การปรับปรุงดินกรดด้วยเถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลเพื่อปลูกข้าวโพดฝักอ่อน

Acid Soil Improvement by Ash from Bioelectric Power Plant for Baby Corn Planting

อิสริยาภรณ์ ดำรงรักษ์[1*]

Issariyaporn Damrongrak[1*]

บทคัดย่อ

เถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวล เป็นผลพลอยได้จากกระบวนการผลิต และเป็นด่าง จึงได้ทดลองนำมาปรับปรุงดินกรด เปรียบเทียบกับปูนขาว วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 5 กรรมวิธี คือ ไม่ใส่ปูน ใส่ปูนขาวเพื่อปรับ pH เป็น 6.5 ใส่เถ้าถ่านผสมกับดินอัตราส่วน 1:4 (v/v) ใส่เถ้าถ่านผสมกับดินอัตราส่วน 1:2 (v/v) และใส่เถ้าถ่านผสมกับดินเพื่อปรับ pH เป็น 6.5 ทำ 5 ซ้ำ พบว่า การใส่เถ้าถ่านทำให้การเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อนมากกว่าใส่ปูนขาว การใส่เถ้าถ่านทำให้ pH ดินสูงขึ้น ความเป็นกรดและอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง ธาตุอาหารพืชในรูปที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้น แต่เหล็กที่สกัดได้ลดลง การปรับ pH ดินด้วยปูนขาวทำให้จุลธาตุลดลง โดยเฉพาะเหล็กและแมงกานีส ดังนั้นเพื่อป้องกันภาวะเกินปูน จึงควรใส่เถ้าถ่านในปริมาณเพื่อปรับ pH เป็น 6.5 กรณีไม่ได้วิเคราะห์ความต้องการปูนและปริมาณสมมูลกับแคลเซียมคาร์บอเนตของเถ้าถ่าน หากดินเป็นกรดรุนแรงควรใส่อัตราไม่เกิน 1:4; เถ้าถ่าน: ดิน (v/v)

คำสำคัญ: เถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวล แคลเซียมไฮดรอกไซด์ การปรับปรุงดิน ดินกรด

Abstract

Ash from bioelectric power plant (B-ash) is basidic by-product. Thus, using it to correct acid soil compared to calcium hydroxide liming was tried out. Completely randomized design consists of 5 treatments: non-liming, calcium hydroxide liming to raise soil pH to 6.5, B-ash: soil, 1: 4 (v/v), B-ash: soil, 1:2 (v/v) and equivalent to calcium hydroxide adding for raising soil pH to 6.5 was used. Growth, yield and yield components of baby corn in B-ash treatments were higher than calcium hydroxide treatment. B-ash treatments could raise soil pH, decrease exchangeable acidity and exchangeable Al and increase available plant nutrients but decrease extractable Fe. Whereas, trace elements were decreased in calcium hydroxide treatment, especially Fe and Mn. Thus, to prevent over-liming, it should add B-ash for adjusting soil pH to 6.5. B-ash in the rate of 1:4, B-ash:soil (v/v) should be applied to strong acid soil without testing lime requirement of the soil and B-ash equivalent to calcium carbonate.

Keywords: Ash from Bioelectric Power Plant, Calcium Hydroxide, Soil Management, Acid Soil

บทนำ

ดินในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นกรด ซึ่งมีศักยภาพในการเพาะปลูกต่ำ [1] ดินกรดเกิดจากหลายสาเหตุ ได้แก่ 1) เกิดจากการสูญเสียแคตไอออนที่เป็นด่าง ซึ่งเกาะอยู่บริเวณผิวคอลลอยด์ดินด้วยการชะละลาย 2) เกิดจากการแลกเปลี่ยนแคตไอออนในดินกับ H^+ จากรากพืชในกระบวนการดูดธาตุอาหารของพืช 3) เกิดจากกระบวนการสลายตัวของซากอินทรีย์ ซึ่งก่อให้เกิดกรดอินทรีย์ 4) เกิดจากการใช้ปุ๋ยเคมีที่ให้ผลตกค้างเป็นกรด เช่น ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต และปุ๋ยยูเรีย [2-3]

[1] ผศ. ดร., หลักสูตรเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000

[1] Asst. Prof. Dr., Agriculture Program, Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, 95000

* Corresponding author: Tel.: 093-5813597. E-mail address: issariyaporn.d@yru.ac.th

(Received: November 12, 2018; Revised: January 14, 2019; Accepted: February 7, 2019)

5) เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินที่เป็นตะกอนน้ำกร่อยมีสารประกอบไพไรต์สูง เมื่อทำปฏิกิริยากับออกซิเจนกลายเป็นกรดกำมะถัน ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดดินเปรี้ยวจัด (Acid Sulfate Soil) [4] สำหรับดินที่เป็นกรดยกเว้นดินเปรี้ยวจัดประมาณร้อยละ 95 มีสาเหตุมาจาก H^+ และ Al^{3+} ที่แลกเปลี่ยนได้ ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตของพืช โดยทั่วไปพืชส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดีในช่วง pH 6.0-7.0 (1) กรณีที่ดินเป็นกรดมาก ๆ ความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่ลดลง แต่บางธาตุสูงขึ้น โดยเฉพาะเมื่อ pH ดินต่ำกว่า 5.0 มีโอกาสขาดธาตุโพแทสเซียม และฟอสฟอรัส เนื่องจากโพแทสเซียมถูกชะละลาย (Leaching) ออกไปจากดินได้ง่าย ส่วนฟอสฟอรัสจะถูกดูดยึดโดยอะลูมิเนียม และเหล็ก กลายเป็นสารประกอบสำหรับเหล็ก อะลูมิเนียม และแมงกานีสจะอยู่ในสภาพที่ละลายน้ำได้มากจนอาจเกิดเป็นพิษแก่พืชที่ปลูก [5]

โดยทั่วไปการปรับปรุงดินกรดทำได้โดยใส่ปูนทางการเกษตร (Agricultural Lime) เช่น ปูนขาว หินปูนฝุ่น ปูนโดโลไมต์ ปูนมาร์ล เปลือกหอยเผาในปริมาณที่เหมาะสม การเลือกใช้ปูนแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับความยากง่ายของการจัดหาวัสดุดังกล่าวภายในท้องถิ่น [1] สำหรับภาคใต้ โดยเฉพาะจังหวัดยะลา นอกจากเป็นแหล่งผลิตปูนขาวแล้ว ยังมีเถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลซึ่งเป็นของเสียจำนวนมาก เกิดจากกระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้า โดยใช้เศษไม้ยางในการเผาไหม้เพื่อทำให้น้ำเกิดความร้อน นำไปสู่กระบวนการผลิตกระแสไฟฟ้าตามระบบ เถ้าถ่านที่เกิดขึ้นมีทั้งเถ้าลอยและเถ้าหนัก ที่จำเป็นต้องหาวิธีกำจัดหรือใช้ประโยชน์อย่างเร่งด่วน เพื่อไม่ให้เกิดปัญหามลพิษในอนาคต สำหรับในแง่การเกษตรเนื่องจากเถ้าถ่านมีคุณสมบัติเป็นด่าง จึงน่าจะนำมาใช้เพื่อปรับปรุงดินกรด ซึ่งมีพื้นที่กระจายอยู่อย่างแพร่หลายโดยเฉพาะในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้ นอกจากนี้เถ้าถ่านประกอบด้วยธาตุอาหารหลายชนิดที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนั้นนอกจากนำมาใช้ลดความเป็นกรดของดินแล้ว ผลพลอยได้อีกอย่างหนึ่งคือช่วยเพิ่มธาตุอาหารพืช อย่างไรก็ตามจำเป็นต้องมีการศึกษาวิจัย ปริมาณที่เหมาะสมไม่ว่าเพื่อจุดประสงค์ปรับปรุงความเป็นกรดของดิน หรือเพื่อการเพิ่มธาตุอาหารพืช หากใส่เถ้าถ่านในปริมาณมากเกินไป จะทำให้เกิดผลเช่นเดียวกับการใส่ปูนมากจนเกิดภาวะเกินปูน (Over Liming) ซึ่งส่งผลต่อความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืชในดิน งานวิจัยนี้จึงมุ่งทดลองนำเถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลมาใช้ในการปรับปรุงดินกรด ทั้งการใช้ในประมาณที่ได้จากการวิเคราะห์ความต้องการปูน และวิเคราะห์หาค่าสมมูลกับแคลเซียมคาร์บอเนตในห้องปฏิบัติการ และการทดลองผสมกับดินในสัดส่วนโดยปริมาตร เพื่อเป็นทางเลือกที่เกษตรกรสามารถปฏิบัติได้ง่าย โดยปลูกข้าวโพดฝักอ่อนเป็นพืชทดสอบ

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ

การศึกษาครั้งนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์มี 5 กรรมวิธี 5 ซ้ำ ดังนี้ ไม่ใส่ปูน (T1) ใส่ปูนขาวเพื่อปรับ pH ให้เป็น 6.5 (T2) ใส่เถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลผสมกับดินอัตราส่วน 1:4 โดยปริมาตร (T3) ใส่เถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลผสมกับดินอัตราส่วน 1:2 โดยปริมาตร (T4) ใส่เถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลผสมกับดินเพื่อปรับ pH เป็น 6.5 (T5) ดินที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นหน้าดินของชุดดินแกลง (Ver Fine, Kaolinitic, Isohyperthermic Typic Plinthaqults) มีเนื้อดินร่วนปนเหนียว ค่า pH 4.33 สภาพนำไฟฟ้า 17.66 ไมโครซีเมนส์/เซนติเมตร ไนโตรเจนทั้งหมด 0.90 กรัม/กิโลกรัม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 2.50 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ 19.20 12.35 และ 11.54 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

