

## การตรึงและปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินปลูกยางพาราในภาคใต้ของประเทศไทย

## Potassium Fixation and Release in Rubber Plantation Soils in Southern Thailand

อารีรัตน์ ชูเมฆา<sup>1</sup>, จำเป็น อ่อนทอง<sup>1</sup>, ขวัญตา ขาวมี<sup>1</sup> และ จักรกฤษณ์ พูนภักดิ์<sup>1\*</sup>  
Arirat Chumekha<sup>1</sup>, Jumpen Onthong<sup>1</sup>, Khwunta Khawmee<sup>1</sup> and Chakkrit Poonpakdee<sup>1\*</sup>

Received date: 10 ส.ค. 66 Revised date: 27 ก.ย. 66 Accepted date: 29 ก.ย. 66

DOI: <https://doi.org/10.55003/kmaj.2025.03.24.001>

## บทคัดย่อ

โพแทสเซียม (K) เป็นธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและสร้างน้ำยางของยางพารา การตรึงและปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินเป็นกระบวนการสำคัญในดินที่ควบคุมความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดิน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพในการตรึงและการปลดปล่อยโพแทสเซียมในกลุ่มดินเนื้อหยาบ เนื้อปานกลาง และเนื้อละเอียดที่ใช้ปลูกยางพาราในภาคใต้ของประเทศไทย ผลการทดลอง พบว่า ดินที่ใช้ศึกษามีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์และโพแทสเซียมที่ถูกตรึงระดับต่ำ ดินมีศักยภาพในการตรึงโพแทสเซียมสูงเมื่อเติมโพแทสเซียมในดินที่ความเข้มข้นต่ำ ๆ ( $10\text{-}50\text{ mg K kg}^{-1}$ ) ร้อยละการตรึงโพแทสเซียมในกลุ่มดินเนื้อละเอียดมีค่าสูงกว่ากลุ่มดินเนื้อปานกลาง และกลุ่มดินเนื้อหยาบ ตามลำดับ นอกจากนี้ เมื่อประเมินค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานโพแทสเซียม ( $BC_K$ ) ซึ่งเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงความสามารถของดินในการตรึงโพแทสเซียมในดิน พบว่า กลุ่มดินเนื้อละเอียดมีความสามารถในการตรึงและปลดปล่อยโพแทสเซียมได้สูงกว่ากลุ่มดินเนื้อปานกลาง และกลุ่มดินเนื้อหยาบ ตามลำดับ ทั้งนี้ปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกปลดปล่อยออกมามีปริมาณเพิ่มขึ้นเมื่อดินมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมปริมาณสูงขึ้น ดังนั้น แนวทางการจัดการความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดินปลูกยางพาราในภาคใต้ควรมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมร่วมกับปุ๋ยอินทรีย์เพื่อเพิ่มระดับโพแทสเซียมและความสามารถในการดูดซับโพแทสเซียมในดิน โดยเฉพาะในกลุ่มดินเนื้อหยาบที่มีความสามารถในการต้านทานโพแทสเซียมต่ำกว่ากลุ่มดินเนื้อละเอียด

**คำสำคัญ:** การต้านทานโพแทสเซียมในดิน สถานะโพแทสเซียม ธาตุอาหารพืช โพแทสเซียม

## Abstract

Potassium (K) is an essential element for rubber tree growth and latex synthesis. K fixation and K release are the key factors that control K availability in soil. This objective of this research was to investigate the potential of K fixation and K release in coarse, medium, and fine textured soil groups on a rubber plantation in southern Thailand. The results indicated that the soil used for this study had both available K and fixed K in low level. The potentiality of K fixation was high when low K concentrations ( $10\text{-}50\text{ mg K kg}^{-1}$ ) were added to the soil. The percentage of K fixation in fine textured soil groups was higher than in medium and in coarse textured soil groups, respectively. The buffering coefficient for K ( $BC_K$ ), which indicates the ability of K fixation in soil, found that the capacity of K fixation and K release in fine textured soil groups was higher than in medium and in coarse textural soil groups, respectively. The amount of K release was higher in soil with a higher dosage of K fertilizer application. Therefore, the management approach for available K in rubber growing soils should be applying a combination of K fertilizer and organic fertilizer to enhance K level and the ability of K adsorption in soil, especially for coarse textured soil groups with a lower K buffering capacity than fine textured soil groups.

**Keywords:** soil K buffering capacity, K status, plant nutrition, potassium

<sup>1</sup> สาขาวิชาวนวัฒนกรรมเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

<sup>1</sup> Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University, Songkhla 90110

\* Corresponding author: [chakkrit.p@psu.ac.th](mailto:chakkrit.p@psu.ac.th)

## คำนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยโดยมีพื้นที่ปลูก 24.46 ล้านไร่ กระจายทั่วประเทศ (Office of Agricultural Economics, 2021) โดยเฉพาะภาคใต้ที่มีพื้นที่ปลูก 14.19 ล้านไร่ ยางพาราจะเจริญเติบโตดีและให้ผลผลิตสูงจำเป็นต้องได้รับโพแทสเซียม (K) อย่างเพียงพอ โพแทสเซียมมีบทบาทช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์อะดีโนซีนไตรฟอสฟาเทส (ATPase) ซึ่งช่วยเคลื่อนย้ายซูโครสที่เป็นสารตั้งต้นในการสร้างน้ำยางพาราเข้าสู่ท่ออาหารและสังเคราะห์ยาง กระตุ้นเอนไซม์ไพรุเวตคิเนสเพื่อเปลี่ยน phosphoenolpyruvate (PEP) เป็นไพรุเวตในกระบวนการไกลโคไลซิสที่ใช้สร้างน้ำยาง (Jacob et al, 1989) เมื่อยางพาราได้รับโพแทสเซียมเพียงพอ พบว่า ยางพาราก่อนเปิดกรีดโตดีขึ้น ส่วนยางพาราหลังเปิดกรีดสร้างเปลือกใหม่เร็วขึ้นและปริมาณน้ำยางเพิ่มขึ้น (Kungpisdan, 2009) ยางพาราที่ได้รับโพแทสเซียมไม่เพียงพอจะแสดงอาการใบเหลืองซีดเริ่มจากขอบใบและยอด (Kungpisdan, 2007) แต่เมื่อได้รับโพแทสเซียมมากเกินไปส่งผลให้ดูดใช้แคลเซียมและแมกนีเซียมลดลง (Pongthai et al., 2017)

โพแทสเซียมในดินเมื่อแบ่งตามความเป็นประโยชน์ต่อพืชแบ่งเป็น 4 รูป คือ โพแทสเซียมในสารละลายดิน โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โพแทสเซียมที่ถูกตรึง และโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่ (Brady and Weil, 2008) รูปที่พืชสามารถดูดนำไปใช้ได้ทันที คือ โพแทสเซียมในสารละลายดินและที่แลกเปลี่ยนได้ ในขณะที่โพแทสเซียมที่ถูกตรึงเป็นรูปที่ค่อย ๆ เป็นประโยชน์ต่อพืชและโพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่พืชไม่สามารถดูดนำไปใช้ได้ทันที โพแทสเซียมทั้ง 4 รูปในดินมีสมดุลแบบเปลี่ยนกลับได้ กล่าวคือ ดินมีสมบัติในการต้านทานการเปลี่ยนระดับโพแทสเซียม เมื่อโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินลดลงและไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม โพแทสเซียมที่ถูกตรึงจะมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมออกมาเพื่อเพิ่มโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน อันเป็นการรักษาสมดุลโพแทสเซียม (Brady and Weil, 2008) ในทางกลับกัน เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมซึ่งเป็นการเพิ่มโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน ดินจะมีการตรึงโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ส่วนหนึ่งไว้ และจะถูกปลดปล่อยออกมาเป็นประโยชน์เมื่อดินมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำ

