



วารสารแก่นเกษตร
THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj>



โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพารา: วัสดุปรับปรุงดินและแหล่งโพแทสเซียมแก่พืช

Potassium extracted from ash of para rubber wood: Soil amendment and source of potassium to plant

ชนน พันธุ์ณี¹, จำเป็น อ่อนทอง¹, ขวัญตา ขาวมี¹ และ จักรกฤษณ์ พูนภักดี^{1*}

Chanon Punmanee¹, Jumpen Onthong¹, Khwunta Khawmee¹ and Chakkrit Poonpakdee^{1*}

¹ สาขาวิชานวัตกรรมและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จ. สงขลา 90110

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

บทคัดย่อ: ดินในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นดินกรดและมีโพแทสเซียม (K) ต่ำ เป็นข้อจำกัดต่อการเจริญเติบโตของพืช จึงต้องปรับปรุงดินและใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม ปัจจุบันมีการสกัดโพแทสเซียมจากเถ้าไม้ยางพาราเพื่อใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินและแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืช งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราต่อการเจริญเติบโตและความเข้มข้นของธาตุอาหารในพืช ปลูกรับประทานโพดเลี้ยงสัตว์ในกระถางที่ไม่เติมโพแทสเซียม ใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพารา (100-400 มก. K₂O/กก.) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (100 มก. K₂O/กก.) ผลการทดลอง พบว่า การใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราและโพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตรา 100 มก. K₂O/กก. ส่งผลให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดไม่แตกต่างกัน การใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราไม่เพียงแต่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช แต่ยังทำให้พืชมีความเข้มข้นของธาตุอาหารโดยเฉพาะโพแทสเซียมในเนื้อเยื่อเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ การใช้โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพารายังส่งผลให้ดินมีค่าพีเอชเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้น โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราจึงเป็นวัสดุทางเลือกในการเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืชและช่วยเพิ่มพีเอชของดินได้ โดยดินปลูกข้าวโพดที่มีโพแทสเซียมต่ำใส่ในอัตรา 100 มก. K₂O/กก.

คำสำคัญ: เถ้า; ปุ๋ยโพแทสเซียม; วัสดุที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม; วัสดุอินทรีย์

ABSTRACT: Most soils in Thailand are acidic and have low potassium (K) content, which restricts plant growth. Therefore, it is necessary to improve the soil and apply K fertilizer. Currently, potassium is extracted from rubber wood ash (PEA) to create soil amendment and source of K to plant. This research aims to study the effects of K extracted from rubber wood ash on plant growth and nutrients concentration in plant. Maize was grown in pots with three different treatment conditions: no K application, PEA application at the rates of 100–400 mg K₂O/kg, and KCl application at 100 mg K₂O/kg. The results showed that the growth of maize with both PEA and KCl at the rate of 100 mg K₂O/kg did not show significant differences. The application of PEA not only promoted plant growth, but also increased the nutrients concentration, especially K in the plant tissues. Furthermore, the application of PEA also increased soil pH value. Therefore, PEA is an alternative source of K for plants and enhance soil pH. In soils with low K content where maize is grown, applying PEA at the rate of 100 mg K₂O/kg is recommended.

Keywords: ash; potassium fertilizer; environmentally friendly material; organic material

* Corresponding author: chakkrit.p@psu.ac.th

Received: date; November 26, 2024 Revised date; January 2, 2025

Accepted: date; January 3, 2025 Published: date; May 30, 2025

บทนำ

ถั่วเป็นวัสดุผลพลอยได้จากการเผาชีวมวล ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้าในภาคใต้ของประเทศไทยนิยมใช้ไม้ยางพาราเป็นแหล่งเชื้อเพลิงในกระบวนการผลิต เนื่องจากหาง่ายในพื้นที่ มีตลอดทั้งปี รวมทั้งมีราคาถูกเมื่อเทียบกับชีวมวลชนิดอื่น ดังนั้น ในแต่ละปีโรงงานอุตสาหกรรมและโรงไฟฟ้าในภาคใต้จึงก่อให้เกิดถั่วเป็นปริมาณมาก มีรายงานว่า โรงไฟฟ้าชีวมวลขนาดใหญ่มีถั่วไม้ยางพาราซึ่งเกิดจากกระบวนการผลิตพลังงานราว 5,425 ตัน/ปี (บุญส่ง และคณะ, 2558) ในขณะที่ทั่วโลกคาดว่ามีถั่วประเภทต่าง ๆ เกิดขึ้นประมาณ 375 ล้านตัน/ปี (Dwivedi and Jain, 2014; Khan et al., 2021) ถั่วเป็นวัสดุที่เป็นด่างและค่าการนำไฟฟ้าสูง นอกจากนั้น มีโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม รวมทั้งจุลธาตุ ได้แก่ เหล็ก สังกะสี และแมงกานีส เป็นองค์ประกอบ (Demeyer et al., 2001) ความเป็นด่างและปริมาณธาตุอาหารพืชในถั่วขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของการเผาไหม้ โดยความเป็นด่างและธาตุโพแทสเซียม (K) โซเดียม (Na) และสังกะสี (Zn) จะลดลงเมื่ออุณหภูมิในการเผาไหม้เพิ่มขึ้นเนื่องจากสลายตัวของสารประกอบที่มีจุดเดือดต่ำ เช่น สารประกอบคาร์บอเนต (CO_3^{2-}) เป็น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) (Etiegni and Campbell, 1991; Demeyer et al., 2001) นอกจากนั้น องค์ประกอบของถั่วแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับชิ้นส่วน ชนิดของชีวมวล รวมทั้งกระบวนการที่ใช้ในการเผา (Demeyer et al., 2001) การกำจัดถั่วในปัจจุบันส่วนใหญ่ใช้วิธีฝังกลบลงในดิน ส่งผลให้ดินบริเวณดังกล่าวมีค่าความเป็นด่างสูง รวมทั้งอาจเกิดการสะสมของธาตุโลหะหนัก (Johansen et al., 2021) และก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและอื่น ๆ อีกมากมาย แม้ว่าปัจจุบันมีการพยายามนำถั่วมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น ส่วนประกอบในปูนซีเมนต์ (Alsafasfeh et al., 2022) เซรามิก (Zhang et al., 2022) รวมทั้งวัสดุปรับปรุงดินทางการเกษตร (Baloch et al., 2024) อย่างไรก็ตาม ยังคงพบว่า ปริมาณถั่วในโรงงานส่วนใหญ่ยังคงล้นพื้นที่เก็บรักษา

ประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น ฝนตกชุก และอุณหภูมิสูง ส่งผลให้ดินส่วนใหญ่มีพัฒนาการสูงและถูกจัดอยู่ในอันดับ Ultisols (เอิบ และ พิสุทธ์, 2546) ดินในอันดับนี้มีสภาพเป็นกรด มีอินทรีย์วัตถุต่ำ ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสต่ำ และมีร้อยละเบสที่แลกเปลี่ยนได้โดยเฉพาะโพแทสเซียมต่ำ (< 60 มก./กก.) ภาพรวมจึงกล่าวได้ว่าดินส่วนใหญ่ในประเทศไทยมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) ดินที่มีโพแทสเซียมต่ำจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเพื่อเพิ่มความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดิน โดยแหล่งให้โพแทสเซียมที่สำคัญ ได้แก่ โพแทสเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมไนเตรด โพแทสเซียมซัลเฟต รวมทั้งปุ๋ยอินทรีย์ หรือวัสดุอินทรีย์ต่าง ๆ ที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบ ในพืชโดยทั่วไปมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมร้อยละ 0.5-6.0 ต่อน้ำหนักแห้ง (Havlin et al., 2005) หากพืชได้รับโพแทสเซียมเพียงพอจึงส่งผลให้พืชเจริญเติบโตดี รวมทั้งมีผลผลิตและคุณภาพดี

ถั่วเป็นวัสดุอินทรีย์ที่มีโพแทสเซียมเป็นองค์ประกอบสูง (Demeyer et al., 2001) มีการประยุกต์ใช้ถั่วเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืช พบว่า เมื่อใส่ในปริมาณที่เหมาะสมส่งผลให้พืชเจริญเติบโตดี (เกศวดี และคณะ, 2561; Arseneau et al., 2021) แต่เมื่อใส่ในปริมาณที่มากเกินไปส่งผลพืชชะงักการเจริญเติบโต (อิสริยาภรณ์, 2562; Bonfim-Silva et al., 2018) เนื่องจากส่งผลให้ดินเป็นด่างสูง อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของถั่วที่มีธาตุอาหารพืช โดยเฉพาะโพแทสเซียมซึ่งมีปริมาณสูง ดังนั้น ถั่วน่าจะสามารถนำมาใช้เป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืชได้หากมีสมบัติอื่น ๆ เช่น พีเอช ตลอดจนค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสม ในปัจจุบันมีการสกัดโพแทสเซียมจากถั่วให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์โพแทสเซียมที่สกัดได้ซึ่งมีค่าพีเอชและค่าการนำไฟฟ้าลดลง ในขณะที่มีโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมสูง (จักรกฤษณ์ และคณะ, 2567) ดังนั้น โพแทสเซียมที่สกัดได้จากถั่วไม้ยางพาราจึงน่าจะใช้เป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืชได้ อย่างไรก็ตาม ยังไม่มีรายงานการทดสอบใช้วัสดุดังกล่าวเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืช ดังนั้น งานวิจัยชิ้นนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากถั่วไม้ยางพาราต่อการเจริญเติบโตและความเข้มข้นธาตุอาหารในพืชเมื่อใช้โพแทสเซียมที่สกัดได้จากถั่วไม้ยางพาราเป็นแหล่งให้โพแทสเซียม

วิธีการศึกษา

การเก็บ เตรียม และวิเคราะห์สมบัติดินก่อนและหลังปลูก

เก็บตัวอย่างดินชุดดินคอหงษ์ (Kho Hong series: Kh) ซึ่งจำแนกในระดับวงศ์ดินได้เป็น Coarse-loamy, kaolinitic, isohyperthermic Typic Kandiodults โดยเก็บดินที่ความลึก 0-30 ซม. จากผิวดิน ผึ่งดินให้แห้ง แบ่งดินออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกร่อนผ่านตะแกรงช่องเปิดขนาด 2 มม. เพื่อวิเคราะห์การแจกกระจายของอนุภาคดินด้วยวิธีไฮโดรมิเตอร์ (Jones, 2001) และสมบัติเคมีเบื้องต้น ได้แก่ พีเอช (ดิน:น้ำ = 1:5 w/v) ค่าการนำไฟฟ้า (ดิน:น้ำ = 1:5 w/v) ไนโตรเจนทั้งหมด (Kjeldahl) ฟอสฟอรัสที่สกัดได้ (Bray II) โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ (1 M NH_4OAc pH 7.0) ความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (1 M NH_4OAc pH 7.0) รวมทั้งจุลธาตุ ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ (0.167 M DTPA pH 7.3) และร่อนผ่านตะแกรงช่องเปิดขนาด 0.5 มม. เพื่อวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุ (Walkley and Black) ตามคู่มือวิเคราะห์ดินและพืช (จำเริญ และ จักรกฤษณ์, 2563) ในขณะที่ดินส่วนที่สองร่อนผ่านตะแกรงช่องเปิดขนาด 2 มม. เพื่อใช้ปลูกข้าวโพดในกระถางสภาพโรงเรือน เมื่อครบกำหนดเก็บเกี่ยว ทำการคลุกดินในกระถาง จากนั้น วิเคราะห์พีเอชและค่าการนำไฟฟ้าเพื่อเปรียบเทียบกับสมบัติดินก่อนปลูกพืช

การสกัดโพแทสเซียมและวิเคราะห์สมบัติโพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพารา

เก็บเถาลอยไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้าชีวมวล ผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วร่อนผ่านตะแกรงช่องเปิด 2 มม. จากนั้นนำเถาสกัดโพแทสเซียมโดยใช้สัดส่วนเถา:น้ำส้มควันไม้อุณหภูมิ 95-100 °C เท่ากับ 1:5 (w/v) นำไปกวนที่ความเร็ว 800 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที กรองสารสกัดด้วยตะแกรงช่องเปิดขนาด 120 เมช จากนั้นนำสารแขวนลอยที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 105 °C จนแห้งก็จะได้ผลึกของโพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพาราซึ่งมีสีเหลืองถึงดำและละลายน้ำได้ง่าย (จักรกฤษณ์ และคณะ, 2567)

วิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นของโพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพารา ได้แก่ พีเอช (วัสดุ:น้ำ = 1:2 w/v) ค่าการนำไฟฟ้า (วัสดุ:น้ำ = 1:2 w/v) ย่อยตัวอย่างด้วยกรดซัลฟิวริกเพื่อวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด (Kjeldahl) ย่อยด้วยกรดผสมระหว่างกรดไนตริก-เปอร์คลอริก ($\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$; 3:1 v/v) เพื่อวิเคราะห์ฟอสฟอรัส (yellow vanado molybdate) โพแทสเซียม (flame emission spectrophotometry) แคลเซียมและแมกนีเซียมทั้งหมด (flame absorption spectrophotometry) และย่อยด้วย Microwave digestion เพื่อวิเคราะห์ โปรท สารหนู แคดเมียม โคบอลต์ และโครเมียมทั้งหมด แล้ววัดด้วยเครื่อง Inductively Coupled Plasma - Optical Emission Spectrometer (ICP-OES) (Jones, 2001) นอกจากนั้น ประเมินร้อยละของสารองค์ประกอบในผลึกโพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพาราด้วยเทคนิค X-ray Fluorescence (XRF)

