตัวอย่างใบมาย่อยด้วยกรดผสมไนตริกและเพอร์คลอริก (HNO_3 ; HClO_4 ; 3:1 v/v) และวัดด้วยเครื่อง atomic absorption spectro-photometer (AAS) ยี่ห้อ Thermo รุ่น iCE 3000 Series จากประเทศอเมริกา โดยโพแทสเซียมใช้หลักการของ atomic emission ส่วนแคลเซียมและแมกนีเซียมใช้หลักการของ atomic absorption (Onthong & Poonpakdee, 2019)

4. การเก็บตัวอย่างน้ำยางพาราและวิเคราะห์ธาตุอาหารในน้ำยางพารา

เก็บน้ำยางพาราจากต้นยางพาราที่เก็บตัวอย่างใบยางพารา เก็บต้นละ 1 มิลลิลิตร (ประมาณ 15 หยด) จำนวน 9 ต้น โดยใช้หลักปลายแหลมเจาะกิ่งกลางใต้รอยกรีดลงมาประมาณ 5 เซนติเมตร แล้วรองรับน้ำยางพาราด้วยหลอดแก้วที่แช่อยู่ในภาชนะที่บรรจุน้ำแข็ง นำน้ำยางพาราที่เก็บได้จาก 9 ต้น ผสมให้เข้ากัน และนำตัวอย่างน้ำยางพารามาวิเคราะห์ธาตุอาหารจำนวน 3 ซ้ำ ได้แก่

ไนโตรเจนทั้งหมดโดยย่อยด้วยกรดซัลฟิวริก (98% w/w) 15 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 380 องศาเซลเซียส จนเนื้อยางสลายตัวหมด (สารละลายตัวอย่างเป็นสีดำ) จากนั้นเติมกรดเพอร์คลอริก (70% w/w) 5 มิลลิลิตร และย่อยต่อที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส จนสารละลายตัวอย่างเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมฟ้า จากนั้นกรองสารละลายที่ได้จากการ

ย่อยผ่านกระดาษกรองวัดแมนเบอร์ 1 และนำมาวัดไนโตรเจนทั้งหมด (Kjeldahl method) (Onthong & Poonpakdee, 2019)

ฟอสฟอรัส โปแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมทั้งหมดย่อยด้วยกรดไนตริก (65% w/w) 10 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนกระทั่งควันสีน้ำตาลหมดไป จากนั้นเติมกรดผสมไนตริก-เพอร์คลอริก (HNO_3 : HClO_4 ; 3:1 v/v) 10 มิลลิลิตร ย่อยต่อที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส จนกระทั่งปรากฏควันสีขาว และเติมกรดผสมไนตริก-เพอร์คลอริก (HNO_3 : HClO_4 ; 3:1 v/v) ลงไปอีก 10 มิลลิลิตร และย่อยต่อจนสารละลายตัวอย่างใสไม่มีสี จากนั้นนำสารละลายที่ได้จากการย่อยโดยไม่ต้องกรองมาวัดธาตุอาหารเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ธาตุอาหารไนโบรียม (Onthong & Poonpakdee, 2019)

5. ประเมินสถานะธาตุอาหารในดินและใบยางพารา

นำผลการวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน และใบยางพารามาประเมินสถานะธาตุอาหาร โดยการนำผลวิเคราะห์ธาตุอาหารในดินและใบยางพารามาเปรียบเทียบกับระดับธาตุอาหารในดินปลูกยางพาราและใบยางพาราของสถาบันวิจัยยางในประเทศไทย (Kungpisdan, 2011) และประเมินระดับความเข้มข้นของธาตุอาหารในดินและใบยางพาราว่ามีปริมาณต่ำ ปานกลาง หรือสูง ตามเกณฑ์ธาตุอาหารที่เพียงพอสำหรับยางพารา (Rubber Research Institute of Thailand, 2007)

6. การวิเคราะห์สถิติ

นำข้อมูลสมบัติทางเคมีและปริมาณธาตุอาหารในดิน ใบยางพารา และน้ำยางพาราในแต่ละปีซึ่งรวมยางพาราและแปลงยางพาราเชิงเดี่ยวมาหาค่าเฉลี่ย และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างสองกลุ่มด้วยวิธี Independent t-test และวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนทางเดียวด้วยวิธี ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างปีซึ่งรวมยางพาราโดยวิธี DMRT และหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณธาตุอาหารในดิน ใบยางพารา และน้ำยางพารา โดยวิธี Pearson's correlation ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS version 23

ผลการทดลอง

1. พืชและค่าสภาพนำไฟฟ้าและอินทรีย์วัตถุในดินปลูกยางพารา

พืชและค่าสภาพนำไฟฟ้าของแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวและแปลงปลูกพืชร่วมยางพาราทั้งสองระดับความลึกดินไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยพืชเฉลี่ยเท่ากับ 4.5-5.4 และค่าสภาพการนำไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 0.01-0.03 เดซิซีเมนส์/เมตร ส่วนปริมาณอินทรีย์วัตถุของแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวและพืชร่วมยางพาราไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และมีปริมาณลดลงตามระดับความลึกดิน

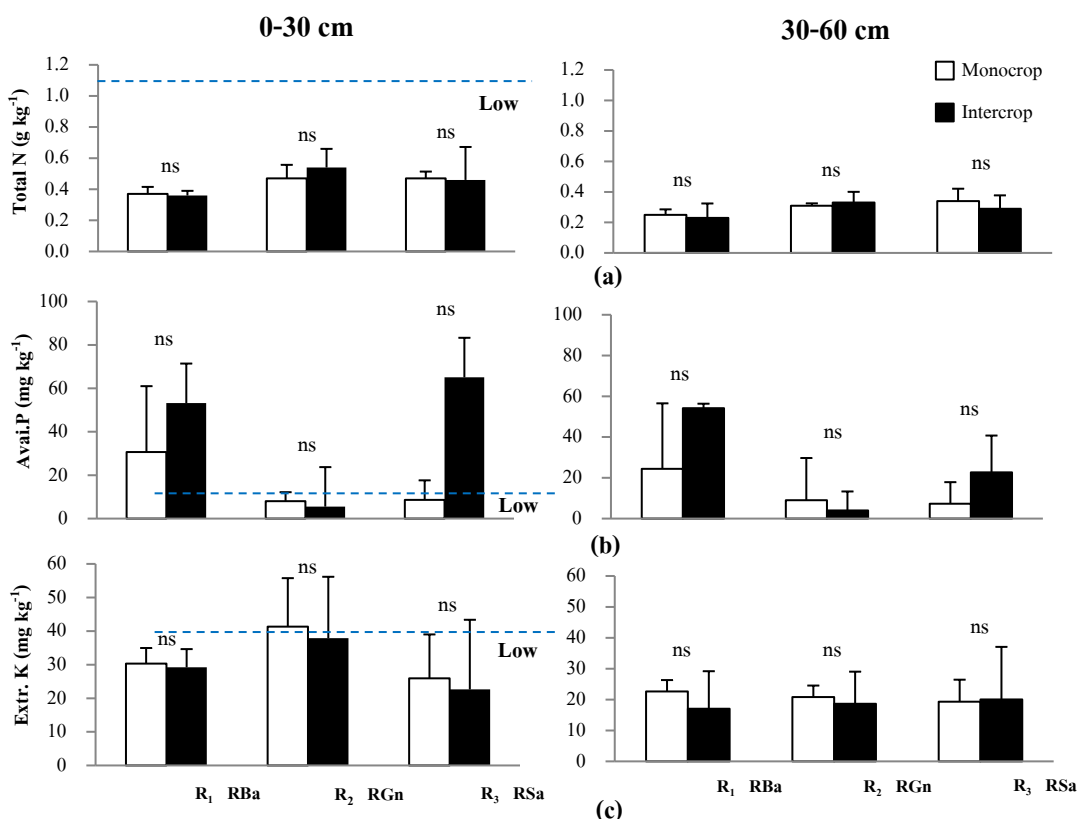
ตารางที่ 1 พีเอช ค่าสภาพน้ำไฟฟ้า และปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินที่ความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร

Treatment	pH _(1:5)		EC _{1:5} (dS m ⁻¹)		OM (g kg ⁻¹)	
	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm	0-30 cm	30-60 cm
R ₁	5.0	5.1	0.02	0.01	8.6	5.9
RBa	5.0	5.4	0.02	0.01	8.6	5.2
T-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
R ₂	5.2	5.1	0.02	0.01	16.2	9.3
R _{Gn}	5.2	5.1	0.02	0.01	15.7	9.4
T-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
R ₃	5.0	4.9	0.01	0.01	13.1	7.4
RSa	5.1	4.5	0.03	0.01	11.2	5.8
T-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns

หมายเหตุ : R₁₋₃ คือ แปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวที่อยู่ใกล้กับแปลงปลูกพืชร่วมยางพารา, RBa คือ แปลงปลูกไผ่ร่วมยางพารา, R_{Gn} คือ แปลงปลูกผักเหลียงร่วมยางพารา และ RSa คือแปลงปลูกสละร่วมยางพารา และ ns คือ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

2. สถานะธาตุอาหารในดินปลูกยางพารา

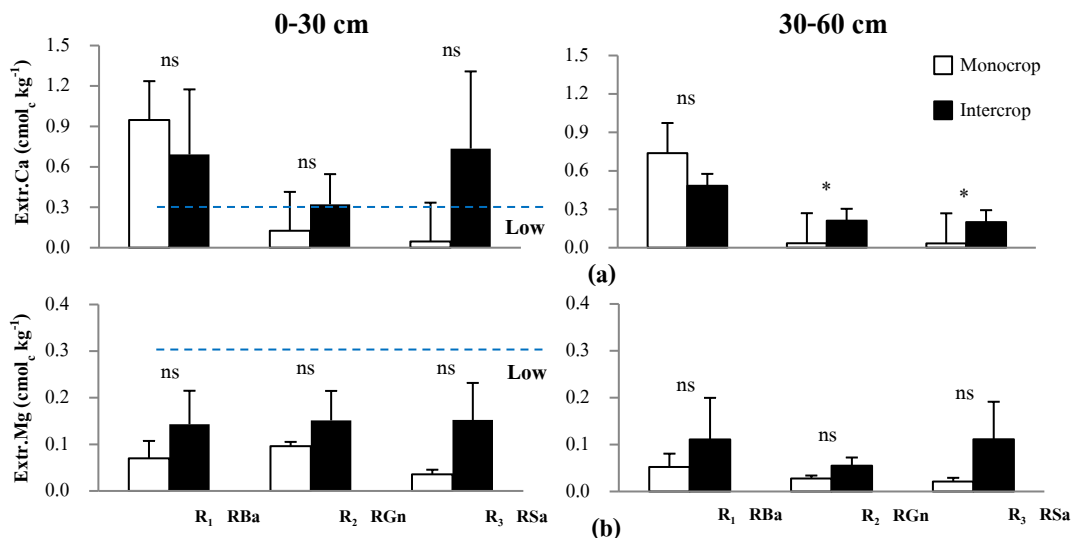
ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่สกัดได้ของแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวและพืชร่วมยางพาราไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกดิน อย่างไรก็ตาม แปลงปลูกผักเหลียงร่วมยางพารามีแนวโน้มของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและโพแทสเซียมที่สกัดได้สูงที่สุด ส่วนฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของแปลงปลูกพืชร่วมยางพารามีแนวโน้มสูงกว่าแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยว โดยไนโตรเจนทั้งหมดจัดอยู่ในระดับต่ำทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับต่ำ ส่วนแปลงปลูกพืชร่วมยางพาราส่งส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง และ โพแทสเซียมที่สกัดได้ส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของสถาบันวิจัยยางพารา (Kungpisdan, 2011)



รูปที่ 2 ไนโตรเจนทั้งหมด (a) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (b) และโพแทสเซียมที่สกัดได้ (c) ของดินที่ความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของสถาบันวิจัยยางพารา (Kungpisdan, 2011)

หมายเหตุ : R₁₋₃ คือ แปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวที่อยู่ใกล้กับแปลงปลูกพืชร่วมยางพารา, R_{Ba} คือ แปลงปลูกไผ่ร่วมยางพารา, R_{Gn} คือ แปลงปลูกผักเหลียงร่วมยางพารา และ R_{Sa} คือแปลงปลูกสละร่วมยางพารา และ ns คือ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ปริมาณแคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ของแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวและพืชร่วมยางพาราไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) และมีแนวโน้มลดลงตามระดับความลึกดิน อย่างไรก็ตาม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ของแปลงปลูกพืชร่วมยางพารามีแนวโน้มสูงกว่าแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยว โดยแคลเซียมที่สกัดได้ของแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับต่ำ ส่วนแปลงปลูกพืชร่วมยางพาราส่งส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับปานกลาง และแมกนีเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของสถาบันวิจัยยางพารา (Kungpisdan, 2011)