ดินปลูกยางพาราในภาคใต้มีทั้งดินเนื้อหยาบและเนื้อละเอียด ดินในภาคใต้ส่วนใหญ่ถูกจัดอยู่ในอันดับ Entisols (Kheoruenromne and Vijansorn, 2003) ดินในอันดับนี้เป็นดินที่มีพัฒนาการสูง ดินชั้นล่างมีการสะสมอนุภาคดินเหนียว ดินมีร้อยละความอิ่มตัวด้วยเบสต่ำกว่า 35 และดินส่วนใหญ่มีแร่ดินเหนียวชนิดเคโอลิไนต์ที่มีกิจกรรมต่ำเป็นหลัก จากสภาพภูมิอากาศของภาคใต้ที่ร้อนชื้น ฝนตกชุก ดินสูญเสียธาตุอาหารโดยเฉพาะโพแทสเซียมออกจากดินได้ง่ายโดยกระบวนการชะละลาย ส่งผลให้ดินปลูกยางพาราในภาคใต้ของประเทศไทยส่วนใหญ่มีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่อพืชมต่ำ (Kitprasong et al., 2020; Damrongrak et al., 2015)

การจัดการโพแทสเซียมให้เพียงพอต่อความต้องการของยางพาราจึงมีบทบาทสำคัญในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิต การเข้าใจถึงความสามารถของดินในการต้านทานการเปลี่ยนระดับโพแทสเซียมซึ่งประกอบด้วย การตรึงและการปลดปล่อยโพแทสเซียมจึงมีความสำคัญในการจัดการปุ๋ยโพแทสเซียม แม้มีรายงานถึงความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนแปลงระดับโพแทสเซียมในดินปลูกอ้อย (Darunsontaya et al., 2018) และการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินปลูกข้าว (Darunsontaya et al., 2019) อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานความสามารถของดินในการต้านทานการเปลี่ยนระดับโพแทสเซียมในดินปลูกยางพาราในภาคใต้ ดังนั้น จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพในการตรึงและปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินปลูกยางพาราในภาคใต้ของประเทศไทย เพื่อเป็นแนวทางการจัดการความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดินปลูกยางพาราที่มีเนื้อดินแตกต่างกัน

## วิธีการศึกษา

### การเก็บและเตรียมตัวอย่างดินเพื่อวิเคราะห์สมบัติทางฟิสิกส์ เคมี และแร่วิทยา

เก็บดินที่มีเนื้อดินในกลุ่มเนื้อดินหยาบ กลุ่มเนื้อปานกลาง และกลุ่มเนื้อละเอียดที่ใช้ปลูกยางพาราที่ความลึก 0-30 เซนติเมตร (Kungpisdan, 2008) อย่างละ 4 ชุดดิน โดยกลุ่มดินเนื้อละเอียด ได้แก่ ชุดดินอ่าวลึก (Ak), นาทอน (Ntn), รือเสาะ (Ro) และพัทลุง (Ptl) กลุ่มดินเนื้อปานกลาง ได้แก่ ชุดดินฝั่งแดง (Fd), สายบุรี (Bu), ลำภูรา (LI) และหาดใหญ่ (Hy) และกลุ่มดินเนื้อหยาบ ได้แก่ ชุดดินคอกหงษ์ (Kh), บาเจาะ (Bc), คลองท่อม (Km), และนาทวี (Nat) ฝั่งดินให้แห้งในที่ร่ม บด และร่อนผ่านตะแกรงช่องเปิด 2 มิลลิเมตร เพื่อวิเคราะห์พีเอช ค่าการนำไฟฟ้า (ดิน:น้ำ, 1:5) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์โดยวิธี Bray II ไนโตรเจนทั้งหมดในดินโดยวิธี Kjeldahl ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออน แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมที่สกัดได้โดย 1 M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7 ส่วนดินที่ร่อนผ่านตะแกรงช่องเปิด 0.5 มิลลิเมตรใช้วิเคราะห์อินทรียวัตถุโดยวิธี Walkley-Black ตามคู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช (Onthong and Poonpakdee, 2020) เนื้อดินโดยวิธี Hydrometer (Gee and Bauder, 1986) และชนิดแร่

ในอนุภาคขนาดดินเหนียวด้วยวิธีเลี้ยวเบนรังสีเอ็กซ์ โดยนำดินมากำจัดสารเชื่อม ทำให้อนุภาคดินเหนียวอิมมัลชันด้วยแมกนีเซียมและโพแทสเซียม จากนั้นนำมาเข้าเครื่อง X-Ray Diffractometer (XRD) นำตัวอย่างที่อิมมัลชันด้วยโพแทสเซียมไปเผา ส่วนตัวอย่างที่อิมมัลชันด้วยแมกนีเซียมนำมาทำให้อิมมัลชันด้วยกลีเซอรอล (glycerol) แล้วนำเข้าเครื่อง XRD ด้วยเทคนิคระยะห่างระหว่างผลึก (Whitting, 1965)

#### การวิเคราะห์โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน

วิเคราะห์โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดิน (Helmke and Sparks, 1996) ได้แก่ 1) โพแทสเซียมในสารละลายดิน (Sol-K) โดยสกัดด้วยน้ำปราศจากไอออน (DI water) 2) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch-K) สกัดด้วย 1 M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  วัดโพแทสเซียมด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS) โดยหักลบกับ Sol-K (Thomas, 1982) 3) โพแทสเซียมที่สกัดได้ ( $\text{NH}_4\text{OAc-K}$ ) เป็นผลรวมของ Sol-K และ Exch-K 4) โพแทสเซียมที่ถูกตรึง (Fixed-K) 5) โพแทสเซียมที่สกัดด้วยกรดไนตริก ( $\text{HNO}_3\text{-K}$ ) คำนวณ Fixed-K จากผลต่างโพแทสเซียมที่สกัดได้โดย  $\text{HNO}_3\text{-K}$  กับ  $\text{NH}_4\text{OAc-K}$  6) โพแทสเซียมที่เป็นองค์ประกอบของแร่ (Min-K) และ 7) โพแทสเซียมทั้งหมดในดิน (Total-K) โดยย่อยดินด้วยกรดผสม (HF และ  $\text{HNO}_3+\text{HCl}$ ; 1:3 v/v) หาปริมาณ Min-K โดยผลต่าง Total-K กับ  $\text{HNO}_3\text{-K}$  (Hosseinifard et al., 2010)

#### การตรึงโพแทสเซียมในดินปลูกยางพารา

ชั่งดิน 30 กรัม เติมสารละลายโพแทสเซียมซึ่งเตรียมจาก  $\text{KNO}_3$  ที่มีโพแทสเซียม 15, 30, 45, 60, 75, 150, 300 และ 600  $\text{mg L}^{-1}$  ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ซึ่งจะได้โพแทสเซียมที่เติมในดิน 10, 20, 30, 40, 50, 100, 200 และ 500  $\text{mg/kg}$  หลังจากนั้นนำดินไปบ่มและอบที่ 40-45 °C จนดินแห้ง แล้วทำให้ดินชื้นโดยเติม DI water เขย่า นำไปอบให้ดินแห้งอีก 2 ครั้ง นำดินมาสกัดโพแทสเซียมด้วย 1 M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ประเมินค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานโพแทสเซียม (buffering coefficient for potassium;  $\text{BC}_\text{K}$ ) จากความชันของกราฟเส้นตรงระหว่างปริมาณโพแทสเซียมที่สกัดได้และโพแทสเซียมที่เติมในดิน (Sirichomchun, 2009) และร้อยละโพแทสเซียมที่ถูกตรึง =  $(K \text{ ที่ถูกตรึง}) / (K \text{ ที่เติม}) \times 100$

#### การปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินปลูกยางพารา

นำดินที่บ่มด้วยโพแทสเซียม 20, 40, 100, 200 และ 500  $\text{mg kg}^{-1}$  มาสกัดโพแทสเซียมที่เวลาต่าง ๆ โดยชั่งดินใส่หลอดเหวี่ยงพลาสติกขนาด 50 มิลลิลิตร เติม 1 M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  (ดิน:น้ำยาสกัด; 1:2 w/v) เขย่า 1 ชั่วโมง เมื่อครบระยะเวลา บั่นเหวี่ยง แล้วเทสารสกัดทิ้ง (เพื่อกำจัด Sol-K และ Exch-K ที่มีอยู่ในดิน) จากนั้นล้างตะกอนดิน โดยเติม DI water 10 มิลลิลิตร เขย่าด้วยมือ 1 นาที บั่นเหวี่ยง เทสารดังกล่าวทิ้ง แล้วนำตะกอนดินมาเติม 1 M  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7 และสกัดโพแทสเซียมที่ถูกปลดปล่อยออกมาที่เวลา 2, 4, 8, 16, 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง โดยในแต่ละครั้งของการสกัดที่เวลาต่าง ๆ เก็บสารสกัด  $\text{NH}_4\text{OAc}$  ที่ได้เพื่อวัดความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ถูกปลดปล่อยและล้างตะกอนดิน เมื่อครบ 96 ชั่วโมง ประเมินปริมาณโพแทสเซียมปลดปล่อยสะสมจากผลรวมของโพแทสเซียมที่ถูกปลดปล่อยจากชั่วโมงที่ 2-96

$$\text{โพแทสเซียมที่ถูกปลดปล่อยจากโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน (\%)} = \frac{\text{โพแทสเซียมที่ปลดปล่อยที่ 2 – 96 ชั่วโมง}}{\text{โพแทสเซียมทั้งหมดในดิน}} \times 100$$

#### การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลสมบัติดินและรูปโพแทสเซียมมาวิเคราะห์ค่าต่ำสุด-สูงสุดของข้อมูล และหาค่าเฉลี่ยในแต่ละกลุ่มเนื้อดิน จากนั้นวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างร้อยละการตรึงและการปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินระหว่างกลุ่มเนื้อดินด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test ที่  $P \leq 0.05$

### ผลการศึกษาและวิจารณ์

#### สมบัติดินและชนิดแร่ในอนุภาคดินเหนียวของดินปลูกยางพารา

เนื้อดินของแต่ละดินที่ใช้ศึกษามีผลวิเคราะห์สอดคล้องกับการจัดกลุ่มเนื้อดิน (Table 1) ทั้งนี้ดินปลูกยางพาราทั้ง 3 กลุ่มเนื้อดินมีพีเอชเป็นกรดรุนแรงถึงกรดเล็กน้อย (5.15-6.54) และค่าการนำไฟฟ้าต่ำ (0.01-0.02  $\text{dS m}^{-1}$ ) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์และไนโตรเจนทั้งหมดใกล้เคียงกัน (Table 2) แคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียมที่สกัดได้เพิ่มขึ้นตามปริมาณอนุภาคดินเหนียวที่เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและอินทรีย์วัตถุในดินที่พบว่า มีค่าสูงในกลุ่มดินเนื้อละเอียด ปานกลาง และหยาบ ตามลำดับ ส่วนแร่ในอนุภาคขนาดดินเหนียวของดินทั้ง 3 กลุ่ม โดยเฉพาะในกลุ่มดินเนื้อหยาบ และปานกลางส่วนใหญ่มีแร่เคลโอไลน์เป็นองค์ประกอบหลักมากกว่าร้อยละ 60 (Table 1) พบโอลิไต์และมอนต์มอริลโลไนต์น้อยกว่าร้อยละ 10 ขณะที่กลุ่มดินเนื้อละเอียดมีแร่ดินเหนียวชนิดโอลิไต์และมอนต์มอริลโลไนต์ตั้งแต่ร้อยละ 5-60

**Table 1** Mineralogy of clay fractions in studied soils

Soil textural groups	Soil series	Soil texture	Kao	Ill	Ill-Mont	Ver	Gib	Ant	Qtz	etc
Coarse	Kh	Sandy loam	xxxx	xx	x	-	-	-	tr	-
	Bc*	Sand	-	-	-	-	-	-	-	-
	Km	Sandy loam	xxxx	-	x	-	-	-	tr	-
	Nat	Sandy loam	xxxx	-	x	-	-	-	tr	-
Medium	Fd	Sandy Clay Loam	xxxx	-	x	-	-	-	tr	-
	Bu	Loam	xxx	xx	-	-	-	-	x	-
	LI	Sandy Clay Loam	xxxx	x	-	-	-	-	-	x
	Hy	Sandy Clay Loam	xxxx	x	-	-	-	-	tr	-
Fine	Ak	Clay	xxx	-	-	-	xx	x	-	x
	Ntn	Clay Loam	xx	xx	xxx	-	-	-	-	-
	Ro	Clay Loam	xx	xx	xxx	-	-	-	-	-
	Ptl	Clay	xxxx	x	x	-	-	-	-	-

Remark: xxxx = > 60%; xxx = 40–60%; xx = 20–40%; x = 5–20%; and tr = <5%. Kao = kaolin; Ill = illite; Ill-Mont = illite-montmorillonite; Ver = vermiculite; Gib = gibbsite; Ant = anatase; Qtz = quartz. Bc\* = not analyzed because soil texture contained clay particles less than 6%.

**Table 2** Range, mean, and standard deviation (SD) value of soil samples

Soil properties	Value	Soil textural groups		
		Coarse (n=4)	Medium (n=4)	Fine (n=4)
pH (1:5; soil:DI water)	Min-Max	5.02-5.27	4.56-6.99	4.99-7.67
	Mean $\pm$ SD	5.15 $\pm$ 0.11	5.34 $\pm$ 1.14	6.54 $\pm$ 1.12
EC (1:5) (dS m <sup>-1</sup> )	Min-Max	0.007-0.014	0.01-0.03	0.01-0.03
	Mean $\pm$ SD	0.01 $\pm$ 0.00	0.02 $\pm$ 0.01	0.02 $\pm$ 0.01
OM (g kg <sup>-1</sup> )	Min-Max	5.83-11.44	6.55-18.29	17.07-23.02
	Mean $\pm$ SD	8.61 $\pm$ 2.29	13.63 $\pm$ 5.16	21.11 $\pm$ 2.79
Avai. P (mg kg <sup>-1</sup> )	Min-Max	3.51-4.83	0.29-7.51	0.17-11.34
	Mean $\pm$ SD	3.90 $\pm$ 0.63	3.48 $\pm$ 3.20	5.48 $\pm$ 5.71
Extr. K (mg kg <sup>-1</sup> )	Min-Max	5.39-16.88	18.83-38.35	29.00-81.23
	Mean $\pm$ SD	12.44 $\pm$ 4.93	28.07 $\pm$ 9.80	59.30 $\pm$ 25.35
Extr. Ca (mg kg <sup>-1</sup> )	Min-Max	8.65-11.87	7.57-24.68	26.81-766.44
	Mean $\pm$ SD	30.15 $\pm$ 39.65	15.25 $\pm$ 7.29	319.67 $\pm$ 318.30
Extr. Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	Min-Max	6.06-125.19	4.11-119.11	13.91-796.17
	Mean $\pm$ SD	38.96 $\pm$ 57.73	41.19 $\pm$ 52.61	265.20 $\pm$ 364.51
Total N (g kg <sup>-1</sup> )	Min-Max	0.23-0.77	0.59-1.05	0.97-1.55
	Mean $\pm$ SD	0.53 $\pm$ 0.23	0.87 $\pm$ 0.21	1.27 $\pm$ 0.24
CEC (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	Min-Max	1.01-2.05	3.37-7.78	9.31-12.20
	Mean $\pm$ SD	1.60 $\pm$ 0.44	5.33 $\pm$ 1.90	10.75 $\pm$ 1.19
Sand (%)	Min-Max	69.92-91.00	39.02-56.77	4.12-32.49
	Mean $\pm$ SD	80.19 $\pm$ 8.72	50.66 $\pm$ 8.16	19.93 $\pm$ 13.62
Silt (%)	Min-Max	3.02-14.17	10.94-36.56	11.12-37.18
	Mean $\pm$ SD	8.25 $\pm$ 5.01	23.83 $\pm$ 10.68	28.45 $\pm$ 11.89
Clay (%)	Min-Max	5.98-15.91	22.50-32.29	34.89-75.80
	Mean $\pm$ SD	11.56 $\pm$ 4.18	25.52 $\pm$ 4.59	51.62 $\pm$ 19.37