แผนการทดลองและการปลูกพืชทดสอบ

ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในกระถางขนาด 10 นิ้ว ใช้ดิน 7 กก. โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ แบ่งออกเป็น 6 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำ คือ 1) ควบคุม (ไม่ใส่โพแทสเซียม) 2) ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl ; 0-0-60) อัตรา 100 มก. K_2O /กก. กรรมวิธี 3-6) ใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพาราในอัตรา 100, 200, 300, และ 400 มก. K_2O /กก. ตามลำดับ นอกจากนั้น ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัส (N 400 มก./กก. ในรูปปุ๋ยเรียและไดแอมโมเนียมฟอสเฟต ส่วน P_2O_5 100 มก./กก. ในรูปไดแอมโมเนียมฟอสเฟต) โดยใส่ปุ๋ยหลังจากข้าวโพดงอก 1 สัปดาห์ ดูแลรดน้ำ และกำจัดวัชพืช เพื่อป้องกันข้อจำกัดของดินมีธาตุอื่น ๆ ไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดจึงได้รดปุ๋ยสารละลายไฮโดรพอนิกส์ A และ B ที่ไม่มีธาตุโพแทสเซียม (Poonpakdee et al., 2023) จนข้าวโพดอายุ 45 วัน จากนั้นประเมินการเจริญเติบโตและความเข้มข้นของธาตุอาหารในข้าวโพด

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและความเข้มข้นของธาตุอาหารในข้าวโพด

วัดการเจริญเติบโตของต้นข้าวโพดเมื่ออายุ 45 วัน โดยวัดความสูงลำต้นจากส่วนเหนือดินถึงยอด วัดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น (ส่วนที่กว้างที่สุด) จากผิวดิน 5 ซม. และนับจำนวนใบ จากนั้นเก็บตัวอย่างข้าวโพดแยกเป็นส่วนใบ ลำต้น และราก เพื่อชั่งน้ำหนักสดและอบที่อุณหภูมิ 70 °C เพื่อประเมินน้ำหนักแห้ง วิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในพืชโดยย่อยด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นสำหรับวิเคราะห์ไนโตรเจนทั้งหมด (Kjeldahl) และย่อยด้วยกรดผสมไนตริก-เปอร์คลอริก ($\text{HNO}_3\text{-HClO}_4$) สำหรับวิเคราะห์ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงทั้งหมด (จำเริญ และ จักรกฤษณ์, 2563)

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติ

นำข้อมูลการเจริญเติบโตและความเข้มข้นธาตุอาหารมาหาค่าเฉลี่ย เปรียบเทียบความแปรปรวนทางเดียว และหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) รวมทั้งประเมินร้อยละชีวมวลที่เพิ่มขึ้น และประสิทธิภาพการผลิตพืชเชิงสรีระ (agronomic efficiency) โดยคำนวณได้จากผลต่างน้ำหนักมวลชีวภาพแห้งข้าวโพด (ใส่ปุ๋ย-ไม่ใส่ปุ๋ย)/อัตราโพแทสเซียมที่ใส่ (Fageria, 1992)

ผลการศึกษา

สมบัติดินและโพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพารา

ดินที่ศึกษามีเนื้อเป็นดินร่วนปนทราย มีอนุภาคส่วนใหญ่เป็นอนุภาคทรายร้อยละ 79 อีก 10 และ 11 เป็นอนุภาคทรายแป้งและอนุภาคดินเหนียวตามลำดับ ดินมีสภาพเป็นกรดจัด มีค่าสภาพการนำไฟฟ้า และความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำ (Table 1) นอกจากนั้น ดินที่ใช้ศึกษามีไนโตรเจนทั้งหมด อินทรีย์วัตถุ โพแทสเซียมที่สกัดได้ ฟอสฟอรัสที่สกัดได้ แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้ต่ำเช่นเดียวกัน โดยภาพรวมจึงกล่าวได้ว่า ดินที่ใช้ศึกษาเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ

โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพารามีความเป็นด่างเล็กน้อย มีโพแทสเซียมทั้งหมดเป็นองค์ประกอบร้อยละ 9.78 นอกจากนั้น มีแคลเซียมและแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ 167.86 และ 18.67 ก./กก. ตามลำดับ โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพาราไม่พบการปนเปื้อนปรอท สารหนู แคดเมียม โคบอลต์ และโครเมียม (Table 2) สารประกอบในรูปออกไซด์ที่พบในโพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพาราพบหลากหลายชนิด เช่น SiO_2 , Al_2O_3 หรือ Fe_2O_3 (Table 3) เป็นต้น ดังนั้น เมื่อใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพาราจึงไม่เพียงแต่เป็นการเพิ่มโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม แต่ยังส่งผลให้ดินมีความเข้มข้นของซิลิกอนและเหล็กเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เช่นกัน

Table 1 The properties of Kho Hong (Kh) soil series

Parameter	Analysis value
pH (1:5, soil:water w/v)	5.12
EC (dS/m)	0.01
OM (g/kg)	8.41
Total N (g/kg)	0.23
Extractable P (mg/kg)	3.53
Extractable K (mg/kg)	10.76
Extractable Ca (mg/kg)	11.87
Extractable Mg (mg/kg)	6.87
CEC (cmol _c /kg)	1.54
Sand (%)	79
Silt (%)	10
Clay (%)	11
Soil texture	Sandy loam

Table 2 The properties of K extracted from ash of rubber wood (PEA)

Parameter	Analysis value
pH (1:2, PEA: water)	7.24
EC (1:2, dS/m)	22.28
Total N (g/kg)	0.04
Total P (%)	0.65
Total K (%)	9.78
Total Ca (g/kg)	167.86
Total Mg (g/kg)	18.67
Total Hg (mg/kg)	ND
Total As (mg/kg)	ND
Total Cd (mg/kg)	ND
Total Co (mg/kg)	ND
Total Cr (mg/kg)	ND

Remark: ND = Not detectable. Limit of detection Hg = 0.001 mg/L; As = 0.100 mg/L; Cd = 0.05 mg/L; Co = 0.05 mg/L; Cr = 0.05 mg/L

Table 3 Element compound oxide in K extracted from ash of rubber wood (PEA)

Material	Compound formula (%)						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	etc.
PEA	3.88	0.96	0.66	22.02	2.46	14.11	55.91