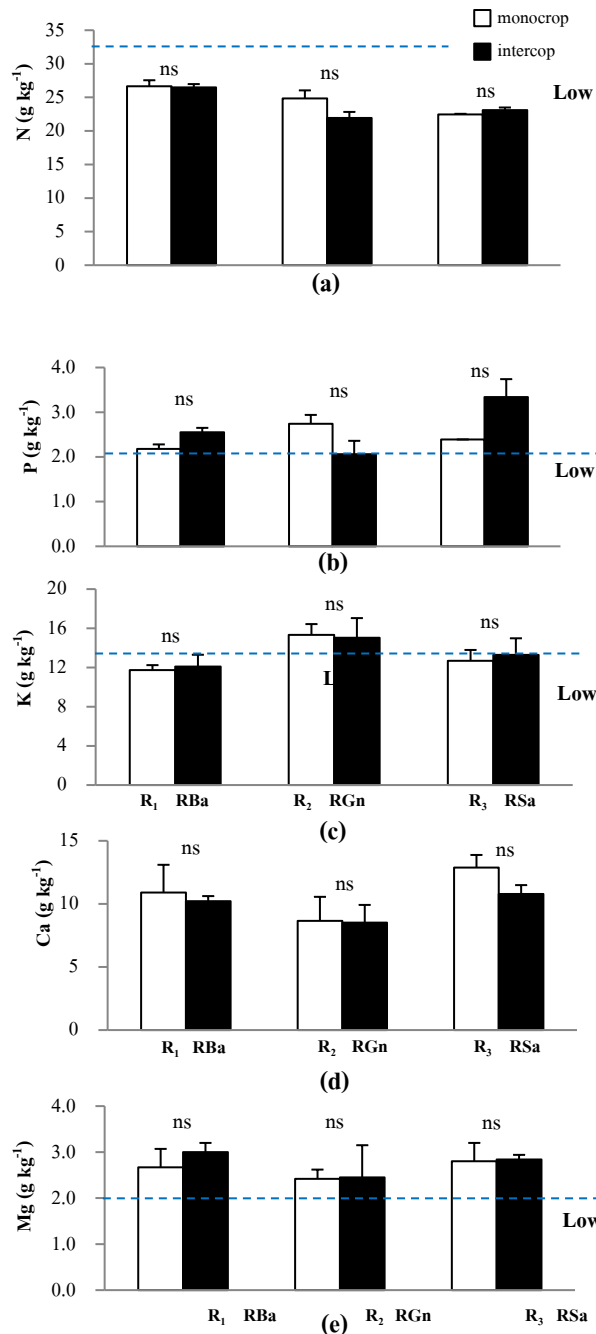


รูปที่ 3 แคลเซียมที่สกัดได้ (a) และแมกนีเซียมที่สกัดได้ (b) ของดินที่ความลึก 0-30 และ 30-60 เซนติเมตร เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของสถาบันวิจัยยางพารา (Kungpisdan, 2011)

หมายเหตุ : R₁₋₃ คือ แปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวที่อยู่ใกล้กับแปลงปลูกพืชร่วมยางพารา, RBa คือ แปลงปลูกไผ่ร่วมยางพารา, RGn คือ แปลงปลูกผักเหลียงร่วมยางพารา และ RSa คือแปลงปลูกสละร่วมยางพารา
* แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ และ ns คือ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

3. สถานะธาตุอาหารไนโตรเจนในใบยางพารา

ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในใบยางพาราของแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวและพืชร่วมยางพาราไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยไนโตรเจนจัดอยู่ในระดับต่ำทั้งหมด ฟอสฟอรัสจัดอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง โพแทสเซียมส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับต่ำ และแมกนีเซียมจัดอยู่ในระดับปานกลางถึงสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของสถาบันวิจัยยางพารา (Kungpisdan, 2011) (ภาพที่ 4) โดยแปลงปลูกพืชร่วมยางพารามีแนวโน้มของปริมาณฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมในใบยางพาราสูงกว่าแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยว ส่วนปริมาณไนโตรเจน โพแทสเซียม และแคลเซียมของแปลงปลูกพืชร่วมยางพาราและแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 2)



รูปที่ 4 ไนโตรเจน (a) ฟอสฟอรัส (b) โพแทสเซียม (c) แคลเซียม (d) และแมกนีเซียม (e) ในใบยางพาราภายใต้การปลูกพืชร่วมยางพาราที่แตกต่างกัน เทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของสถาบันวิจัยยางพารา (Kungpisdan, 2011)

หมายเหตุ : R₁₋₃ คือ แปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวที่อยู่ใกล้กับแปลงปลูกพืชร่วมยางพารา, RBa คือ แปลงปลูกไฟ้ร่วมยางพารา, RGn คือ แปลงปลูกผักเหลียงร่วมยางพารา และ RSa คือแปลงปลูกสละร่วมยางพารา และ ns คือ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 2 ปริมาณธาตุอาหารในใบยางพาราภายใต้การปลูกพืชร่วมยางพาราที่แตกต่างกัน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD)

Treatment	Concentration (g kg ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg
R ₁	26.7 $\pm$ 0.9 a	2.2 $\pm$ 0.1 b	11.7 $\pm$ 0.5	10.9 $\pm$ 2.2	2.7 $\pm$ 0.4
RBa	26.5 $\pm$ 1.2 a	2.6 $\pm$ 0.19 ab	12.1 $\pm$ 1.1	10.2 $\pm$ 1.9	3.0 $\pm$ 0.2
R ₂	24.8 $\pm$ 0.1 ab	2.7 $\pm$ 0.0 ab	15.3 $\pm$ 1.1	8.7 $\pm$ 1.0	2.4 $\pm$ 0.4
RGn	21.9 $\pm$ 0.5 c	2.1 $\pm$ 0.1 b	15.0 $\pm$ 1.2	8.5 $\pm$ 0.4	2.5 $\pm$ 0.2
R ₃	22.4 $\pm$ 0.9 bc	2.4 $\pm$ 0.3 b	12.7 $\pm$ 2.0	12.9 $\pm$ 1.4	2.8 $\pm$ 0.7
RSa	23.1 $\pm$ 0.4 bc	3.3 $\pm$ 0.4 a	13.3 $\pm$ 1.7	10.8 $\pm$ 0.7	2.8 $\pm$ 0.1
F-test	**	*	ns	ns	ns
CV (%)	7.8	17.5	19.2	26.1	21.9

หมายเหตุ : R₁₋₃ คือ แปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวที่อยู่ใกล้กับแปลงปลูกพืชร่วมยางพารา, RBa คือ แปลงปลูกไผ่ร่วมยางพารา, RGn คือ แปลงปลูกผักเหลียงร่วมยางพารา และ RSa คือแปลงปลูกสละร่วมยางพารา

** แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 99 เปอร์เซนต์, * แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ และ ns คือ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ตัวอักษรที่แตกต่างในแนวคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างเมื่อทดสอบด้วยวิธี DMRT