การเตรียมดิน ขุดดินที่ความลึก 0-20 เซนติเมตร ผึ่งลมให้แห้งแล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่อง 1 เซนติเมตร เพื่อปลูกพืช อีกส่วนหนึ่งนำไปวิเคราะห์ความต้องการปูนด้วยวิธีบ่มด้วยปูน [6] เถ้าถ่านได้จากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลจังหวัดยะลา ซึ่งใช้เศษไม้ยางพาราเป็นเชื้อเพลิง ประกอบด้วยทั้งเถ้าลอยและเถ้าหนักผสมกัน มีค่า pH (1:2.5, เถ้าถ่าน:น้ำ) 11.12 ธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมเท่ากับ 0.50 10.60 8.90 114.30 และ 19.10 กรัม/กิโลกรัม เตรียมดินปลูกและผสมปูนขาว หรือเถ้าถ่านตามกรรมวิธีที่กำหนด การใส่เถ้าถ่านเพื่อปรับ pH เป็น 6.5 ทำการหาค่า Calcium Carbonate Equivalent (CCE) ของเถ้าถ่านก่อน [7] เพื่อคำนวณปริมาณที่ต้องใส่

การปลูกข้าวโพดฝักอ่อนทำโดยเพาะเมล็ดในถาดเพาะ เมื่ออายุต้นกล้า 7 วัน ย้ายลงปลูกในกระถาง น้ำหนักดินในกระถาง 30 กิโลกรัม กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมีใส่ปุ๋ยเชิงผสมสูตร 15-15-15 ครั้งละ 2.5 กรัม/กระถาง ก่อนปลูก หลังย้ายปลูก 2 และ 4 สัปดาห์ ใส่ปุ๋ยยูเรีย 2.5 กรัม/กระถาง หลังย้ายปลูก 2 สัปดาห์ ดังนั้นปุ๋ยเคมีที่ใส่คิดเป็นปุ๋ยเชิงผสมสูตร 15-15-15 ปริมาณ 78 กิโลกรัม/ไร่ ส่วนปุ๋ยยูเรีย 26 กิโลกรัม/ไร่ ให้น้ำในปริมาณเท่ากันทุกกระถางอย่างสม่ำเสมอ

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวโพดฝักอ่อน โดยวัดความสูงด้วยวิธีรวบใบ หลังจากย้ายปลูก 5 สัปดาห์ ส่วนผลผลิตทำการนับจำนวนฝัก ชั่งน้ำหนักฝักหลังปอกเปลือก วัดความยาวฝักหลังปอกเปลือก คำนวณจำนวนฝักเฉลี่ยต่อต้น น้ำหนักฝักรวมเฉลี่ยต่อต้น น้ำหนักฝักเฉลี่ยฝักที่ 1 และ ฝักที่ 2 และความยาวฝักเฉลี่ยของฝักที่ 1 และฝักที่ 2

วิเคราะห์ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ อะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ ไนโตรเจนทั้งหมด ฟอสฟอรัสและกำมะถันที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ในดินหลังปลูกโดยวิธีมาตรฐาน [6]

นำข้อมูลการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อน และสมบัติของดินหลังเก็บเกี่ยวมาวิเคราะห์ความแปรปรวนด้วยตาราง ANOVA หากพบความแปรปรวน เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยในแต่ละกรรมวิธีด้วย DMRT

ผลการวิจัย

1. การเจริญเติบโตและผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อนเมื่อปรับปรุงดินกรดด้วยเถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลและปูนขาว

การปรับ pH ของดินด้วยปูนขาวหรือเถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลในปริมาณต่างๆ ทำให้ต้นข้าวโพดฝักอ่อนมีความสูงมากกว่าไม่ปรับปรุงดิน ($p < 0.01$) การใส่เถ้าถ่านทำให้ต้นข้าวโพดสูงกว่าใส่ปูนขาว ($p < 0.01$) การใส่เถ้าถ่านทุกอัตราไม่ทำให้ความสูงแตกต่างกันทางสถิติ ส่วนผลผลิต พบว่า การใส่เถ้าถ่านให้จำนวนฝักเฉลี่ยต่อต้น (3.0-4.4 ฝัก) มากกว่าปรับปรุงดินด้วยปูนขาว (1.0 ฝัก) จำนวนฝักเฉลี่ยในกรรมวิธีที่ไม่ปรับปรุงดิน และการใส่ปูนขาวเพื่อปรับ pH เป็น 6.5 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ น้ำหนักฝักต่อต้น น้ำหนักเฉลี่ยต่อฝัก ให้ผลทำนองเดียวกัน การใส่เถ้าถ่านทุกอัตราให้ความยาวฝักมากกว่าการใส่ปูนขาว ($p < 0.05$) และการไม่ปรับปรุงดินความยาวฝักไม่แตกต่างทางสถิติกับกรณีปรับปรุงดินด้วยการใส่ปูนขาวหรือใส่เถ้าถ่าน (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อนเมื่อปรับปรุงดินด้วยเถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวล และปูนขาว