ผลของการใช้โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด

ข้าวโพดเมื่อได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมหรือโพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพารา พบว่า ข้าวโพดมีความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และจำนวนใบสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ไม่ใส่โพแทสเซียมเพิ่มเติม (Figures 1a-1c) การใส่โพแทสเซียมในปริมาณที่แตกต่างกันส่งผลให้ข้าวโพดมีความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นเมื่อสิ้นสุดการทดลองแตกต่างกัน แต่จำนวนใบใกล้เคียงกัน (Figure 1c) การใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราช่วยส่งเสริมให้ข้าวโพดเจริญเติบโตได้ดี โดยเฉพาะเมื่อใส่ในอัตรา 100 หรือ 200 มก. K₂O/กก. แต่เมื่อเพิ่มอัตราเป็น 300 และ 400 มก. K₂O/กก. พบว่า ส่งผลให้ความสูงต้นข้าวโพดมีแนวโน้มลดลง

ข้าวโพดเมื่อได้รับโพแทสเซียมจากโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราในอัตรา 100 มก. K₂O/กก. เท่ากัน พบว่า ต้นข้าวโพดมีความสูง 149.00 และ 156.50 ซม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น 21.56 และ 24.80 มม. และจำนวนใบ 10.50 และ 11.50 ใบ ตามลำดับ ซึ่งมีความใกล้เคียงกัน แต่ข้าวโพดที่ได้รับโพแทสเซียมจากโพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพารามีแนวโน้มการเจริญเติบโตด้านความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และจำนวนใบสูงกว่าเล็กน้อย

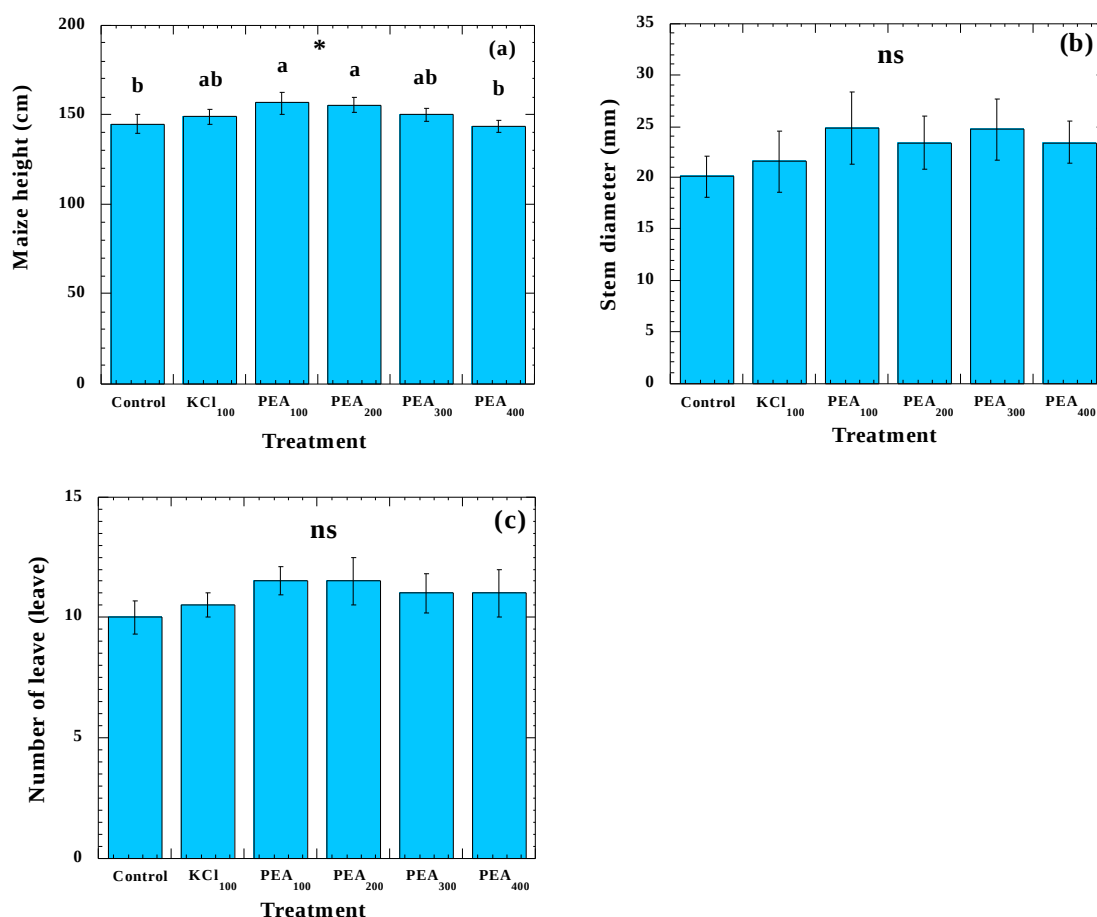


Figure 1 Growth of maize on height (a), stem diameter (b), and leaf number (c)

Remark: The vertical bars indicated the standard deviation

ผลของการใช้โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราต่อน้ำหนักชีวมวล

ข้าวโพดเมื่อได้รับโพแทสเซียมในรูปปุ๋ยเคมีโพแทสเซียมคลอไรด์หรือโพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพารา พบว่า ส่งผลให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ไม่ใส่โพแทสเซียมเพิ่มเติม (Table 4 และ 5) การใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราอัตราแตกต่างกันส่งผลให้ข้าวโพดมีแนวโน้มน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งแตกต่างกัน การใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราช่วยส่งเสริมให้ข้าวโพดเจริญเติบโตได้ดี มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ไม่ใส่โพแทสเซียม โดยเฉพาะเมื่อใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราในอัตรา 100 มก. K₂O/กก. แต่เมื่อเพิ่มอัตราเป็น 300 และ 400 มก. K₂O/กก. พบว่า ส่งผลให้ต้นข้าวโพดมีแนวโน้มน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งลดลงเช่นเดียวกับการเจริญเติบโต

กรรมวิธีใส่โพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราในอัตรา 100 มก. K₂O/กก. พบว่า ส่งผลให้น้ำหนักชีวมวลแห้งทั้งหมดของข้าวโพดเพิ่มขึ้นร้อยละ 30 เมื่อเปรียบเทียบกับที่ไม่ใส่ (Table 5) นอกจากนั้น การใส่วัสดุทั้ง 2 เป็นแหล่งให้โพแทสเซียม พบว่า ประสิทธิภาพการผลิตพืชเชิงสรีระมีค่าใกล้เคียงกัน นั่นคือ เมื่อข้าวโพดได้รับปัจจัยอื่น ๆ ที่เหมาะสม การใส่โพแทสเซียม 1 มก. ส่งผลให้ข้าวโพดมีมวลชีวภาพน้ำหนักแห้งเพิ่มขึ้น 0.23 และ 0.27 ก. เมื่อใส่โพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราเป็นแหล่งให้โพแทสเซียม ตามลำดับ