4. ปริมาณธาตุอาหารในน้ำยางพารา

ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในน้ำยางพาราของแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวและแปลงปลูกพืชร่วมยางพาราไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) อย่างไรก็ตาม แมกนีเซียมของแปลงปลูกพืชร่วมยางพารามีแนวโน้มสูงกว่าแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยว (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปริมาณธาตุอาหารในน้ำยางพาราภายใต้การปลูกพืชร่วมยางพาราที่แตกต่างกัน (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD)

Treatment	Concentrations (g kg ⁻¹)				
	N	P	K	Ca	Mg
R ₁	1.8 $\pm$ 0.2 a	0.9 $\pm$ 0.1	2.0 $\pm$ 0.4	0.06 $\pm$ 0.0	0.4 $\pm$ 0.1
RBa	2.1 $\pm$ 0.5 a	0.7 $\pm$ 0.1	1.9 $\pm$ 0.0	0.05 $\pm$ 0.0	0.5 $\pm$ 0.1
R ₂	1.1 $\pm$ 0.1 b	1.1 $\pm$ 0.1	2.3 $\pm$ 0.3	0.09 $\pm$ 0.0	0.5 $\pm$ 0.0
RGn	1.2 $\pm$ 0.1 b	1.0 $\pm$ 0.2	1.7 $\pm$ 0.2	0.07 $\pm$ 0.0	0.5 $\pm$ 0.2
R ₃	1.9 $\pm$ 0.7 a	0.6 $\pm$ 0.1	1.3 $\pm$ 0.1	0.05 $\pm$ 0.0	0.2 $\pm$ 0.1
RSa	1.9 $\pm$ 0.1 a	0.7 $\pm$ 0.1	1.5 $\pm$ 0.5	0.06 $\pm$ 0.0	0.3 $\pm$ 0.2
F-test	*	ns	ns	ns	ns
CV (%)	26.1	29.3	30.1	45.2	58.6

หมายเหตุ : R_{1-3} คือ แปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวที่อยู่ใกล้กับแปลงปลูกพืชร่วมยางพารา, RBa คือ แปลงปลูกไผ่ร่วมยางพารา, R_{Gn} คือ แปลงปลูกผักเหลียงร่วมยางพารา และ RSa คือแปลงปลูกสละร่วมยางพารา

* แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ และ ns คือ ไม่มีความแตกต่างทางสถิติตัวอักษรที่แตกต่างในแนวคอลัมน์แสดงถึงความแตกต่างเมื่อทดสอบด้วยวิธี DMRT

5. ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารในดิน ใบยางพารา และน้ำยางพารา

เมื่อนำธาตุอาหารในดิน ใบยางพารา และน้ำยางพารามาหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่า ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในดินมีสหสัมพันธ์กับฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในใบยางพารา ($r = 0.74^{**}$ และ 0.66^{**} ตามลำดับ) แต่ปริมาณธาตุอาหารอื่น ๆ ทั้งในดิน ใบยางพารา และในน้ำยางพาราไม่มีความสัมพันธ์กัน (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างธาตุอาหารในดิน ใบยางพารา และน้ำยางพาราภายใต้การปลูกพืชร่วมยางพาราที่แตกต่างกัน

Nutrient	Composition	Composition		
		Soil	Leaves	Latex
N	Soil	1		
	Leaves	-0.39	1	
	Latex	0.23	-0.12	1
P	Soil	1		
	Leaves	0.74**	1	
	Latex	-0.26	-0.29	1
K	Soil	1		
	Leaves	0.66**	1	
	Latex	0.12	-0.01	1
Ca	Soil	1		
	Leaves	0.43	1	
	Latex	-0.21	-0.30	1
Mg	Soil	1		
	Leaves	0.26	1	
	Latex	0.25	0.15	1

หมายเหตุ : ** มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซนต์

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. พีเอช ค่าสภาพนาไฟฟ้า และอินทรีย์วัตถุในดิน

จากผลการศึกษา พบว่า พีเอชของดินปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวและปลูกพืชร่วมยางพาราทั้งสองระดับความลึกดิน เฉลี่ยเท่ากับ 4.5-5.4 ซึ่งเหมาะสมสำหรับปลูกยางพารา โดยมีรายงานว่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับปลูกยางพาราอยู่ในช่วง 4.5-5.5 (Kungpisadan, 2011) อย่างไรก็ตาม พีเอชของแปลงที่ศึกษามีค่าต่ำและจัดเป็นกรดปานกลางถึงกรดจัด เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้นที่มีอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนสูงทำให้ดินมีพัฒนาการสูง (Popan, 2000) ส่งผลให้แคตไอออนชนิดเบสถูกชะละลายง่ายจึงเหลือในดินต่ำ แต่มีแคตไอออนชนิดกรด คือ ไฮโดรเจนและอลูมิเนียมไอออนสูง จึงส่งผลให้ดินมีพีเอชต่ำ (Brady & Weil, 2008) และค่าสภาพนาไฟฟ้า เฉลี่ยเท่ากับ 0.01-0.03 เดซิซีเมนส์/เมตร ซึ่งต่ำกว่า 2 เดซิซีเมนส์/เมตร แสดงให้เห็นว่าปริมาณเกลือที่ละลายในดินมีปริมาณต่ำและไม่มีผลกระทบต่อน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชจึงทำให้พืชสามารถดูดน้ำและธาตุอาหารไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตได้ (Onthong & Poonpakdee, 2019)