### โพแทสเซียมรูปต่าง ๆ ในดินปลูกยางพารา

ดินปลูกยางพาราทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า ในกลุ่มดินเนื้อหยาบ โพแทสเซียมส่วนใหญ่อยู่ในรูป Min-K > Exch-K > Fixed-K > Sol-K ขณะที่กลุ่มดินเนื้อปานกลาง และละเอียด ส่วนใหญ่อยู่ในรูป Min-K > Fixed-K > Exch-K > Sol-K (Table 3) Sol-K และ Exch-K มีแนวโน้มปริมาณเพิ่มขึ้นจากกลุ่มดินเนื้อหยาบ ปานกลาง และละเอียด ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 5.22 ถึง 21.40 mg kg<sup>-1</sup> และ 7.22 ถึง 37.89 mg kg<sup>-1</sup> ตามลำดับ เช่นเดียวกับ NH<sub>4</sub>OAc-K Fixed-K และ Total-K ที่มีปริมาณเพิ่มขึ้นในกลุ่มดินเนื้อหยาบ ปานกลาง และละเอียด ตามลำดับ

**Table 3** Potassium speciation in coarse medium and fine textural groups

Soil texture	Value	K speciation (mg kg <sup>-1</sup> )						
		Sol-K	Exch-K	NH <sub>4</sub> OAc-K	Fixed-K	HNO <sub>3</sub> -K	Min-K	Total-K
Coarse	Min-Max	1.24-7.56	4.15-9.23	5.39-16.88	2.67-10.88	8.85-24.72	674-5416	690-5425
(n=4)	Mean±SD	5.22±2.79	7.22±2.18	12.44±4.93	5.63±3.70	18.07±7.10	2776±2339	2794±2336
Medium	Min-Max	7.57-11.28	10.28-27.07	18.83-38.35	3.43-66.13	35.68-104.48	672-6530	694-6634
(n=4)	Mean±SD	9.13±1.92	18.94±8.41	28.07±9.80	26.07±34.79	54.14±44.11	3463±2938	3517±2981
Fine	Min-Max	1.77-67.48	13.75-64.97	29.00-81.23	1.70-404.33	82.93-452.09	428-14800	511-15252
(n=4)	Mean±SD	21.40±31.26	37.89±22.28	59.30±25.35	143.79±178.03	203.08±169.37	8187±6012	8390±6156

### การตรึงโพแทสเซียมในดินปลูกยางพารา

ร้อยละโพแทสเซียมที่ถูกตรึงจากการเติมความเข้มข้นโพแทสเซียมที่ระดับต่าง ๆ พบว่า ไม่แตกต่างกันทั้งในกลุ่มดินเนื้อหยาบ ปานกลาง และละเอียด (Table 4) อย่างไรก็ตาม ร้อยละการตรึงโพแทสเซียมจากดินที่เติมโพแทสเซียมความเข้มข้นต่ำ ๆ (10-50 mg K kg<sup>-1</sup>) พบว่า กลุ่มดินเนื้อละเอียดมีร้อยละการตรึงโพแทสเซียมสูงกว่ากลุ่มดินเนื้อปานกลางและกลุ่มดินเนื้อหยาบ ตามลำดับ ในขณะที่เมื่อความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมที่เติมสูงขึ้นส่งผลให้ร้อยละการตรึงโพแทสเซียมในดินลดลง (Table 4)

ค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานโพแทสเซียม (BC<sub>K</sub>) (Fig 1a) หากค่า BC<sub>K</sub> สูง (มีค่าใกล้เคียง 1) ดินมีความสามารถในการตรึงโพแทสเซียมต่ำ ส่งผลให้ดิน ณ ขณะนั้นดินมีปริมาณโพแทสเซียมในสารละลายดินและที่ถูกดูดซับอยู่มาก ดินกลุ่มเนื้อดินหยาบมีค่า BC<sub>K</sub> (0.805) สูงกว่ากลุ่มเนื้อดินปานกลาง (0.802) และกลุ่มเนื้อดินละเอียด (0.779) ทั้งนี้ดินปลูกยางพารากลุ่มดินเนื้อละเอียดมีความสามารถในการตรึงโพแทสเซียมได้สูง และเป็นดินที่สามารถต้านทานการเปลี่ยนระดับโพแทสเซียมในดินได้ดีกว่ากลุ่มดินเนื้อปานกลาง และดินเนื้อหยาบ ตามลำดับ

**Table 4** Percentage of fixed K in various different added K concentration

Soil textural groups	Average fixed K (%)							
	Added K (mg kg <sup>-1</sup> )							
	10	20	30	40	50	100	200	500
Coarse	76.75	92.98	106.61	97.89	97.80	27.22	48.48	25.20
Medium	87.62	98.75	106.64	100.77	107.69	33.52	58.52	22.48
Fine	114.03	99.01	113.36	108.18	114.27	31.69	47.00	22.16
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	26.23	15.54	14.79	13.49	18.20	44.15	17.13	15.33

Remark: ns = not significantly different (p > 0.05); C.V. = coefficient of variation

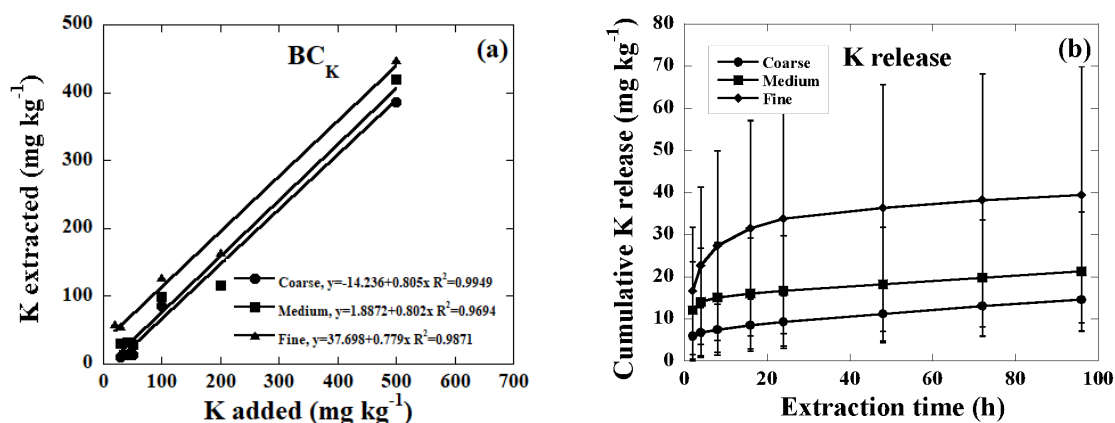


Fig 1 Buffer coefficient for K (a), and the average of cumulative K release in different soil textural groups (b).

#### การปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินปลูกยางพารา

ดินในกลุ่มดินเนื้อละเอียดมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมสะสมสูงกว่ากลุ่มดินเนื้อปานกลาง และดินเนื้อหยาบ (Fig 1b) ปริมาณโพแทสเซียมที่ถูกปลดปล่อยออกมาสูงขึ้นตามลำดับความเข้มข้นโพแทสเซียมที่เติม (Table 5) เมื่อประเมินปริมาณโพแทสเซียมที่ปลดปล่อยในดิน พบว่า กลุ่มดินเนื้อละเอียดมีร้อยละโพแทสเซียมที่ถูกปลดปล่อยสูงสุดเมื่อเทียบกับกลุ่มดินเนื้อปานกลางและดินเนื้อหยาบ โดยกลุ่มดินเนื้อหยาบและปานกลางมีศักยภาพการปลดปล่อยโพแทสเซียมต่ำกว่าร้อยละ 2 ของปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน ในขณะที่ดินกลุ่มดินเนื้อละเอียดมีศักยภาพถึงร้อยละ 6 (Table 6)

Table 5 Cumulative K release in coarse medium and fine textural soil groups

K added (mg K kg <sup>-1</sup> )	Cumulative K release (mg kg <sup>-1</sup> )			F-test	C.V. (%)
	Soil textural groups				
	Coarse	Medium	Fine		
0	6.01b	7.30ab	14.85a	**	35.59
20	16.51	18.17	21.99	ns	22.87
40	8.48b	11.35b	20.59a	*	39.76
100	14.03b	19.05ab	33.87a	**	32.92
200	15.00b	25.18b	49.48a	**	26.09
500	27.76b	47.05b	96.21a	**	33.69

Remark: a-b Different letters within each row are significantly different, \* and \*\* are significant at the  $p \leq 0.05$  and  $0.01$  levels, ns is not significant at the  $p > 0.05$  level.

Table 6 Percentage of K release from total K concentration

K added (mg kg <sup>-1</sup> )	Percentage K release from Total K (%)				
	Textural soil groups			F-test	C.V. (%)
	Coarse	Medium	Fine		
0	0.41	0.18	0.84	ns	174.39
20	1.14	0.67	1.46	ns	144.41
40	0.54	0.37	1.42	ns	190.65
100	0.97	0.73	2.45	ns	233.60
200	1.11	0.83	3.28	ns	193.49
500	2.00	1.54	6.06	ns	194.60

Remark: ns letters is not significant at the  $p > 0.05$ .

## สมบัติดินปลูกยางพารา

ดินที่ปลูกยางพาราทั้ง 3 กลุ่มเนื้อดินมีพีเอชเฉลี่ยเป็นกรดจัดถึงกรดเล็กน้อย (5.15-6.54) ยางพาราสามารถเจริญเติบโตได้ดีในดินที่มีพีเอช 3.8–8.0 (Karthikakuttyamma et al., 2000) สอดคล้องกับค่าพีเอชดินที่เหมาะสมในการปลูกยางพาราในประเทศไทยที่อยู่ในช่วง 4.5-5.5 (Rubber Research Institute of Thailand, 2018) นอกจากนั้น ดินมีอินทรีย์วัตถุต่ำถึงปานกลาง (8.61–21.11 g kg<sup>-1</sup>) เพราะภาคใต้เป็นเขตร้อนชื้นทำให้เกิดการสลายตัวของซากพืชได้ดี สอดคล้องกับอินทรีย์วัตถุแปลงปลูกยางพาราในจังหวัดสงขลา (Poonpakdee et al., 2013) และปัตตานี (Damrongrak et al., 2015) ที่พบว่า อินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง การยกระดับอินทรีย์วัตถุในดินจำเป็นต้องเพิ่มการใช้วัสดุอินทรีย์หรือปุ๋ยอินทรีย์ มีรายงานว่าแปลงยางพาราที่มีการปลูกต้นตะเคียนและผักเหลียงร่วมมีอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นเนื่องจากการร่วงหล่นของใบและส่วนของพืช (Saeteaw et al., 2021) ดินปลูกยางพาราที่ศึกษามีไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และแคลเซียมที่สกัดได้ต่ำในกลุ่มดินเนื้อหยาบและปานกลาง ในขณะที่กลุ่มดินเนื้อละเอียดอยู่ในระดับปานกลาง (Table 2) รวมถึงแมกนีเซียมที่สกัดได้ พบว่า ดินทั้ง 3 กลุ่มเนื้อดินอยู่ในระดับปานกลางเมื่อเทียบกับระดับที่เหมาะสม (Kungpisdan, 2011) ดินปลูกยางพารามีการสูญเสียธาตุอาหารไปกับผลผลิตโดยในน้ำยางพารา 1 ต้นมีไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ 20, 5, 25, และ 5 กิโลกรัมตามลำดับ (Kungpisdan, 2009; Rubber Research Institute of Thailand, 2018) ดังนั้น จึงส่งผลให้ดินปลูกยางพาราในภาคใต้มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำเช่นเดียวกับดินปลูกปาล์มน้ำมัน (Sanputawong et al., 2017) และดินปลูกไม้ผลต่าง ๆ (Ntlopo et al., 2022) ในประเทศไทยที่พบว่ามีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

## การตรึงและปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินปลูกยางพารา

ดินปลูกยางพาราที่ศึกษาตรึงโพแทสเซียมได้ดี เนื่องจากดินภาคใต้ส่วนใหญ่เป็นดินพัฒนาการสูงและถูกจัดอยู่ในอันดับ Ultisols ดินมีแร่เคโอลิโนต์ซึ่งเป็นแร่ดินเหนียวที่มีกิจกรรมต่ำเป็นแร่หลักประกอบหลัก (Table 1) อย่างไรก็ตาม ร้อยละการตรึงโพแทสเซียมของดินที่เพิ่มความเข้มข้นโพแทสเซียมที่ระดับต่ำ ๆ (10-50 mg K kg<sup>-1</sup>) มีค่าสูงกว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นสูง (Table 4) ในดินกลุ่มดินเนื้อละเอียดมีร้อยละการตรึงโพแทสเซียมสูงกว่าในกลุ่มดินเนื้อปานกลาง และหยาบ ตามลำดับ เนื่องจากในดินเนื้อละเอียดมีร้อยละของแร่โอลิโกและแร่สมระหว่างโอลิโกและมอนอมอริลโลไนต์สูงกว่าในกลุ่มดินเนื้อปานกลางและหยาบ แร่ดินเหนียวชนิด 2:1 เช่น เวอร์มิคิวไลต์ (-200 ถึง -100 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) มอนต์มอริลโลไนต์ (-150 ถึง -80 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) มีประจุไฟฟ้าลบสุทธิสูงกว่าเคโอลิโนต์ (-15 ถึง -1 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>) แร่ดินเหนียวชนิด 2:1 ยังมีความสามารถในการยึดดูดตัวสูงกว่า จึงทำให้เกิดการตรึงโพแทสเซียมระหว่างช่องว่างของแร่ดินเหนียวได้ดีกว่าแร่ดินเหนียวชนิด 1:1 (Brady and Weil, 2008) แต่เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นโพแทสเซียมที่ระดับ 100, 200 และ 500 mg K kg<sup>-1</sup> พบว่า ดินมีร้อยละการตรึงโพแทสเซียมลดลง ทั้งนี้ ดินที่ศึกษามีแร่ดินเหนียวเคโอลิโนต์ซึ่งมีพื้นที่ผิวจำกัดจึงทำให้การดูดซับโพแทสเซียมได้จำกัด ดังนั้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นโพแทสเซียมที่เติมในดินจึงส่งผลให้ร้อยละการดูดซับโพแทสเซียมได้ลดลง (Table 4) กลุ่มดินเนื้อละเอียดมีอนุภาคดินเหนียวและปริมาณอินทรีย์วัตถุซึ่งเป็นแหล่งประจุลบในดินสูงกว่ากลุ่มดินเนื้อปานกลางและหยาบ ส่งผลให้กลุ่มดินเนื้อละเอียดมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูง (Table 2) สอดคล้องกับดินเนื้อปูนที่มีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนและปริมาณร้อยละดินเหนียวสูงพบว่าตรึงโพแทสเซียมได้ดี (Najafi and Abtahi, 2012) ค่า BC<sub>k</sub> ของดินเป็นดัชนีบ่งชี้ถึงความสามารถของดินในการตรึงโพแทสเซียมในดิน โดยค่าดังกล่าวยังขึ้นอยู่กับปริมาณประจุไฟฟ้าลบระหว่างชั้นของแร่ดินเหนียว (inter layer) (Wivutvongvana, 2003) นอกจากนั้น การแห้งสลับเปียกของดินยังส่งเสริมให้เกิดการตรึงและการปลดปล่อยโพแทสเซียมมากขึ้น (Shakeri and Abtahi, 2019)