Table 4 Fresh weight of maize

Treatment	Fresh weight			Total weight (g)
	Stem (g)	Leave (g)	Root (g)	
Control	230.91	122.28	134.73	487.92 b
KCl ₁₀₀	267.71	136.10	158.11	561.92 a
OKM ₁₀₀	250.06	133.87	141.57	525.51 a
OKM ₂₀₀	274.09	142.55	126.73	543.38 a
OKM ₃₀₀	260.14	127.00	152.05	539.19 ab
OKM ₄₀₀	238.40	126.97	144.96	510.34 ab
F-test	NS	NS	NS	*
C.V. (%)	13.70	10.21	19.61	13.01

Remark: Within the same column followed by different letters showed significantly different treatments by the DMRT test; NS = not significant at $P > 0.05$; * = significant at $P \leq 0.05$

Table 5 Dry weight of maize

Treatment	Dry weight			Total weight (g)	Dry biomass increasing (%)	Agronomic efficiency (g/mg)
	Stem (g)	Leave (g)	Root (g)			
Control	29.44 b	28.92 b	14.96	73.32 b	-	-
KCl ₁₀₀	40.73 a	30.61 a	21.32	92.66 a	26.38	0.23
OKM ₁₀₀	46.45 a	32.28 a	17.25	95.99 a	30.92	0.27
OKM ₂₀₀	37.32 ab	31.45 a	15.62	84.40 a	15.11	0.07
OKM ₃₀₀	33.89 b	28.55 b	16.09	78.40 b	6.93	0.02
OKM ₄₀₀	31.82 b	29.97 b	18.75	80.55 ab	9.86	0.02
F-test	*	*	NS	*	-	-
C.V. (%)	13.03	5.00	18.64	9.79	-	-

Remark: Within the same column followed by different letters showed significantly different treatments by the DMRT test NS = not significant at $P > 0.05$; * = significant at $P \leq 0.05$

ผลของการใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราต่อความเข้มข้นธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพด

ข้าวโพดเมื่อได้รับโพแทสเซียมเพิ่มเติมจากโพแทสเซียมคลอไรด์หรือโพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราในอัตราที่เหมาะสม (100-200 มก. K_2O /กก.) พบว่า ส่งผลให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในส่วนต่าง ๆ ของข้าวโพดเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุมซึ่งไม่ใส่โพแทสเซียม แต่การใส่อัตรา 100 มก. K_2O /กก. ส่งผลให้ประสิทธิภาพการผลิตพืชเชิงสรีระสูงที่สุด (Table 5) ในขณะที่เมื่อเพิ่มโพแทสเซียมถึงระดับ 300-400 มก. K_2O /กก. พบว่า ข้าวโพดมีความเข้มข้นของธาตุอาหารในส่วนต่าง ๆ ลดลง (Tables 6-8) การใส่โพแทสเซียมในอัตรา 100 มก. K_2O /กก. ในรูปโพแทสเซียมคลอ

ไรต์และโพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพารา พบว่า ข้าวโพดมีความเข้มข้นของธาตุอาหารต่าง ๆ โดยเฉพาะโพแทสเซียมในส่วนต่าง ๆ ใกล้เคียงกัน การใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพาราในอัตราที่เพิ่มขึ้นจาก 100 เป็น 200-400 มก. K_2O /กก. ไม่ส่งผลให้ข้าวโพดมีการเจริญเติบโตรวมทั้งมีชีวมวลเพิ่มขึ้น (Table 4 และ 5) ดังนั้น การใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพาราในอัตรา 100 มก. K_2O /กก. จึงน่าจะเป็นอัตราที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด

Table 6 Nitrogen and phosphorus concentration in maize

Treatment	Total N (g/kg)			Total P (g/kg)		
	Stem	Leave	Root	Stem	Leave	Root
Control	9.79 a	9.40 b	7.39 b	0.76 b	0.95 b	0.67
KCl ₁₀₀	10.35 b	13.01 a	10.90 a	0.91 a	1.15 ab	0.76
OKM ₁₀₀	10.60 b	13.00 a	10.31 a	1.10 a	1.33 a	0.84
OKM ₂₀₀	10.21 a	12.37 a	11.90 a	0.99 a	1.07 ab	0.88
OKM ₃₀₀	9.41 b	11.49 ab	10.57 a	0.84 ab	1.31 a	0.77
OKM ₄₀₀	9.26 b	11.91 ab	10.96 a	0.77 ab	1.08 b	0.66
F-test	*	*	*	*	*	NS
C.V. (%)	19.96	7.74	9.86	26.47	19.83	14.86

Remark: Within the same column followed by different letters showed significantly different treatments by the DMRT test; NS = not significant at $P > 0.05$; * = significant at $P \leq 0.05$

Table 7 Potassium and calcium concentration in maize

Treatment	Total K (g/kg)			Total Ca (g/kg)		
	Stem	Leave	Root	Stem	Leave	Root
Control	8.59 b	8.49 b	7.92 c	1.84 ab	2.70 ab	2.58
KCl ₁₀₀	10.63 a	11.99 a	9.93 a	2.10 ab	2.35 ab	2.51
OKM ₁₀₀	11.12 a	12.63 a	9.38 a	2.89 a	3.43 a	1.66
OKM ₂₀₀	13.47 a	11.27 a	9.47 a	2.10 ab	1.35 ab	2.13
OKM ₃₀₀	9.41 b	11.01 a	8.61 b	0.97 b	0.99 b	2.87
OKM ₄₀₀	9.40 b	11.96 a	8.84 b	0.93 b	1.63 ab	1.72
F-test	*	*	**	*	*	NS
C.V. (%)	15.45	18.95	16.00	17.84	17.71	13.53

Remark: Within the same column followed by different letters showed significantly different treatments by the DMRT test; NS = not significant at $P > 0.05$; * = significant at $P \leq 0.05$

Table 8 Magnesium concentration in maize

Treatment	Total Mg (g/kg)		
	Stem	Leave	Root
Control	0.76	0.75 c	0.52 c
KCl ₁₀₀	0.72	1.29 a	0.68 a
OKM ₁₀₀	1.37	1.25 a	0.75 a
OKM ₂₀₀	1.03	1.15 a	0.73 a
OKM ₃₀₀	0.92	0.89 b	0.63 b
OKM ₄₀₀	0.98	0.81 b	0.62 b
F-test	NS	*	*
C.V. (%)	82.52	26.99	36.63