กรรมวิธี	ความสูงต้น (เซนติเมตร)	จำนวนฝัก (ฝัก/ต้น)	น้ำหนักฝักรวม (กรัม/ต้น)	น้ำหนักฝักเฉลี่ย (กรัม/ฝัก)	ความยาวฝักเฉลี่ย (เซนติเมตร)
ไม่ใส่ปูนไม่ใส่เถ้าถ่าน	81.36^{c}	1.0^{b}	6.42^{b}	7.16^{b}	11.00^{ab}
ใส่ปูนขาวเพื่อปรับ pH เป็น 6.5	100.44^{b}	1.0^{b}	9.36^{b}	8.33^{b}	9.69^{b}
ใส่เถ้าถ่านผสมกับดิน 1:4 (v/v)	132.76^{a}	4.4^{a}	67.21^{a}	19.09^{a}	12.24^{a}
ใส่เถ้าถ่านผสมกับดิน1:2 (v/v)	118.22^{a}	3.2^{a}	48.08^{a}	19.69^{a}	12.32^{a}
ใส่เถ้าถ่านเพื่อปรับ pH เป็น 6.5	129.52^{a}	3.0^{a}	49.28^{a}	19.76^{a}	11.71^{a}
F-test	**	**	**	**	*
C.V. (%)	11.73	48.60	41.38	18.12	11.73

หมายเหตุ: * มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$)
อักษรที่ต่างกัน (a, b, c) ในคอลัมน์เดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยใช้ DMRT

2. สมบัติทางเคมีของดินเมื่อปรับปรุงดินกรดด้วยเถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลและปูนขาว

การปรับปรุงดินกรดด้วยปูนขาวและเถ้าถ่าน ทำให้ pH ของดินสูงขึ้นอย่างเด่นชัด ($p < 0.01$) การใส่เถ้าถ่านในปริมาณเพื่อปรับ pH เป็น 6.5 ทำให้ pH จริงของดิน (6.70) สูงกว่าการใส่ปูนขาว (6.13) และทำให้ความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง การใส่ปูนขาวหรือใส่เถ้าถ่านทำให้อะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่ากรณีไม่ปรับปรุงดิน ($p < 0.01$) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ความเป็นกรดเป็นด่าง ความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ และอะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ หลังจากปรับปรุงดินด้วยเถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลและปูนขาว

กรรมวิธี	ความเป็นกรดเป็นด่าง (1;2.5, ดิน:น้ำ)	ความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมล/กก.)	อะลูมินัมที่แลกเปลี่ยนได้ (เซนติโมล/กก.)
ไม่ใส่ปูนไม่ใส่เถ้าถ่าน	4.82^{e}	3.14^{a}	6.11^{a}
ใส่ปูนขาวเพื่อปรับ pH เป็น 6.5	6.13^{d}	2.69^{a}	3.10^{b}
ใส่เถ้าถ่านผสมกับดิน 1:4 (v/v)	7.62^{b}	1.03^{b}	2.01^{b}
ใส่เถ้าถ่านผสมกับดิน 1:2 (v/v)	8.19^{a}	0.74^{b}	1.52^{b}
ใส่เถ้าถ่านเพื่อปรับ pH เป็น 6.5	6.70^{c}	1.18^{b}	1.24^{b}
F-test	**	**	**
C.V. (%)	3.42	14.13	55.23

หมายเหตุ: ** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$)
อักษรที่ต่างกัน (a, b, c, d, e) ในคอลัมน์เดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยใช้ DMRT

การใส่เถ้าถ่านไม่ได้ทำให้ไนโตรเจนในดินแตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) แต่ทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงขึ้นอย่างเด่นชัด เมื่อเปรียบเทียบกับไม่ปรับปรุงดิน และเปรียบเทียบกับการใส่ปูนขาวเพื่อปรับ pH ดินให้เป็น 6.5 อย่างไรก็ตาม หากใส่เถ้าถ่านปริมาณมาก ทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ลดลง โดยในกรรมวิธีที่ใส่ปูนขาวเพื่อปรับ pH เป็น 6.5 ต่ำกว่าในกรรมวิธีที่ใส่เถ้าถ่านเพื่อปรับ pH เป็น 6.5 (ตารางที่ 3) การใส่เถ้าถ่านในทุกกรรมวิธีทำให้โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้สูงกว่ากรณีไม่ปรับปรุงดิน และกรรมวิธีที่ใส่ปูนขาวเพื่อปรับ pH ให้เป็น 6.5 โดยความเข้มข้นเพิ่มขึ้นตามอัตราการใส่เถ้าถ่านที่เพิ่มขึ้น การใส่ปูนขาวเพื่อปรับ pH ให้เป็น 6.5 ทำให้แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่าไม่ปรับปรุงดิน ($p < 0.01$) ส่วนโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ตารางที่ 3) การใส่เถ้าถ่านหรือใส่ปูนขาวทำให้กำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้นอย่างเด่นชัดเมื่อเปรียบเทียบกับไม่ปรับปรุงดิน การใส่เถ้าถ่านเพื่อปรับ pH ให้เป็น 6.5 ทำให้กำมะถันที่เป็นประโยชน์มากว่าใส่ปูนขาว($p < 0.01$) (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ธาตุที่พืชต้องการปริมาณมากในดินหลังจากปรับปรุงดินด้วยเถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวล และปูนขาว