ปริมาณอินทรีย์วัตถุของแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวและปลูกพืชร่วมยางพาราลดลงตามความลึกดินที่เพิ่มขึ้น โดยปริมาณอินทรีย์วัตถุที่ระดับความลึกดิน 0-30 เซนติเมตร เฉลี่ยเท่ากับ 8.6-16.2 กรัม/กิโลกรัม (ตารางที่ 1) ซึ่งจัดอยู่ในระดับต่ำ (< 10 กรัม/กิโลกรัม) ถึงระดับปานกลาง (10-25 กรัม/กิโลกรัม) เนื่องจากภาคใต้มีภูมิอากาศแบบร้อนชื้นส่งผลให้การย่อยสลายเศษซากพืชเป็นไปอย่างรวดเร็ว จึงทำให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ (Carter, 2002) และอาจเนื่องมาจากอินทรีย์วัตถุมักจะสะสมที่บริเวณผิวดิน แต่จากแปลงที่ศึกษาได้เก็บดินที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร และผสมคลุกเคล้ากันจึงส่งผลให้อินทรีย์วัตถุจากผิวดินกระจายตัวทำให้มีปริมาณต่ำ อย่างไรก็ตาม การใส่วัสดุอินทรีย์หรือปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเพิ่มอินทรีย์วัตถุและธาตุอาหารให้เพียงพอต่อความต้องการของยางพารานั้นต้องใช้เวลานาน และใช้ในปริมาณที่มาก โดยมีการศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์อัตรา 0, 5, 10 และ 15 เมกกะกรัม/เฮกแตร์ ต่อปริมาณอินทรีย์วัตถุ พบว่า การใช้ปุ๋ยอินทรีย์ที่อัตรา 15 เมกกะกรัม/เฮกแตร์ ถึงจะมีผลให้อินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้น (Barzegar et al., 2002) สอดคล้องกับผลการศึกษาการใส่ฟางข้าวสาลีอัตรา 0, 2, 4, 8 และ 16 เมกกะกรัม/เฮกแตร์/ปี ต่อปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ พบว่า การใส่ฟางข้าวสาลีที่อัตรา 16 เมกกะกรัม/เฮกแตร์/ปี ส่งผลให้ปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ในดินเพิ่มสูงขึ้นอย่างชัดเจน (Duiker & Lal, 1999) นอกจากนี้ มีรายงานว่าเกษตรกรแปลงปลูกพืชร่วมยางพารามีการใส่เศษซากพืชร่วมเพื่อให้ย่อยสลายเป็นอินทรีย์วัตถุลงในแปลง พบว่า ปริมาณเศษซากใบพืชร่วมยางพาราเฉลี่ยทั้งปีของเศษซากใบไม้ เท่ากับ 483.26 กิโลกรัม/ไร่/ปี และเศษซากใบผักเหลียง เท่ากับ 379.29 กิโลกรัม/ไร่/ปี (Saeteaw, 2019) ซึ่งเป็นปริมาณที่ต่ำเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเศษซากที่ร่วงหล่นในป่าฝนธรรมชาติ (1,408-1,920 กิโลกรัม/ไร่/ปี) (Paoli & Curran, 2007) ดังนั้น จึงแนะนำให้เกษตรกรแปลงปลูกพืชร่วมยางพาราใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับใส่เศษซากพืชร่วมให้แก่ยางพารา

2. สถานะธาตุอาหารในดินปลูกยางพารา

ดินปลูกยางพารามีระดับไนโตรเจนทั้งหมด โพแทสเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ทั้งในแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวและพืชร่วมยางพาราอยู่ในระดับต่ำ ($N < 1.1$ กรัม/กิโลกรัม, $K < 40.0$ มิลลิกรัม/กิโลกรัม และ $Mg < 0.3$ เซนติโมล/กิโลกรัม) (Kungpisadan, 2011) (ภาพที่ 2) เนื่องจากภาคใต้อยู่ในเขตร้อนชื้นที่มีปริมาณน้ำฝนและอุณหภูมิสูงทำให้อินทรีย์วัตถุซึ่งเป็นแหล่งที่มาของไนโตรเจนในดินเกิดการย่อยสลายได้อย่างรวดเร็ว (Popan, 2000) และไนโตรเจนสูญเสียออกจากพื้นที่โดยติดไปกับผลผลิตน้ำยางพารา ($N = 4.6-7.4$ กรัม/กิโลกรัม) โดยมีรายงานว่าน้ำยางพารา 1 ตัน มีไนโตรเจนติดไปกับผลผลิต 20 กิโลกรัม (Kungpisadan, 2009) รวมทั้งเกิดการชะละลาย โพแทสเซียมและแมกนีเซียมสูง (Popan, 2000) และแปลงที่ศึกษาส่วนใหญ่มีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 เฉลี่ย 50 กิโลกรัม/ไร่/ปี เฉลี่ยต้นละไม่ถึง 1 กิโลกรัม/ไร่/ปี ซึ่งต่ำกว่าที่สถาบันวิจัยยางพาราแนะนำ และยังเป็นสูตรปุ๋ยที่ต่ำกว่าสูตรที่แนะนำ คือ 29-5-18 อย่างไรก็ตาม แปลงปลูกผักเหลียงร่วมยางพารามีแนวโน้มของปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและโพแทสเซียมที่สกัดได้สูงที่สุด (ภาพที่ 2) เนื่องจากเศษซากใบผักเหลียงที่เกษตรกรตัดแต่งกิ่งและใส่คืนกลับในแปลง จัดอยู่ในชั้นคุณภาพของสารอินทรีย์ ระหว่าง 1 และ 2 (ไนโตรเจน > 2.5 เปอร์เซ็นต์, ดินอิน < 15 เปอร์เซ็นต์ และโพธิ์ฟีนอล < 4 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักแห้ง) โดยชั้นคุณภาพที่ 1 จะเป็นแหล่งไนโตรเจนให้กับดินโดยตรง และชั้นคุณภาพที่ 2 คือ ส่วนที่ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์สู่ดิน และมีการศึกษาปริมาณธาตุอาหารจากเศษซากพืชร่วมยางพารา ได้แก่ ตะเคียน ไม้ และผักเหลียง พบว่า เศษซากใบผักเหลียงมีปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมคืนกลับสู่ดินสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่น (Saeteaw, 2019; Palm et al., 2001) ส่วนแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน พบว่า แปลงปลูกพืชร่วมยางพาราทั้งสามชนิด (ไม้ ผักเหลียง และสละ) มีปริมาณใกล้เคียงกัน 0.14-0.15 เซนติโมล/กิโลกรัม แต่มีแนวโน้มสูงกว่าแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยว (ภาพที่ 3) เนื่องจากแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ทำให้แมกนีเซียมมีการสะสมในใบ (Osotsapar, 2015) และเมื่อเศษซากใบพืชร่วมร่วงหล่นหรือเศษซากใบพืชร่วมที่เกษตรกรใส่กลับคืนในพื้นที่ย่อยสลายและมีการปลดปล่อยแมกนีเซียมจึงส่งผลให้ดินของแปลงปลูกพืชร่วมยางพารามีการสะสมแมกนีเซียม ซึ่งมีการศึกษาปริมาณแมกนีเซียมที่คืนกลับสู่ดินจากเศษซากพืชร่วมยางพารา ได้แก่ ไม้ ผักเหลียง และตะเคียน พบว่า ไม้และผักเหลียงมีปริมาณแมกนีเซียมที่คืนกลับสู่ดิน (0.82 และ 0.58 กิโลกรัม/ไร่/ปี ตามลำดับ) สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่น (Saeteaw, 2019) อีกทั้งแมกนีเซียมเป็นธาตุอาหารรองที่พืชต้องการในปริมาณน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับไนโตรเจนและโพแทสเซียม จึงส่งผลให้แปลงปลูกพืชร่วมยางพารามีการสะสมแมกนีเซียม

ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวส่วนใหญ่จัดอยู่ในระดับต่ำ (< 11 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) แต่แปลงปลูกพืชร่วมยางพาราส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง (> 30 มิลลิกรัม/กิโลกรัม) (ภาพที่ 2) เนื่องจากการปลูกพืชร่วมยางพาราเพิ่มปริมาณเศษซากพืชลงสู่ดิน และเมื่อเศษซากพืชย่อยสลายจึงมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัส ซึ่งมีการศึกษาปริมาณฟอสฟอรัสที่คืนกลับสู่ดินจากเศษซากใบพืชร่วมยางพารา ได้แก่ ไม้ ผักเหลียง และตะเคียน พบว่า ไม้และผักเหลียงมีปริมาณฟอสฟอรัสที่คืนกลับสู่ดิน (0.14 และ 0.60 กิโลกรัม/ไร่/ปี ตามลำดับ) สูงที่สุดเมื่อ

เปรียบเทียบกับพืชชนิดอื่น (Saeteaw, 2019) อีกทั้งฟอสฟอรัสเป็นธาตุที่สูญเสียได้น้อย และพืชต้องการฟอสฟอรัสต่ำกว่าไนโตรเจนและโพแทสเซียมมาก จึงส่งผลให้แปลงปลูกพืชร่วมยางพารามีการสะสมฟอสฟอรัสโดยเฉพาะแปลงปลูกไผ่และสละร่วมยางพารา อาจเนื่องจากเศษซากใบไม้จัดอยู่ในชั้นคุณภาพสารอินทรีย์ที่ 3 (Saeteaw, 2019; Palm et al., 2001) และเศษซากใบสละจากผลการทดลองที่มีปริมาณไนโตรเจน 1.4 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้ง (ไม่แสดงข้อมูล) และสละจัดเป็นพืชวงศ์เดียวกับปาล์มน้ำมันซึ่งในทางใบของพืชตระกูลปาล์มมีปริมาณลิกนิน 21 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนักแห้งพืช (Loow & Wu, 2018) จึงคาดว่าเศษซากใบสละน่าจะจัดอยู่ในชั้นคุณภาพสารอินทรีย์ที่ 4 โดยชั้นคุณภาพที่ 3 เป็นส่วนที่ค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารอย่างช้าๆ และชั้นคุณภาพที่ 4 เป็นกลุ่มที่ไวคลุมดินเพื่อลดการสูญเสียธาตุอาหารและการกร่อนดิน (Palm et al., 2001) ดังนั้น การปลูกไผ่และสละร่วมยางพาราจึงสามารถลดการสูญเสียและเกิดการสะสมฟอสฟอรัสในดิน อย่างไรก็ตาม แปลงปลูกผักเหียงร่วมยางพารามีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำที่สุด อาจเนื่องมาจากเศษซากใบผักเหียงอยู่ในชั้นคุณภาพสารอินทรีย์ที่ 2 ซึ่งสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ (Saeteaw, 2019; Palm et al., 2001) ส่งผลให้ยางพาราและผักเหียงสามารถดูดฟอสฟอรัสไปใช้ได้ทันที จึงส่งผลให้ดินมีการสะสมฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ต่ำ และปริมาณแคลเซียมที่สกัดได้ในดินมีแนวโน้มเช่นเดียวกัน (รูปที่ 3)

3. สถานะธาตุอาหารในใบยางพาราพารา

ไนโตรเจนในใบยางพาราของแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวและปลูกพืชร่วมยางพาราอยู่ในระดับต่ำ (<33 กรัม/กิโลกรัม) (ภาพที่ 4) สอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในดินที่พบว่าอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งเมื่อดินมีไนโตรเจนต่ำส่งผลให้ต้นยางพาราได้รับไนโตรเจนไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต มีรายงานว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเพิ่มขึ้นในยางพาราก่อนเปิดกรีดทำให้มีการสะสมของไนโตรเจนในใบสูงขึ้น (Boonmanee et al., 2013) อย่างไรก็ตาม ฟอสฟอรัสในใบยางพาราของแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง (>2.5 กรัม/กิโลกรัม) (ภาพที่ 4) ในขณะที่ดินมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่ำ เนื่องจากยางพาราที่ปลูกในดินกรดเขตร้อนสามารถปรับตัวด้วยกลไกการหลังกรีดอินทรีย์ออกจากราก โดยเฉพาะกรดซิตริก ซึ่งจะละลายอินทรีย์ฟอสฟอรัส โดยในดินเขตร้อนจะมีอะลูมิเนียมฟอสเฟตและเหล็กฟอสเฟตอยู่มาก เมื่อรูปดังกล่าวถูกละลายด้วยกรดอินทรีย์ ทำให้ฟอสฟอรัสละลายออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ (Onthong & Osaki, 2006) อย่างไรก็ตาม แปลงปลูกพืชร่วมยางพาราส่วนใหญ่มีฟอสฟอรัสอยู่ในระดับปานกลางถึงสูง โดยแปลงปลูกไผ่และสละร่วมยางพารามีปริมาณฟอสฟอรัสสูงที่สุด (2.55 และ 3.34 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ) เนื่องจากดินของแปลงปลูกไผ่และสละร่วมยางพารามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง (ภาพที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างฟอสฟอรัสในใบยางพาราและในดินปลูกยางพารา พบว่า ฟอสฟอรัสในใบยางพารามีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับในดิน (0.738**) (ตารางที่ 4)

โพแทสเซียมในใบยางพาราของแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวและแปลงปลูกพืชร่วมยางพาราส่วนใหญ่อยู่ในระดับต่ำ (<13.6 กรัม/กิโลกรัม) (ภาพที่ 4) เนื่องจากดินของแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวและปลูกพืชร่วมยางพารา

มีปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้ต่ำ (ภาพที่ 1) เช่นเดียวกับยางพาราที่ปลูกในพื้นที่ลุ่มและที่ดอนในจังหวัดสงขลา ที่พบว่า ยางพารามีโพแทสเซียมในใบต่ำ (Onthong et al., 2016) และยังสอดคล้องกับผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในใบยางพาราและในดินปลูกยางพารา พบว่า โพแทสเซียมในใบยางพารามีสหสัมพันธ์เชิงบวกกับในดิน (0.66^{**}) (ตารางที่ 4) ส่วนแมกนีเซียมในใบยางพาราของแปลงปลูกพืชร่วมยางพาราส่วนใหญ่อยู่ในระดับสูง (>2.5 กรัม/กิโลกรัม) (ภาพที่ 4) และมีแนวโน้มสูงกว่าแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยว (ตารางที่ 2) สอดคล้องกับปริมาณแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินของแปลงปลูกพืชร่วมยางพาราที่สูงกว่าแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยว (ภาพที่ 3) แสดงให้เห็นว่าการปลูกพืชร่วมยางพาราทำให้ปริมาณแมกนีเซียมในดินเพิ่มสูงขึ้น จึงส่งผลให้ยางพาราสามารถดูดแมกนีเซียมไปใช้ได้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม แมกนีเซียมในใบยางพาราของแปลงปลูกพืชร่วมยางพาราอยู่ในระดับสูง แต่แมกนีเซียมที่สกัดได้ในดินอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาสถานะแมกนีเซียมในดินและในใบยางพาราที่ปลูกในที่ลุ่มและที่ดอน พบว่า สถานะของแมกนีเซียมในดินปลูกยางพาราอยู่ในระดับต่ำแต่สถานะในใบยางพาราจัดอยู่ในระดับสูง (Kongmak et al., 2017) และมีรายงานว่าความเข้มข้นของแมกนีเซียมในใบยางพาราสูงกว่าค่าที่เหมาะสม ($2.0-2.5$ กรัม/กิโลกรัม) (Kungpisdan, 2011) แต่ยางพาราก็ยังเจริญเติบโตได้ดีเมื่อมีการใส่แมกนีเซียม (Pongthai, 2017) แสดงให้เห็นว่า ยางพาราอาจต้องการแมกนีเซียมในปริมาณที่สูงกว่าค่าที่เหมาะสมตามที่มียางานไว้

4. ปริมาณธาตุอาหารในน้ำยางพารา

ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในน้ำยางพาราของแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยวและแปลงปลูกพืชร่วมยางพารามีปริมาณใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตาม แมกนีเซียมของแปลงปลูกพืชร่วมยางพารามีแนวโน้มสูงกว่าแปลงปลูกยางพาราเชิงเดี่ยว (ตารางที่ 3) เช่นเดียวกับแมกนีเซียมในดิน (ภาพที่ 3) และในใบยางพารา (ตารางที่ 2) ในขณะที่ธาตุอาหารในน้ำยางพารา พบว่า ปริมาณไนโตรเจนมีแนวโน้มสูงที่สุดรองลงมา คือ โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และแคลเซียมต่ำที่สุด (ตารางที่ 3) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาธาตุอาหารในน้ำยางพาราของ Yingjajaval & Bangjan (2006) ที่พบไนโตรเจนในน้ำยางพารามีปริมาณสูงที่สุดรองลงมา คือ โพแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และแคลเซียมต่ำที่สุด สำหรับไนโตรเจนที่พบในน้ำยางพาราสูงที่สุด เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของโปรตีน ซึ่งในน้ำยางพารามีโปรตีนประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ที่มีผลต่อการสังเคราะห์แสงและปริมาณซูโครสที่ใบยางพารา ซึ่งซูโครสจะเป็นสารตั้งต้นในการสร้างน้ำยางพารา โดยถ้าปริมาณซูโครสในน้ำยางพาราสูง แสดงว่าต้นยางพารามีศักยภาพในการสร้างน้ำยางพาราสูง แสดงให้เห็นว่าปริมาณของไนโตรเจนในน้ำยางพาราสอดคล้องกับปริมาณไนโตรเจนในใบยางพารา ซึ่งจากผลการศึกษา พบว่า แปลงปลูกพืชร่วมยางพารามีไนโตรเจนในน้ำยางพาราสูงที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับไนโตรเจนในใบยางพาราของแปลงปลูกพืชร่วมยางพาราที่มีไนโตรเจนสูงที่สุด (26.5 กรัม/กิโลกรัม) (ตารางที่ 2)

โพแทสเซียมในน้ำยางพาราที่พบปริมาณรองจากไนโตรเจน ทั้งนี้เนื่องจากโพแทสเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายง่ายในท่ออาหาร จึงมีหน้าที่สำคัญในการเคลื่อนย้ายน้ำตาลซูโครสที่ได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสงที่ใบ (Osotsapar, 2015) เพื่อนำไปสร้างน้ำยางพารา ส่งผลให้น้ำยางพารามีปริมาณโพแทสเซียมสูง และพบฟอสฟอรัสรองลงมา เนื่องจากฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของสารที่ให้พลังงาน (adenosine triphosphate : ATP) โดยกระบวนการสร้างน้ำยางพาราจากซูโครสต้องใช้พลังงาน ATP เพื่อนำซูโครสที่ได้จากการสังเคราะห์แสงที่ใบเข้าสู่เซลล์ที่น้ำยางพารา และในกระบวนการเปลี่ยนกรดเม-วาโลนิก (mevalonic acid) จนได้เป็นไอโซเพนทีนิลไพโรฟอสเฟต (isopentenyl pyrophosphate : IPP) ก็ต้องใช้ ATP จากนั้น IPP ก็จะเปลี่ยนแปลงต่อไปเป็นโมเลกุลของไอโซพรีนและเชื่อมต่อกันจนได้เป็นน้ำยางพารา (Chanthuma et al., 2003) และพบแมกนีเซียมต่ำ เนื่องจากแมกนีเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายง่ายในน้ำเลี้ยงไหลเอม และเป็นธาตุที่มีหน้าที่เป็นตัวกระตุ้นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ยางพารา เช่น เอทีพีเอส และทรานสเฟอเรส อีกทั้งแมกนีเซียมยังเกี่ยวข้องกับเสถียรภาพของลูทอยด์ โดยหากลูทอยด์มีเสถียรภาพต่ำจะทำให้ลูทอยด์แตกและมีการปลดปล่อยแมกนีเซียมออกมา มีผลทำให้น้ำยางพาราจับตัวเป็นก้อน เกิดการอุดตันท่อน้ำยางพาราทำให้น้ำยางพาราไหลช้าจึงส่งผลให้ผลผลิตต่ำ (Chanthuma et al., 2003) ดังนั้น น้ำยางพาราที่มีเสถียรภาพสูงจะมีแมกนีเซียมต่ำ ส่วนแคลเซียมที่พบในน้ำยางพาราต่ำที่สุด เนื่องจากแคลเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายในท่ออาหารได้ยาก จึงพบน้อยมากในท่ออาหารพืช ซึ่งส่วนใหญ่สะสมอยู่ที่ผนังเซลล์ โดยเป็นส่วนหนึ่งของโครงสร้างในพืช (Osotsapar, 2015)