กลุ่มดินเนื้อละเอียดมีความสามารถในการตรึงและปลดปล่อยโพแทสเซียมได้ดีกว่ากลุ่มดินเนื้อปานกลางและกลุ่มดินเนื้อหยาบ (Table 7) กลุ่มดินเนื้อละเอียดมีแร่ดินเหนียว 2:1 เช่น แร่โอลิโก (100-200 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) มอนต์มอริลโลไนต์ (700-800 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) ซึ่งมีพื้นที่ผิวสูงกว่าแร่ดินเหนียวชนิด 1:1 เช่น เคโอลิโนต์ (10-20 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) (Wivutvongvana, 2003) ซึ่งพบมากในกลุ่มดินเนื้อปานกลางและเนื้อหยาบ (Table 1) จึงส่งผลให้กลุ่มดินเนื้อละเอียดมีสมบัติในการตรึงและปลดปล่อยโพแทสเซียมได้ดีกว่ากลุ่มดินเนื้อหยาบ ดังนั้น โดยทั่วไปคำแนะนำปุ๋ยในดินเนื้อหยาบจึงมีปริมาณโพแทสเซียมสูงกว่าในดินเนื้อละเอียด เช่นเดียวกับคำแนะนำปุ๋ยสำหรับยางพาราก่อนเปิดกรีดที่ปลูกในดินเนื้อหยาบ (20-10-17) และดินเนื้อละเอียด (20-10-12) ในเขตปลูกยางใหม่ของประเทศ (Rubber Research Institute of Thailand, 2018) ดินที่มีแร่ดินเหนียวโอลิโกและมอนโมริลโลไนต์สูงมีความสามารถในการปลดปล่อยโพแทสเซียมสูงกว่าดินที่มีแร่เคโอลิโนต์เป็นองค์ประกอบหลัก (Darunsontaya et al., 2010) ได้มีการศึกษาความสัมพันธ์ของค่าศักยภาพความจุเฟอร์ของโพแทสเซียม (potential buffering capacity of K; PBC<sub>k</sub>) ซึ่งเป็นดัชนีบ่งบอกความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนระดับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน หากค่า PBC<sub>k</sub> สูง แสดงว่าดินสามารถรักษาระดับปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินได้ดี (Saleque et al., 2009) พบว่า ค่าดังกล่าวมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณอินทรีย์วัตถุและค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (Suttanukool et al., 2019) นอกจากนั้น ความสามารถของดินในการ

เป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืชดาซีโอ (*Pistacia vera* L.) ที่ปลูกในดินที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม พบว่า พืชสามารถเจริญเติบโตได้ดี แต่โพแทสเซียมที่ถูกตรึงในดินบริเวณโคนรากพืชมีปริมาณลดลงเมื่อเทียบกับก่อนการทดลอง เนื่องจากดินปลดปล่อยโพแทสเซียมจากรูปที่ถูกตรึงซึ่งไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชทันทีให้ออกมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์และพืชสามารถดูดนำไปใช้ได้ (Hosseinifard et al., 2010)

มีการใช้แร่ที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบมาบดให้มีขนาดเล็กเพื่อใช้เป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่หญ้าไรซ์ (*Lolium perenne* L.) ที่ปลูกในดินที่มีโพแทสเซียมต่ำ พบว่า หญ้าไรซ์สามารถเจริญเติบโตและมีการดูดใช้โพแทสเซียมสูงกว่าการไม่ใส่แร่ดังกล่าว (Li et al., 2015) เช่นเดียวกับการใช้แร่ไบโอไทต์ โพลโกไทต์ และไมโครคลายน์เป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืช พบว่า ต้นหอมมีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และการเจริญเติบโตดีขึ้นเมื่อเทียบกับไม่ใส่ อีกทั้งไม่ได้ส่งผลให้การเจริญเติบโตของต้นหอมมีความแตกต่างเมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (Manning et al., 2017; Mohammed et al., 2014) แม้ว่าดินมีความสามารถในการรักษาระดับโพแทสเซียม แต่การปลูกพืชในดินที่มีความสามารถในการต้านทานการเปลี่ยนระดับโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินสูง พบว่า ดินมีโพแทสเซียมทั้งหมดลดลงและเกิดการเสียสมดุลโพแทสเซียมมากกว่าดินที่ปลูกพืชและมีการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียม (Li et al., 2020) ดังนั้น ดินที่ใช้ทำการเกษตรจึงควรใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมให้เพียงพอต่อความต้องการของพืชเพื่อรักษาสสมดุลโพแทสเซียมในดิน

**Table 7** Average the amount of fixed K and released K in various K added in soils

Soil textural group	K average (mg kg <sup>-1</sup> )	
	Fixed K	Cumulative K release
Coarse	61.58	16.36 b
Medium	64.60	24.16 b
Fine	65.40	44.88 a
F-test	ns	**
C.V. (%)	67.09	71.68

Remark: a-b different script letters within each column are significantly different, \*\* is significant at the  $p \leq 0.01$  level, ns is not significant at the  $p > 0.05$  level.

### แนวทางการจัดการโพแทสเซียมในดินปลูกยางพาราในภาคใต้ของประเทศไทย

ดินปลูกยางพาราทั้ง 3 กลุ่มเนื้อดินมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (Table 3) ต่ำกว่าระดับที่เหมาะสม (40–80 mg kg<sup>-1</sup>) (Rubber Research Institute of Thailand, 2018) สอดคล้องกับการศึกษาความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดินปลูกยางพาราในภาคใต้ที่พบว่าอยู่ในระดับต่ำ (Damrongrak et al., 2015; Kongmak et al., 2017) ดินปลูกยางพาราในภาคใต้มีโพแทสเซียมที่ถูกตรึงซึ่งเป็นแหล่งสำรองโพแทสเซียมต่ำ ทั้งนี้ภาคใต้เป็นเขตปลูกยางพาราเดิมมีการปลูกยางพาราเป็นรอบที่ 2-3 ดังนั้น การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมให้เพียงพอต่อความต้องการของยางพาราจึงเป็นสิ่งจำเป็นโดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังเปิดกรีดที่ยางพาราจำเป็นต้องนำโพแทสเซียมไปใช้ในการสร้างน้ำยาง สถาบันวิจัยยางได้แนะนำปุ๋ยผสมสูตร 29-5-18 อัตรา 1 kg tree<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> คิดเป็นโพแทสเซียมที่ใส่ในดิน 11.35 kg rai<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> (76 tree rai<sup>-1</sup>) และยางพารามีการดูดใช้โพแทสเซียมสร้างมวลและน้ำยาง 7.23 kg rai<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> (ข้อมูลจากสวนยางพาราที่ให้ผลผลิตเนื้อยางแห้ง 400 kg rai<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>) ต้นยางพารามีการใช้โพแทสเซียมในการสร้างมวลและน้ำยาง 95.2 g tree<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> (Yingjajaval and Bangjan, 2006) เห็นได้ว่าโพแทสเซียมที่ใส่และที่สูญเสียไปกับน้ำยางมีปริมาณใกล้เคียงกัน แต่ความสามารถในการตรึงและการปลดปล่อยโพแทสเซียมในกลุ่มดินเนื้อหยาบ ปานกลาง และละเอียดมีแตกต่างกัน นอกจากนั้น ปุ๋ยโพแทสเซียมเมื่อใส่ลงไปในดินมีประสิทธิภาพให้พืชดูดนำไปใช้ได้เพียงร้อยละ 20-40 (Baligar and Bennett, 1986) ดังนั้น การแบ่งใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในปริมาณน้อยแต่บ่อยครั้ง ร่วมกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ จึงเป็นแนวทางเพิ่มความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดินและการปรับปรุงสมบัติทางฟิสิกส์ของดินโดยเฉพาะในกลุ่มดินเนื้อหยาบ ซึ่งมีความสามารถในการตรึงโพแทสเซียมได้ต่ำ (Fig 1a) ทั้งนี้สถาบันวิจัยยางแนะนำปุ๋ยอินทรีย์ในอัตรา 3-5 kg tree<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> (Rubber Research Institute of Thailand, 2018)