กรรมวิธี	ไนโตรเจน[1] (ก./กก.)	ฟอสฟอรัส[2] (มก./กก.)	โพแทสเซียม[3] (มก./กก.)	แคลเซียม[3] (มก./กก.)	แมกนีเซียม[3] (มก./กก.)	กำมะถัน[2] (มก./กก.)
ไม่ใส่ปูนไม่ใส่เถ้าถ่าน	0.17	10.18^{c}	211.9^{c}	122.80^{d}	15.03^{d}	34.62^{d}
ใส่ปูนขาวเพื่อปรับ pH เป็น 6.5	0.16	26.54^{c}	265.9^{c}	882.19^{c}	44.61^{c}	38.41^{c}
ใส่เถ้าถ่านผสมกับดิน 1:4 (v/v)	0.15	152.58^{a}	1,426.9^{b}	5,018.69^{a}	76.16^{a}	219.88^{a}
ใส่เถ้าถ่านผสมกับดิน 1:2 (v/v)	0.17	78.38^{b}	2,667.1^{a}	5,283.39^{a}	79.56^{a}	122.83^{b}
ใส่เถ้าถ่านเพื่อปรับ pH เป็น 6.5	0.16	63.17^{b}	269.6^{c}	1,809.12^{b}	62.19^{b}	49.82^{d}
F-test	ns	**	**	**	**	**
C.V. (%)	19.94	24.57	19.62	9.77	4.73	11.84

หมายเหตุ: ธาตุอาหารพืชเป็นรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ [1]รูปทั้งหมด (Total) [2]รูปที่เป็นประโยชน์ (Available Form)
[3] รูปที่แลกเปลี่ยนได้ (Extractable Form)
** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$)
อักษรที่ต่างกัน (a, b, c, d, e) ในคอลัมน์เดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT

การใส่เถ้าถ่าน และใส่ปูนขาวทำให้เหล็กที่สกัดได้ลดลงอย่างเด่นชัดเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ปรับปรุงดิน ($p < 0.01$) และความเข้มข้นของเหล็กที่สกัดได้ลดลงตามปริมาณเถ้าถ่านที่ใส่ การใส่เถ้าถ่านเพื่อปรับ pH เป็น 6.5 ทำให้เหล็กที่สกัดได้ (90.20) มิลลิกรัม/กิโลกรัม) ลดลงมากว่าการใส่ปูนขาว (121.42 มิลลิกรัม/กิโลกรัม)

การใส่ปูนขาวเพื่อปรับ pH ดินเป็น 6.5 ทำให้แมงกานีส สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ลดลง ($p < 0.01$) แต่การใส่เถ้าถ่านทำให้ความเข้มข้นของธาตุดังกล่าวเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเมื่อใส่ปริมาณมาก ส่วนการใส่เถ้าถ่านเพื่อปรับ pH เป็น 6.5 ให้ความเข้มข้นของ สังกะสี และทองแดงที่สกัดได้ไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีไม่ปรับปรุงดิน (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ธาตุที่พืชต้องการปริมาณน้อยในดินหลังจากปรับปรุงดินด้วยเถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลและปูนขาว

กรรมวิธี	เหล็ก[1] (มก./กก.)	แมงกานีส[1] (มก./กก.)	สังกะสี[1] (มก./กก.)	ทองแดง[1] (มก./กก.)
ไม่ใส่ปูนไม่ใส่เถ้าถ่าน	157.94[a]	7.23[b]	0.645[c]	0.347[c]
ใส่ปูนขาวเพื่อปรับ pH เป็น 6.5	121.42[b]	1.15[d]	0.354[d]	0.258[d]
ใส่เถ้าถ่านผสมกับดิน 1:4 (v/v)	26.08[d]	12.10[c]	3.147[b]	0.737[b]
ใส่เถ้าถ่านผสมกับดิน 1:2 (v/v)	23.27[d]	17.90[a]	6.383[a]	1.252[a]
ใส่เถ้าถ่านเพื่อปรับ pH เป็น 6.5	90.20[c]	6.26[c]	0.751[c]	0.345[c]
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	10.01	25.64	23.72	16.18