สรุปผลการทดลอง

การปลูกพืชร่วมยางพาราส่งผลให้ดินมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้สูงเมื่อเปรียบเทียบกับปลูกยางพาราเชิงเดี่ยว ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณฟอสฟอรัสและแมกนีเซียมในใบยางพารา และแมกนีเซียมในน้ำยางพารา ในขณะที่การปลูกพืชร่วมยางพาราไม่ส่งผลต่อพีเอช ค่าสภาพการนำไฟฟ้า และปริมาณอินทรีย์วัตถุ อย่างไรก็ตาม สถานะธาตุอาหารในดินและใบยางพาราของไนโตรเจน โพแทสเซียม และแมกนีเซียมอยู่ในระดับต่ำ แต่ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และแคลเซียมที่สกัดได้อยู่ในระดับปานกลางถึงสูงสำหรับดินปลูกยางพารา จากผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า การปลูกพืชร่วมยางพาราช่วยเพิ่มฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ แคลเซียมและแมกนีเซียมที่สกัดได้ในดิน และส่งผลให้ยางพาราสามารถดูไปใช้เพื่อการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิตได้เพิ่มขึ้น เนื่องจากไนโตรเจน โพแทสเซียม และแมกนีเซียมในดินและใบยางพาราของการปลูกพืชร่วมยางพารายังมีปริมาณต่ำ ดังนั้น ควรเพิ่มอัตราปุ๋ยให้แก่ยางพาราและใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินหรือใบยางพาราเพื่อให้เพียงพอต่อความต้องการของยางพาราและพืชร่วมยางพารา โดยเฉพาะธาตุไนโตรเจน โพแทสเซียม และแมกนีเซียม

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน (แผนบูรณาการวิจัยและนวัตกรรม) ประจำปีงบประมาณ 2562 รหัสโครงการ NAT620160g

เอกสารอ้างอิง

- Barzegar, A. R., Yousefi, A., & Daryashenas, A. (2002). The effect of addition of different amounts and types of organic materials on soil physical properties and yield of wheat. *Plant and Soil*, 247, 295-301.
- Boonmanee, S., Onthong, J., & Khawmee, K. (2013). Comparison of Fertilizer application based on soil testing and 20-8-20 mixed fertilizer in immature rubber trees. *King Mongkut's Agricultural Journal*, 31(1), 53-62. (in Thai)
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008). *The Nature and Properties of Soils*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Carter, M. R. (2002). Soil quality for sustainable land management: organic matter and aggregation interactions that maintain soil functions. *Agronomy journal*, 94(1), 38-47.
- Chanthuma, P., Chanthuma, A., & Somnak, S. (2003). *Change of bio-chemical compositions in rubber latex on tapping system and yeid of rubber* (Rubber Research Report 2003). Bangkok: Rubber Authority of Thailand. (in Thai)
- Chen, C., Liu, W., Jiang, X., & Wu, J. (2017). Effects of rubber-based agroforestry systems on soil aggregation and associated soil organic carbon: Implications for land use. *Geoderma*, 299, 13-24.
- Duiker, S. W., & Lal, R. (1999). Crop residue and tillage effects on carbon sequestration in a Luvisol in central Ohio. *Soil and Tillage Research*, 52, 73-81.
- Kaewmapa, N., Choosai, C., Isarangkool, Na Ayutthaya S., Gonkhamdee, S., Sungthongwises, K., & Wongcharoen, A. (2014). Effect of different types of intercrops with rubber tree on some soil nutrients and soil fertility. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 42, 443-449. (in Thai)
- Kongmak, P., Khawmee, K. & Onthong, J. (2017). Status and K/Mg ratio in soil and leaves of rubber trees grown in lowland and upland areas. *Songklanakarin Journal of Plant Science*, 4, 66-72. (in Thai)
- Kunpisadan, N. (2009). *Sustainable rubber management: Soil, Water and Plant nutrient*. Bangkok: Rubber Research Institute Department of Agriculture. (in Thai)
- Kunpisadan, N. (2011). *Recommend of the use rubber fertilizer*. Bangkok: Rubber Research Institute Department of Agriculture. (in Thai)

- Kungpisdan, N., Rattanachot, M., Permkrasin, P., Kiwrum, T., Chunamporn, L., & Thongphu, A. (2013). *Development of Technology on Nutrition Management of Rubber*. Bangkok: Rubber Research Institute Department of Agriculture. (in Thai)
- Loow, Y. L., & Wu, T. Y. (2018). Transformation of oil palm fronds into pentose sugars using copper (II) sulfate pentahydrate with the assistance of chemical additive. *Journal of environmental management*, 216, 192-203.
- Onthong, J., & Osaki, M. (2006). Adaptation of tropical plants to acid soils. *Tropics*, 15, 337-347.
- Onthong, J., & Poonpakdee, C. (2019). *Soil and Plant analysis*. Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, SongKhla. (in Thai)
- Onthong, J., Khawmee, K., & Keawmano, C. (2016). Growth of immature rubber trees planted in abandoned paddy field and upland areas in relation to soil properties and leaf nutrients. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 39, 675-683.
- Osotsapar, Y. (2015). *Plant nutrients*. Kasetsart University press, Bangkok. (in Thai)
- Palm, C. A., Gachengo, C. N., Delve, R. J., Cadisch, G., & Giller, K. E. (2001). Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems : application of an organic resource database. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 83, 27-42.
- Paoli, G. D., & Curran, L. M. (2007). Soil nutrients limit fine litter production and tree growth in mature lowland forest of Southwestern Borneo. *Ecosystems*, 10, 503-518.
- Pongthai, T. Onthong, J., & Khawmee, K. (2017). Effect of magnesium on nutrient concentration and growth of rubber tree sapling. *Journal of Agr. Research and Extension*, 34, 1-12. (in Thai)
- Popan, A. (2000). *Tropical soil*. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Department of Soil Science, Bangkok. (in Thai)
- Rubber Intelligence Unit. (2020). *Production and Export Statistics - Natural Rubber*. <http://rubber.oie.go.th/Production.aspx> (in Thai)
- Rubber Research Institute of Thailand. (2007). *Academic information of rubber in 2007*. Rubber Research Institute Department of Agriculture, Bangkok. (in Thai)
- Saeteaw, W. (2019). *Organic Carbon Composition and Properties of Soils under Different Rubber-based Intercrops* [Unpublished master's thesis]. Prince of Songkla University. (in Thai)

Suchartkul, S. (2011). *Establishment of standard values for nutritional diagnosis in soil and leaves of immature rubber tree* [Unpublished master's thesis]. Walailak University. (in Thai)

Yingjajaval, S., & Bangjan, J. (2006). Major plant nutrients contents in para rubber (RRIM 600). *Agricultural Science Journal*, 37(4), 353-364. (in Thai)