Remark: Within the same column followed by different letters showed significantly different treatments by the DMRT test NS = not significant at $P > 0.05$; * = significant at $P \leq 0.05$

สมบัติดินหลังปลูก

การใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราในอัตราต่าง ๆ ส่งผลให้ดินปลูกข้าวโพดมีแนวโน้มของค่าพีเอชและค่าการนำไฟฟ้าของดินเพิ่มขึ้นตามอัตราที่ใส่ โดยเฉพาะการใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราในอัตรา 300 และ 400 มก. K_2O /กก. พบว่า ส่งผลให้ดินหลังปลูกมีค่าพีเอชดินเพิ่มขึ้นจนอยู่ในสภาพเป็นด่างและด่างเล็กน้อย ตามลำดับ นอกจากนั้น เมื่อเปรียบเทียบพีเอชดินระหว่างการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราในอัตรา 100 มก. K_2O /กก. ที่เท่ากัน พบว่า การใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราส่งผลให้ดินมีพีเอชเพิ่มขึ้น ในขณะที่การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ส่งผลให้ดินมีพีเอชลดลง เมื่อเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (Table 9)

Table 9 Soil pH และ EC after maize harvest

Treatment	pH (1:5 soil:water)	EC (dS/m)
Control	6.07 c	0.02
KCl ₁₀₀	5.81 c	0.02
OKM ₁₀₀	6.31 b	0.02
OKM ₂₀₀	6.66 b	0.03
OKM ₃₀₀	7.27 a	0.04
OKM ₄₀₀	7.53 a	0.04
F-test	*	NS
C.V. (%)	5.43	6.22

Remark: Within the same column followed by different letters showed significantly different treatments by the DMRT test; NS = not significant at $P > 0.05$; * = significant at $P \leq 0.05$

วิจารณ์

ผลของการใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพาราต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด

เมื่อข้าวโพดได้รับโพแทสเซียมเพิ่มเติมจากปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์หรือโพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพารา พบว่าข้าวโพดมีการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และจำนวนใบเพิ่มสูงขึ้นกว่ากรรมวิธีควบคุม ทั้งนี้ดินที่ใช้ปลูกข้าวโพดเป็นชุดดินคองซัง ซึ่งเป็นดินเนื้อหยาบที่จัดอยู่ในอันดับ Ultisols ดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและมีปริมาณธาตุอาหารโดยเฉพาะโพแทสเซียมต่ำ (Table 1) เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์หรือโพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพารา ส่งผลให้โพแทสเซียมในดินเพิ่มขึ้น ข้าวโพดจึงดูดใช้โพแทสเซียมได้มากขึ้น ส่งผลให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในส่วนต่าง ๆ เพิ่มขึ้น (Table 7) โพแทสเซียมเป็นธาตุสำคัญที่ช่วยกระตุ้นปฏิกิริยาชีวเคมีในพืช เช่น การเผาผลาญ สร้างแป้ง โปรตีน และกระบวนการสังเคราะห์แสง อีกทั้งควบคุมศักย์ออสโมซิส ส่งผลต่อการขยายเซลล์และการปิดเปิดปากใบ นอกจากนี้ยังทำงานร่วมกับกรดจิบเบอเรลลิค (gibberellic acid) เพื่อส่งเสริมการยืดตัวของลำต้น (ยงยุทธ, 2558) ดังนั้น เมื่อข้าวโพดได้รับโพแทสเซียมเพียงพอจึงช่วยให้ลำต้นยืดตัวสูงขึ้นได้

เมื่อใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพาราในอัตรา 100-200 มก. K_2O /กก. ส่งผลให้ข้าวโพดมีความสูงเพิ่มขึ้น แต่การใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพาราในอัตราสูงกว่า 300 มก. K_2O /กก. กลับทำให้ความสูงของข้าวโพดมีแนวโน้มลดลง (Figure 1a) เช่นเดียวกับน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของข้าวโพด ที่พบว่า หากข้าวโพดได้รับโพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพารา 400 มก. K_2O /กก. กลับทำให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งลดลง (Table 4 และ 5) ทั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในพืชอื่น ๆ เช่น ปาล์มน้ำมันอายุ 4 ปี ที่พบว่า การใส่โพแทสเซียมในปริมาณที่สูงเกินไปส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง (Purwanto and Sudradjat, 2020) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราสูงในข้าวโพดหวาน พบว่า ไม่ทำให้การเจริญเติบโตแตกต่างจากการใส่โพแทสเซียมในอัตราต่ำ และการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราสูงทำให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารอื่น ๆ ในข้าวโพดลดลงเมื่อเทียบกับการใส่โพแทสเซียมในอัตราที่เหมาะสม นอกจากนี้ ยังทำให้ขนาดและปริมาณผลผลิตของพืชลดลง การใส่โพแทสเซียมอัตราสูงส่งผลให้พืชดูดใช้แคลเซียมและแมกนีเซียมได้ลดลง เนื่องจากอันตรกิริยาของธาตุอาหาร แม้ว่าธาตุดังกล่าวจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช (ประภัสสร และ ชูชาติ, 2560) ดังนั้น การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในปริมาณที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญในการเพิ่มการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช

ประสิทธิภาพการผลิตพืชเชิงสรีระเป็นการคำนวณมวลชีวภาพที่เพิ่มขึ้นเมื่อมีการเพิ่มธาตุอาหาร 1 หน่วย โดยค่าประสิทธิภาพการผลิตพืชเชิงสรีระจะมีค่าสูงเมื่อใช้ปุ๋ยในอัตราเหมาะสม ในทางตรงกันข้าม ประสิทธิภาพเชิงสรีระจะมีค่าต่ำหากใช้ปุ๋ยอัตราสูงจนพืชสะสมธาตุอาหารในพืชเพียงพอ บริโภคฟุ่มเฟือย หรือมากจนเป็นพิษ (ยงยุทธ, 2558) สอดคล้องกับที่พบว่า เมื่อใส่โพแทสเซียมอัตราสูงส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชลดลงและประสิทธิภาพการผลิตพืชเชิงสรีระมีค่าต่ำ (Table 5) การใส่โพแทสเซียมคลอไรด์หรือโพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพารามีค่าประสิทธิภาพการผลิตพืชเชิงสรีระใกล้เคียงกัน (Table 5) ดังนั้น การใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพาราจึงมีศักยภาพเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืชได้เทียบเท่ากับการใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ นอกจากนี้ ในขั้นตอนการสกัดโพแทสเซียมจากเถามีการใช้น้ำส้มคว้นไม่เป็นสารสกัดเพื่อลดความเป็นด่าง และทำให้สกัดโพแทสเซียมได้ดีขึ้น ในน้ำส้มคว้นไม่มีสารอินทรีย์และธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยมีรายงานว่า การใช้น้ำส้มคว้นไม่เจือจางร่วมกับปุ๋ยส่งผลให้พืชเจริญเติบโตดีขึ้น (Noel et al., 2024; Ofoe et al., 2024)

ผลของการใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพาราต่อความเข้มข้นธาตุอาหารในพืช

การใช้โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพาราเป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืช พบว่า ส่งผลให้ข้าวโพดมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมในส่วนต่าง ๆ สูงขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ใส่ นอกจากนี้ ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในส่วนต่าง ๆ พบว่า มีค่าไม่แตกต่างกับการใส่โพแทสเซียมคลอไรด์ในอัตรา 100 มก. K_2O /กก. เท่ากัน (Table 7) อย่างไรก็ตาม การใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพาราในอัตราสูง (> 300 มก. K_2O /กก.) ไม่เพียงแต่ส่งผลให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในเนื้อเยื่อพืชลดลง แต่กลับทำให้ความเข้มข้นของธาตุอื่น ๆ ลดลงได้เช่นกัน แม้โพแทสเซียมจะเป็นธาตุที่พืชสามารถดูดใช้อย่างฟุ่มเฟือย (luxury consumption) (ยงยุทธ, 2558) แต่การใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถาไม้ยางพาราในอัตราสูงอาจส่งผลให้ดินบริเวณผิวดินเกิดสภาวะความเค็มและพีเอชเป็นด่าง (Table 9) ซึ่งส่งผลให้พืชเจริญเติบโต (Figure 1) รวมทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งลดลง (Table 4 และ 5) มีรายงานว่า

กล้วยพาราที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราสูงมีการเจริญเติบโต และการดูดใช้โพแทสเซียมได้ลดลง (อารีรัตน์, 2566) เช่นเดียวกับ ข้าวโพดที่ปลูกในวัสดุปลูกที่ได้รับแมกนีเซียมอัตราสูง พบว่า ข้าวโพดเจริญเติบโตลดลง และอาจเกิดความไม่สมดุลระหว่างสัดส่วน K:Mg ในพืช (จักรกฤษณ์ และ จำเป็น, 2564) นอกจากนั้น การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราสูงในดินปลูกหญ้า 3 ชนิด พบว่า เนื้อเยื่อพืชมีการสะสมโพแทสเซียมเพิ่มขึ้น แต่ทำให้ความเข้มข้นของแมกนีเซียมและแคลเซียมลดลง (Grunes et al., 1992) แต่ในทางกลับกันการเพิ่มระดับแคลเซียมและแมกนีเซียมในระดับที่สูงเกินไป ส่งผลให้การดูดใช้โพแทสเซียมในพืชลดลงได้เช่นเดียวกัน (ยงยุทธ, 2558; Fageria, 2001) อย่างไรก็ตาม เมื่อข้าวโพดได้รับโพแทสเซียมเพิ่มขึ้นในระดับที่เหมาะสม ส่งผลให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในเนื้อเยื่อพืชเพิ่มสูงขึ้น (Tables 6-8) เมื่อพืชเติบโตขึ้นจึงส่งผลให้ข้าวโพดมีการดูดใช้ธาตุอาหารส่งผลให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารอื่น ๆ ในพืชเพิ่มสูงขึ้น

ผลของการใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราต่อการเปลี่ยนแปลงพีเอชของดิน

ดินที่ใช้ปลูกข้าวโพดเป็นชุดดินคองซิมสภาพเป็นกรดจัด (Table 1) เมื่อใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราซึ่งมีค่าพีเอช 7.24 ส่งผลให้พีเอชของดินเพิ่มขึ้นจาก 5.12 เป็น 6.31-7.53 ตามอัตราการใส่ที่เพิ่มขึ้น (Table 9) ดังนั้น โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราจึงเหมาะสมเป็นวัสดุปรับปรุงดินและแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืช โดยเฉพาะในดินของประเทศไทยซึ่งส่วนใหญ่เป็นดินกรดและมีโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมต่ำ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2558) มีรายงานการใช้เถ้าไม้ซึ่งมีพีเอชเป็นด่างต่อการปรับปรุงดินกรด พบว่า การใส่เถ้าไม้อัตราต่าง ๆ ช่วยเพิ่มพีเอชดิน ตลอดจนช่วยลดอุณหภูมิในดิน และเพิ่มแคลเซียม แมกนีเซียม และโพแทสเซียม อีกทั้งทำให้ผลผลิตของพืชที่ปลูกในดินหลังปรับปรุงเพิ่มขึ้น (Nottidge and Nottidge, 2012)

สรุป

โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราสามารถใช้เป็นแหล่งให้โพแทสเซียมแก่พืชได้ โดยพบว่า ส่งผลให้ข้าวโพดมีความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น จำนวนใบ รวมทั้งชีวมวลทั้งในส่วนเหนือดินและใต้ดินเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการไม่ใส่ นอกจากนี้ การใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราในอัตราที่เท่ากับปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (100 มก. K_2O /กก.) พบว่า ข้าวโพดมีการเจริญเติบโต รวมทั้งความเข้มข้นของธาตุอาหารในเนื้อเยื่อพืชไม่แตกต่างกัน โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้เพียงแต่มีโพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบ ยังพบว่า มีพีเอชเป็นด่างเล็กน้อย ดังนั้น จึงอาจเป็นวัสดุทางเลือกสำหรับเป็นแหล่งให้โพแทสเซียม ตลอดจนช่วยปรับปรุงดินกรดได้ ดินปลูกข้าวโพดที่มีโพแทสเซียมต่ำ ควรใส่โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราในอัตรา 100 มก. K_2O /กก. อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมการใช้โพแทสเซียมที่สกัดได้จากเถ้าไม้ยางพาราในดินเนื้อหยาบ ปานกลาง และละเอียด รวมทั้งอัตราการใส่ที่เหมาะสมกับพืชชนิดต่าง ๆ และควรศึกษาอัตราที่เหมาะสมในระดับสนามในดินกรดอื่น ๆ เพิ่มเติมต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2558. สถานภาพทรัพยากรดินและที่ดินของประเทศไทย. สำนักพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด, กรุงเทพฯ.
- เกศวดี พึ่งเกษม, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม, ศุภิมา ธนะจิตต์, เอิบ เขียวรัตน์ และปรีชา เพชรประไพ. 2561. ผลของขี้เถ้าแกลบและโพแทสเซียมต่อสมบัติดินและมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 80 ที่ปลูกในชุดดินสตึก. วารสารแก่นเกษตร. 46: 911-920.
- จักรกฤษณ์ พูนภักดี, ขวัญตา ขาวมี, จำเป็น อ่อนทอง, บุญญา ชาญนอก และสุเมธ ไชยประพัทธ์. 2567. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การสกัดโพแทสเซียมจากเถ้าเพื่อผลิตเป็นวัสดุให้โพแทสเซียมแก่พืช. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- จักรกฤษณ์ พูนภักดี และจำเป็น อ่อนทอง. 2564. การตอบสนองปุ๋ยแมกนีเซียมของข้าวโพดที่ปลูกในวัสดุปลูก. วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร. 38: 1-14.
- จำเป็น อ่อนทอง และจักรกฤษณ์ พูนภักดี. 2563. คู่มือการวิเคราะห์ดินและพืช. คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