หมายเหตุ: ธาตุอาหารพืชเป็นรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ได้ [1]รูปที่สกัดได้ (Extractable Form)

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$)

อักษรที่ต่างกัน (a, b, c, d)ในคอลัมน์เดียวกัน แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT

อภิปรายผล

จากผลการทดลองใช้เถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวล และปูนขาวเป็นวัสดุปรับปรุงดินกรดเพื่อปลูกข้าวโพดฝักอ่อน พบว่า การใส่เถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดฝักอ่อนดีกว่าการใส่ปูนขาว ไม่ว่าจะใส่เถ้าถ่านโดยผสมคลุกเคล้ากับดินในสัดส่วน 1:4 หรือ 1:2 (v/v) หรือใส่ในปริมาณที่สมมูลกับการใส่ปูนขาวเพื่อปรับ pH เป็น 6.5 ก็ทำให้ต้นข้าวโพดมีความสูงมากกว่าใส่ปูนขาวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่งผลให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตมากกว่าเช่นเดียวกัน ทั้งนี้เนื่องจากเถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลที่นำมาใช้ในการทดลองครั้งนี้เป็นเถ้าถ่านของเศษไม้ยางพารามีธาตุอาหารที่พืชต้องการหลายชนิดเมื่อเปรียบเทียบกับปูนขาว ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ปริมาณธาตุต่าง ๆ ในเถ้าถ่านดังกล่าวมี ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส 0.05 และ 10.60 กรัม/กิโลกรัม โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม 19.20 12.35 และ 11.54 มิลลิกรัม/กิโลกรัม มีจุลธาตุ ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง 3.17 2.48 0.43 และ 0.06 กรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนปูนขาวมีเพียงธาตุแคลเซียมที่เป็นองค์ประกอบในปริมาณมาก ดังนั้นดินที่ใส่เถ้าถ่านจึงได้รับธาตุอาหารพืชเพิ่มขึ้นนอกเหนือจากที่ได้รับจากการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 ในอัตรา 78 กิโลกรัม/ไร่ และปุ๋ยยูเรียในอัตรา 26 กิโลกรัม/ไร่ สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ดิน กรณีใส่เถ้าถ่านทำให้ฟอสฟอรัสและกำมะถันที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่สกัดได้เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 3)

นอกจากนี้การใส่เถ้าถ่านอาจมีผลต่อการอุ้มน้ำของดิน ทำให้ความชื้นคงอยู่ในดินได้นานกว่ากรณีไม่ใส่เถ้าถ่าน [8] คุณสมบัติอีกอย่างหนึ่งของถ่านคือการมีรูพรุนจะช่วยดูดซับธาตุอาหารพืชได้ [9] จากการทดลองครั้งนี้มีการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 และปุ๋ยยูเรีย (46-0-0) ซึ่งปกติธาตุอาหารในปุ๋ยเคมีจะละลายออกมาได้เร็วเมื่อมีการให้น้ำ และมีโอกาสชะล้างสู่ดินด้านล่างกระถางได้ หากถูกชะเลยจากเขตรากพืชก็ทำให้พืชดูดไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ กรณีที่มีการเติมเถ้าถ่านทำให้ธาตุอาหารดังกล่าวถูกดูดซับ และค่อยๆ ปลดปล่อยให้เป็นประโยชน์ต่อข้าวโพด ส่วนปูนขาวไม่มีคุณสมบัติดังกล่าว นอกจากนี้แคลเซียมไอออนที่มีมากในปูนขาวอาจไปไล่ที่โพแทสเซียม และแมกนีเซียมไอออนที่ดูดซับอยู่ที่ผิวคอลลอยด์ดินทำให้มีปริมาณ

น้อยลง [5] รวมทั้งปูนขาวเองก็ไม่ได้มีธาตุดังกล่าวเป็นองค์ประกอบสำคัญ จึงมีส่วนทำให้กรณีใส่ปูนขาวร่วมกับปุ๋ยเคมีทำให้การเจริญเติบโตของข้าวโพดฝักอ่อนด้านความสูงน้อยกว่ากรณีใส่เถ้าถ่านร่วมกับปุ๋ยเคมีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) และส่งผลต่อการให้ผลผลิตข้าวโพดฝักอ่อนเช่นเดียวกัน คือกรณีใส่ปูนขาวให้จำนวนฝักน้อยกว่าใส่เถ้าถ่านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เช่นเดียวกับน้ำหนักฝักหลังปอกเปลือกโดยกรณีใส่ปูนขาวให้ผลไม่แตกต่างกับกรณีไม่ปรับปรุงดิน