โพแทสเซียมในดินส่วนใหญ่อยู่ในรูป Min-K มากกว่าร้อยละ 95 ของโพแทสเซียมทั้งหมดในดิน (Table 3) โพแทสเซียมในรูปนี้เป็นแหล่งสำรองโพแทสเซียมแก่ยางพาราในอนาคต มีรายงานว่ายางพารามีกลไกในการหลั่งกรดออกซาลิก (oxalic acid) ให้ออกมาบริเวณราก (Onthong and Osaki, 2006) นอกจากนั้น แบคทีเรียที่สามารถละลายแร่ที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ



(K solubilizing bacteria; KSB) ก็สามารถสร้างและปลดปล่อยกรดออกซาลิก ซิทริก (citric acid) และมาลิก (malic acid) (Chen et al., 2022) ให้ออกมาในดินได้เช่นเดียวกัน กรดอินทรีย์ดังกล่าวจะไปละลายโพแทสเซียมที่อยู่ในรูปที่เป็นองค์ประกอบของแร่ซึ่งพืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ให้ออกมาและกลายเป็นรูปที่เป็นประโยชน์ ดังนั้น การประยุกต์ใช้แบคทีเรียกลุ่ม KSB ซึ่งสามารถสร้างกรดอินทรีย์รวมทั้งการกระตุ้นให้ยางพาราสามารถหลั่งกรดอินทรีย์ดังกล่าวออกมาจะส่งผลให้โพแทสเซียมบริเวณรากพืชเป็นประโยชน์มากขึ้น ดังนั้น หากสามารถละลายโพแทสเซียมจากรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชทันทีให้เป็นประโยชน์ร่วมกับการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมและปุ๋ยอินทรีย์ในดินปลูกยางพารา จึงน่าจะเป็นแนวทางในการจัดการโพแทสเซียมในดินปลูกยางพาราอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดโดยเฉพาะในช่วงที่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีราคาแพงในสภาวะปัจจุบัน

### สรุปผลการศึกษา

โพแทสเซียมในดินส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 95 อยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทันที ในขณะที่โพแทสเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลางและมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากดินในกลุ่มดินเนื้อหยาบ ปานกลาง และเนื้อละเอียด ตามลำดับ การตรึงและปลดปล่อยโพแทสเซียมในดินปลูกยางพารา พบว่า การตรึงโพแทสเซียมในดินเกิดได้ดีในกลุ่มดินเนื้อละเอียดซึ่งมีแร่ดินเหนียวชนิด 2:1 เด่น ดินปลูกยางพาราในภาคใต้ทั้ง 3 กลุ่มเนื้อดินมีค่าสัมประสิทธิ์การต้านทานโพแทสเซียม ( $BC_K$ ) สูงอยู่ในช่วง 0.779-0.805 ซึ่งชี้ให้เห็นว่า เมื่อมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมลงไปในดิน โพแทสเซียมส่วนใหญ่ร้อยละประมาณ 80 อยู่ในสภาวะละลายดินและรูปที่แลกเปลี่ยนได้ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ทันที ในขณะที่ร้อยละ 20 ของปริมาณที่เติมลงไปถูกตรึงไว้ในดิน ในขณะที่มีความสามารถในการปลดปล่อยโพแทสเซียม พบว่า โพแทสเซียมมีการปลดปล่อยได้ดีในดินกลุ่มดินเนื้อละเอียดสูงกว่ากลุ่มดินเนื้อปานกลาง และหยาบ ตามลำดับ ดินปลูกยางพาราในภาคใต้มีศักยภาพในการปลดปล่อยโพแทสเซียมจากโพแทสเซียมที่เป็นแหล่งสำรองได้ต่ำ ดังนั้น ดินปลูกยางพาราในภาคใต้จึงควรใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมและปุ๋ยอินทรีย์ร่วมด้วยเพื่อเป็นแหล่งให้โพแทสเซียม นอกจากนั้น ควรมีการประยุกต์ใช้แบคทีเรียที่สามารถเปลี่ยนโพแทสเซียมจากรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อพืชให้พืชสามารถดูดนำไปใช้ได้ร่วมกับการวิจัยเพิ่มเติมถึงแนวทางในการกระตุ้นให้ยางพาราสามารถหลั่งกรดอินทรีย์เพื่อเพิ่มความเป็นประโยชน์โพแทสเซียมในดิน

### ผลประโยชน์ทับซ้อน

ผู้เขียนขอประกาศว่าบทความนี้ไม่มีผลประโยชน์ทับซ้อน

### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ (สัญญารับทุนเลขที่ RGNS 63-254) ได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากสำนักงานปลัดกระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

### การมีส่วนร่วมในการเขียนบทความของผู้เขียน

ความคิดริเริ่ม และ สมมุติฐาน: อาริรัตน์ ชูเมฆา, จักรกฤษณ์ พูนภักดี. การปฏิบัติการวิจัย การมีส่วนร่วมในการออกแบบ การทดลอง การทดสอบ เครื่องมือวัด วิธีการเก็บข้อมูล และ criteria: อาริรัตน์ ชูเมฆา, จักรกฤษณ์ พูนภักดี, ขวัญตา ขาวมี. การจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลผล: อาริรัตน์ ชูเมฆา, จักรกฤษณ์ พูนภักดี. การวิพากษ์วิจารณ์ผล การแสดง การเปรียบเทียบกับข้อสรุปหรือองค์ความรู้ หรือทฤษฎีเดิม: จักรกฤษณ์ พูนภักดี, ขวัญตา ขาวมี, จำเป็น อ่อนทอง. การมีส่วนร่วมในการเขียน manuscript: อาริรัตน์ ชูเมฆา, จักรกฤษณ์ พูนภักดี. การให้การสนับสนุนเครื่องมือ ห้องปฏิบัติการ และ ครุภัณฑ์: จักรกฤษณ์ พูนภักดี.