- บุญส่ง ไกรศรพรสรร, อภิชัย บัวชูก้าน, ธวัช รัตนพันธ์, แคม ล่องนภา และไมล์ แซ่อ้อง. 2558. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่องสมบัติและแนวทางการใช้เถ้าไม้ยางพาราจากโรงไฟฟ้าถ่านหินเพื่อประโยชน์ทางการเกษตร. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ปัตตานี.
- ประภัศร เจริญไทย และชูชาติ สันทรทรัพย์. 2560. ผลของปุ๋ยโพแทสเซียมต่อคุณภาพและผลผลิตข้าวโพดหวานที่ปลูกในพื้นที่ อำเภोजาว จังหวัดลำปาง. วารสารเกษตร. 34: 29-40.
- ยงยุทธ โอสดสภา. 2558. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ ฯ.
- อารีรัตน์ ชูเมฆา. 2566. สถานะและโพแทสเซียมบัพเฟอรินดินปลูกยางพาราในภาคใต้ของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์. 2562. การปรับปรุงดินกรดด้วยเถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลเพื่อปลูกข้าวโพดฝักอ่อน. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 22: 37-43.
- เอิบ เขียววันนรมย์ และพิสุทธ์ วิจารณ์. 2546. ฤดูแล้งของประเทศไทย. ใน ปฐพีวิทยาก้าวไกล วิจัย-วิชาการ หน้า 137-167. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Alsafasfeh, A., M. Alawabdeh, D. Alfuqara, M. Gougazeh, and M. N. Amaireh. 2022. Oil shale ash as a substitutional green component in cement production. *Advances in Science and Technology Research Journal*. 16: 157-162.
- Arseneau, J., N. Bélanger, R. Ouimet, S. Royer-Tardif, S. Bilodeau-Gauthier, B. Gendreau-Berthiaume, and D. Rivest. 2021. Wood ash application in sugar maple stands rapidly improves nutritional status and growth at various developmental stages. *Forest Ecology and Management*. 489: article ID 119062.
- Baloch, S. B., S. Ali, J. Bernas, J. Moudry, P. Konvalina, Z. Mushtaq, and A. Mustafa. 2024. Wood ash application for crop production, amelioration of soil acidity and contaminated environments. *Chemosphere*. 357: article ID 141865.
- Bonfim-Silva, E. M., T. M. Santos, L. G. A. Dourado, C. T. R. Silva, W. Fenner, and T. J. A. Silva. 2018. Wood ash as a corrective and fertilizer in safflower crop in Oxisol of Brazilian cerrado. *Journal of Agricultural Science*. 10: 412-422.
- Demeyer, A., J. V. Nkana, and M. G. Verloo. 2001. Characteristics of wood ash and influence on soil properties and nutrient uptake: An overview. *Bioresource Technology*. 77: 287-295.
- Dwivedi, A., and M. K. Jain. 2014. Fly ash – waste management and overview: A Review. *Recent Research in Science and Technology*. 6: 30-35.
- Etiegni, L., and A. G. Campbell. 1991. Physical and chemical characteristics of wood ash. *Bioresource Technology*. 37: 173-178.
- Fageria, N. K. 1992. *Maximizing Crop Yields*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Fageria, V. D. 2001. Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition*. 24: 1269-1290.
- Grunes, D. L., J. W. Huang, F. W. Smith, P. K. Joo, and D. A. Hewes. 1992. Potassium effects on minerals and organic acids in three cool season grasses. *Journal of Plant Nutrition*. 15: 1007-1025.
- Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale, and W. L. Nelson. 2005. *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management*. Pearson Education, New Jersey.

- Johansen, J. L., M. L. Nielsen, M. Vestergard, L. H. Mortensen, C. Cruz-Paredes, R. Ronn, R. Kjoller, M. Hovmand, S. Christensen, and F. Ekelund. 2021. The complexity of wood ash fertilization disentangled: Effects on soil pH, nutrient status, plant growth and cadmium accumulation. *Environmental and Experimental Botany*. 185: 1-9.
- Jones, J. B. J. 2001. *Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis*. CRC Press: Boca Raton, Florida.
- Khan, M. N. N., J. C. Kuri, and P. K. Sarker. 2021. Effect of waste glass powder as a partial precursor in ambient cured alkali activated fly ash and fly ash-GGBFS mortars. *Journal of Building Engineering*. 34: article ID 101934.
- Noel, R., M. J. Schueller, J. Guthrie, and R. A. Ferrieri. 2024. Application of pyroligneous acid as a plant growth stimulant can improve the nutritional value of soybean seed. *Crops*. 4: 447-462.
- Nottidge, D. O., and C. C. Nottidge. 2012. Effect of different rates of wood ash on exchangeable aluminum, growth, nodulation, nitrogen accumulation and grain yield of soybean (*Glycine Max* (L.) Merrill) in an Acid Ultisol. *Global Journal of Agricultural Sciences*. 11: 81-87.
- Ofoe, R., S. M. N. Mousavi, R. H. Thomas, and L. Abbey. 2024. Foliar application of pyroligneous acid acts synergistically with fertilizer to improve the productivity and phytochemical properties of greenhouse-grown tomato. *Scientific Reports*. 14: article ID 1934.
- Poonpakdee, C., K. Z. Ntlopob, J. Onthong, K. Khawmee, and Y. T. Lin. 2023. Response and efficiency of magnesium fertilizer application in soybean (*Glycine max*) and sunflower (*Helianthus annuus*). *ScienceAsia*. 49: 462–468.
- Purwanto, O. D., and Sudradjat. 2020. Determination of optimum rate of phosphorus and potassium fertilizers for a four-year-old oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Earth and Environmental Science*. 418: 1-9.
- Zhang, Z., Z. Li, Y. Yang, B. Shen, J. Ma, and L. Liu. 2022. Preparation and characterization of fully waste-based glass-ceramics from incineration fly ash, waste glass and coal fly ash. *Ceramics International*. 48: 21638-21647.