การใส่เถ้าถ่านซึ่งเป็นด่างช่วยเพิ่ม pH ดิน ดังเช่นกรณีใส่เถ้าถ่านปริมาณ 1:4 (v/v) pH ดินเพิ่มเป็น 7.62 หรือ หากใส่ในปริมาณที่เทียบเท่ากับการใส่ปูนขาวเพื่อยกระดับ pH เป็น 6.5 ซึ่ง pH ดินจริงเพิ่มขึ้นเป็น 6.70 (ตารางที่ 2) ส่วนการไม่ปรับปรุงดิน pH เท่ากับ 4.82 ซึ่งเป็นกรดรุนแรงมาก pH ดินที่เพิ่มขึ้นไม่ว่าจากการใส่เถ้าถ่าน หรือปูนขาว ทำให้ความเป็นกรดที่แลกเปลี่ยนได้ และอะลูมิเนียมที่แลกเปลี่ยนได้ลดลง สอดคล้องกับค่า pH ของดินที่เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 2) การใส่เถ้าถ่านเพิ่มขึ้นทำให้เหล็กที่สกัดได้ลดลง เนื่องจากเมื่อ pH ดินเพิ่มขึ้นทำให้เหล็กละลายออกมาได้ลดลง แต่พบว่าแมงกานีส สังกะสี และทองแดงเพิ่มขึ้น แตกต่างจากการใส่ปูนขาวที่ทำให้ธาตุดังกล่าวละลายออกมาได้ลดลง (ตารางที่ 4) ทั้งนี้เนื่องจากเถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลมีธาตุดังกล่าวค่อนข้างสูง ดังนั้นการนำเถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลมาใช้ประโยชน์ทั้งเพื่อการปรับปรุงดินกรดหรือใส่เพื่อเพิ่มธาตุอาหารให้กับดิน ควรคำนึงถึงการเพิ่มขึ้นของจุลธาตุดังกล่าวด้วย ซึ่งจะส่งผลต่อความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช เช่น หากมีสังกะสีมากเกินไปจะทำให้ความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสลดลง [10-11] สังกะสีรบกวนกระบวนการ Homeostasis ลดความความเข้มข้นของ เหล็ก แมกนีเซียม และแมงกานีส ส่วนทองแดงแข่งขันการดูดใช้ของพืชกับ เหล็ก แมงกานีส และสังกะสี แต่การใส่แมงกานีสเพิ่มขึ้นไม่ส่งผลให้จุลธาตุอื่นขาดแคลน [12]

การปรับ pH ดินต้องระมัดระวังการเกิดภาวะเกินปูน โดยทั่วไป pH ที่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืชควรอยู่ในช่วง 6.0-6.5 [1] หากดินมี pH สูงเกินไปอาจทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืช ธาตุหลายชนิดอยู่ในรูปที่พืชนำไปใช้ประโยชน์ไม่ได้ ดังเช่น การใส่ปูนขาวหรือแคลเซียมไฮดรอกไซด์ในตัวอย่างดิน ชุดดินมูโน๊ะซึ่งเป็นดินเปรี้ยวจัด เนื้อละเอียด pH 3.84 มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 6.41 มิลลิกรัม/กิโลกรัม หากเติมปูนในปริมาณที่คาดหวังให้ pH เป็นกลาง ทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มเป็น 9.84 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่หากใส่ปูนในปริมาณที่คาดหวังให้เกินปูนทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ลดลงเหลือเพียง 5.57 มิลลิกรัม/กิโลกรัม [13] อย่างไรก็ตามการตอบสนองต่อสารปรับปรุงดินขึ้นอยู่กับธรรมชาติของดินเองและชนิดของสารที่ใส่ รวมทั้งต้องพิจารณาชนิดพืชปลูกด้วย เนื่องจากพืชสามารถเจริญเติบโตได้ในช่วง pH ดินที่แตกต่างกัน เช่น แตงโมเจริญเติบโตได้ดีที่ pH 4.5-5.0 ข้าวโพดเจริญได้ในช่วง pH 5.5-75 ถั่วฝักยาวเจริญได้ในช่วง pH 5.5-6.8 เป็นต้น [1]

ผลการทดลองในยางพาราพบว่าหากใส่ปูนขาวจน pH ดินเพิ่มจากเดิม 3.89 เป็น 5.37 ทำให้การเจริญเติบโตต่ำกว่าไม่ใส่ปูน แต่จำเป็นต้องให้ธาตุอาหารในปริมาณที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโต [14] เนื่องจากยางพาราสามารถปรับตัวให้เจริญเติบโตได้ดีในดินกรดโดยมีกลไกปลดปล่อยกรดอินทรีย์มาจับกับอะลูมิเนียมไอออน ทำให้ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปอะลูมิเนียมฟอสเฟตปลดปล่อยออกมาให้อยู่ในรูปไอออน (HPO_4^-, $H_2PO_4^-$) ที่พืชดูดไปใช้ประโยชน์ได้ [15] การพิจารณาใส่ตามปริมาณที่สมมูลกับการใส่ปูนขาวเพื่อปรับ pH เป็น 6.5 ถือว่าเป็นวิธีที่เหมาะสมแต่อาจจะยุ่งยากสำหรับเกษตรกรทั่วไป เนื่องจากต้องทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการเพื่อให้ทราบค่าสมมูลกับแคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate Equivalent, CCE) ก่อนคำนวณปริมาณที่ต้องใส่เพื่อปรับ pH ของดินให้เหมาะสมกับพืชที่ปลูก