### เอกสารอ้างอิง

- Baligar, V. C., & Bennett, O. L. (1986). NPK-fertilizer efficiency—a situation analysis for the tropics. **Fertilizer Research**, 10(1), 147-164.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2008). **The Nature and Properties of Soils**. Pearson Education.
- Chen, Y., Yang, H., Shen, Z., & Ye, Y. (2022). Whole-genome sequencing and potassium-solubilizing mechanism of *Bacillus aryabhattai* SK1-7. **Frontiers in Microbiology**, 12(1), 1-9.
- Damrongrak, I., Damrongrak, P., & Pangsuban, S. (2015). Soil properties, plant nutrient status in rubber leaf and its growth in abandoned paddy field. **Songklanakarin Journal of Plant Science**, 2(3), 17-22. (in Thai).
- Darunsontaya, T., Jaroenpong, C., Jindaluang, W., & Jaroenchasri, R. (2018). Potassium adsorption characteristics of sugarcane growing soils in Sa Kaeo province. **Khon Kaen Agriculture Journal**, 46(2), 277-288. (in Thai).
- Darunsontaya, T., Suddhiprakarn, A., Kheoruenromne, I., & Gilkes R. J. (2010). The kinetics of potassium release to sodiumtetra phenylboron solution from the clay fraction of highly weathered soils. **Applied Clay Science**, 50(3), 376-385.
- Darunsontaya, T., Thasanon, P., Jindaluang, W., & Poomsong, K. (2019). Kinetics of potassium release of lowland soils in central plain of Thailand. **Journal of Agriculture**, 36(1), 123-133.
- Gee, G. W., & Bauder, J. W. (1986). Particle-size analysis. In Klute, A. (Ed.), **Method of Soil Analysis Part 1**, pp. 383-411. Soil Science Society of American Society of Agronomy.
- Helmke, P. A., & Sparks, L. D. (1996). Lithium, Sodium, Potassium, Rubidium and Cesium. In Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soiltanpour, P. N., Tabatabai, M. A., Johnston, C. T., & Summer, M. E. (Ed.), **Method of Soil Analysis Part 3**, pp. 551-573. Soil Science Society of American Society of Agronomy.
- Hosseinifard, J. S., Khademi, H., & Kalbasi, M. (2010). Different forms of soil potassium as affected by the age of pistachio (*Pistacia vera* L.) trees in Rafsanjan, Iran. **Geoderma**, 155(1), 289-297.
- Jacob, J. L., Prevot, J. C., & Kekwick, R. G. O. (1989). General metabolism of *Hevea brasiliensis* latex (with the exception of isoprenic anabolism). In d' Auzac, J., Jacob, J. L. & Chrestin, H. (Ed.), **Physiology of Rubber Tree Latex**, pp. 101-144. CRC Press.
- Karthikakuttyamma, M., Joseph, M., & Nair, A. S. N. (2000). Soils and nutrition. In George, P. J. & Jacob, C. K. (Ed.), **Natural Rubber: Agromanagement and Crop Processing**, pp. 170-198. Rubber Research Institute of India.
- Kheoruenromne, I., & Vijansorn, P. (2003). **Soil Taxonomy of Thailand**. Kasetsart University Press. (in Thai).
- Kitprasong, P., Khawmee, K., Poonpakdee, C., & Onthong, J. (2020). Soil magnesium: status and ratios on potassium and calcium in economic crop planted soils of southern Thailand. **Thai Science and Technology Journal**, 29(3), 483-497.
- 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(4), 66-72. (in Thai).
- Kungpisdan, N. (2007). **Efficient Use of Fertilizers with Rubber After Opening Based on Soil Analysis**. Rubber Research Institute, Department of Agriculture.
- Kungpisdan, N. (2008). **Fertilizer Usage Based on Soil Analysis**. Rubber Research Institute, Department of Agriculture.
- Kungpisdan, N. (2009). **Sustainable Management of Rubber Plantations**. Rubber Research Institute, Department of Agriculture.
- Kungpisdan, N. (2011). **Recommendation for the Use Rubber Fertilizer**. Rubber Research Institute Department of Agriculture.
- Li, C., Zhao, X., Liu, X., Lu, D., Chen, X., Wang, H., & Zhou, J. (2020). Rice and wheat yield and soil potassium changes in response to potassium management in two soil types. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, 117(1), 121-130.
- Li, T., Wang, H., Wang, J., Zhou, Z., & Zhou, J. (2015). Exploring the potential of phyllosilicate minerals as potassium fertilizers using sodium tetraphenylboron and intensive cropping with perennial ryegrass. **Scientific Reports**, 5(1), 1-7.
- Manning, D. V., Joana, B., Mallely, S. L., & Brandt, K. (2017). Testing the ability of plants to access potassium from framework silicate minerals. **Science of the Total Environment**, 574(1), 476-481.
- Mohammed, S. O. M., Brandt, K., Gray, N. D., Whit, M. L., & Manning, D. A. C. (2014). Comparison of silicate minerals as sources of potassium for plant nutrition in sandy soil. **European Journal of Soil Science**, 65(5), 653-662.
- Najafi, G. M., & Abtahi, A. (2012). Factors affecting potassium fixation in calcareous soils of southern Iran. **Archives of Agronomy and Soil Science**, 58(5), 335-352.
- Ntlopo, K. Z., Onthong, J., & Poonpakdee, C. (2022). Magnesium fractionation in different textural groups and commercial crop cultivations of Thai soils. **Science Asia**, 48(1), 223-230.
- Office of Agricultural Economics. (2021). **Agricultural Statistics of Thailand 2021**. Ministry of Agriculture and Cooperatives. (in Thai).
- Onthong, J., & Osaki, M. (2006). Adaptations of tropical plants to acid soils. **Tropics**, 15(4), 337-347.
- Onthong, J., & Poonpakdee, C. (2020). **Soil and Plant Analysis Guide**. Department of Earth Science Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University. (in Thai).
- Pongthai, T., Onthong, J., & Khawmee, K. (2017). Effect of magnesium on nutrient concentration and growth of rubber tree sapling, **Journal of Agricultural Research and Extension**, 34(1), 1-12.

- Poonpakdee, C., Onthong, J., Khawmee, K., & Duangthong, S. (2013). Potassium forms in upland and lowland rubber growing soils in Songkhla province. **Khon Kaen Agriculture Journal**, 41(2), 21-32. (in Thai).
- Rubber Research Institute of Thailand. (2018). **Academic Information of Rubber in 2018**. Rubber Research Institute Department of Agriculture. (in Thai).
- Saeteaw, W., Onthong, J., & Khawmee, K. (2021). Soil properties and organic carbon composition using infrared techniques in rubber growing soil under different rubber-based intercrops. **Thai Science and Technology Journal**, 29(5), 880-892. (in Thai).
- Saleque, M. A., Anisuzzaman, M., & Moslehuddin, A. Z. M. (2009). Quantity–intensity relationships and potassium buffering capacity of four Ganges river floodplain soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 40(1), 1333-1349.
- Sanputawong, S., Chansathean, K., Peakchantuk, N., & Chuiruy, C. (2017). Study of Proper Fertilizer Management on Growth and Yield of Oil Palm (*Eleais guineensis Jacq.*). **International Journal of Agricultural Technology**, 13(7), 2631-2639.
- Shakeri, S., & Abtahi, A. (2019). Potassium fixation capacity of some highly calcareous soils as a function of clay minerals and alternately wetting-drying. **Archives of Agronomy and Soil Science**, 66(4), 445-457.
- Sirichomchun, S. (2009). **Revising Methods of Estimating K Fertilizer Requirements on Smectitic Maize Soils**. Master of Science (Soil Science), Department of Soil Science, Kasetsart University.
- Suttanukool, P., Darunsontaya, T., & Jindaluang, W. (2019). A study on the quantity/intensity relationships of potassium of sugarcane growing soils eastern Thailand. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, 50(2), 153–163.
- Thomas, G. W. (1982). Exchangeable cations. In Page, A. L., **Methods of Soil Analysis Part 2, Chemical and Microbiological Properties**, pp. 159-165. American Society of Agronomy.
- Whitting, L. D. (1965). X-ray Diffraction Techniques for Mineral Identification and Mineralogical. In Black, C. A., Evans, D. D., Ensminger, L. E., White, J. L., Clark, F. E., & Dinauer, R. C. (Ed.), **Method of Soil Analysis. Part 1, Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling**, pp. 671-696. Soil Science Society of American Society of Agronomy.
- Wivutvongvana, P. (2003). **Soil Chemistry**. Chiangmai Pimsuay Ltd., part.
- Yingjajaval, S., & Bangjan, J. (2006). Major plant nutrient contents in para rubber (RRIM 600). **Agricultural Science Journal**, 37(4), 353-364.