จากผลการทดลองครั้งนี้สรุปได้ว่าเถ้าถ่านจากโรงงานไฟฟ้าชีวมวลสามารถนำมาใช้เป็นวัสดุปรับปรุงดินกรดได้ โดยใช้ในปริมาณเพื่อปรับ pH ดิน เป็น 6.5 กรณีที่เกษตรกรไม่ได้วิเคราะห์ความต้องการปูนและปริมาณสมมูลกับแคลเซียมคาร์บอเนตของเถ้าถ่านเพื่อกำหนดปริมาณที่เหมาะสม สามารถใส่ได้ในอัตราไม่เกิน 1:4; เถ้าถ่าน: ดิน โดยปริมาตร เพื่อไม่ให้เสี่ยงต่อการได้รับจุลธาตุบางชนิดจากเถ้าถ่านมากเกินไปโดยเฉพาะสังกะสีและทองแดง ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงชนิดพืชที่ปลูกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับสนับสนุนงบประมาณบำรุงการศึกษาจากมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ขอบคุณนางสาวบุษรินทร์ แสงเกิด และนางสาวสุไรยา สือนิง นักศึกษาหลักสูตรเกษตรศาสตร์ที่ช่วยงานทดลองและเก็บข้อมูลการเจริญเติบโต

เอกสารอ้างอิง

[1] Lecturers of Department of Soil Science. (1998). *Basic Soil Science.* (8th Ed). Bangkok: Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University.

[2] Antoaneta, A. (1995). Effect of Fertilizer Application and Soil pH on the Acidic and Sorption Properties of Maize Leaves and Stems. *Bulgarian Journal of Plant Physiology*, *21*(1), 52-57.

[3] Cakmak, D., Saljnikov, E., Perovic, V., Jaramaz, D., & Mrvic, V. (2010). Effect of Long-term Nitrogen Fertilization on Main Soil Chemical Properties in Cambisol. In *The 19th World Congress of Soil Science; Soil Solutions for a Changing World.* 291-293. August 1-6, 2010, Brisbane, Australia.

[4] Onthong, J. (2017). *Problem Soil.* Songkla: Department of Earth Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University.

[5] Braydy, N. C., & Weil, R. R. (2002). *The Nature and Properties of Soils.* (13th Ed). New Jersey: Macmillan.

[6] Onthong, J. (2004). *Soil and Plant Analysis Manual*. Department of Earth Science, Faculty of Natural Resources, Prince of Songkla University.

[7] Erich, S. M., & Tsutomu, O. (1992). Titrimetric Determination of Calcium Carbonate Equivalent of Wood Ash. *Analysis, 117*, 993-995.

[8] Hemwong, S., & Chualsuna, S. (2011). Using of Charcoal to Improve Soil Fertility for Sweet Waxy Corn Production. *Journal of Agriculture*, *27*(3), 253-266.

[9] Bruno, G., Lehmann, J., & Zech, W. (2002). Ameliorating Physical and Chemical Properties and Highly Weathered Soils in the Tropics with Charcoal-a Review. *Biology and Fertile of Soils*, *35*, 219-230.

[10] Mousavi, S. R. (2011). Zinc in Crop Production and Interaction with Phosphorus. *Australian Journal of Basic and Applied Science, 5*(9), 1503-1509.

[11] Kuntal, D., Raman, D., Shivananda, T. N., & Pintu, S. (2005). Interaction Effect between Phosphorus and Zinc on Their Availability in Soil in Relation to Their Contents in Stevia (*Stevia rebaudiana*). *The Scientific World Journal*, *5*, 490-495.

[12] Huijun, Z., Liangqi W., Tuanyao, C., Yuxiu, Z., Jinjuan, T., & Shengwen, M. (2012). The Effects of Copper, Manganese and Zinc on Plant Growth and Elemental Accumulation in Manganese-hyperaccumulato Phytolacca. *Americana Journal of Plant Physiology*, *169*, 1243-1252.

[13] Damrongrak, I., & Chelewamachae, R. (2006). Changes of pH, Available Phosphorus and Trace Element after Calcium Hydroxide Liming of Acid Sulphate Soil. *Journal of Yala Rajabhat University*, *1*(1), 21-29.

[14] Damrongrak, I., Onthong, J., & Nilnon, C. (2014). Effect of Soil pH and Some Micronutrient Elements on the Growth and Plant Nutrient Uptake of Para Rubber (*Hevea brasiliensis*). *King Mongkut's Agricultural Journal, 32*(3), 36-44.

[15] Onthong, J., & Osaki, M. 2006. Adaptation of Tropical Plants to Acid Soil. *Tropics*, *15*(4), 337-347.