

ศึกษาการเปลี่ยนรูปของฟอสฟอรัสในดินเปรี้ยวโดยใช้สารเร่ง พด.9

สายใจ มณีรัตน์, สายหยุด เพ็ชรสุข และวิโรจน์ ปิ่นพรม

ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองฯ สำนักงานพัฒนาที่ดินเขต12 กรมพัฒนาที่ดิน จังหวัดสงขลา

บทคัดย่อ

การศึกษาการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินเปรี้ยวจัดที่ผ่านการใส่ปูนโดยใช้จุลินทรีย์ ชูปเปอร์พด.9 ดำเนินการในปีพ.ศ. 2553-2554 ในสภาพเรือนกระจก ศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทองฯ โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design มี 4 ตำรับการทดลองคือ ตำรับที่ 1 ชุดควบคุม (ใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว) ตำรับที่ 2 ใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ชูปเปอร์พด.9 ตำรับที่ 3 ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าการวิเคราะห์ดิน ตำรับที่ 4 ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ชูปเปอร์พด.9 ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ในชุดดินมูโนะ โดยใช้ข้าวโพดเป็นพืชทดสอบ พบว่า ข้าวโพดที่ปลูกในตำรับที่ใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ชูปเปอร์พด.9 มีน้ำหนักแห้งและการดูดใช้ฟอสฟอรัสได้สูงกว่าตำรับที่ปลูกโดยใส่ปุ๋ยหมักอย่างเดียวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ต่ำกว่าตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดิน และตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ชูปเปอร์พด.9 อย่างชัดเจน ส่วนตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ชูปเปอร์พด.9 มีน้ำหนักแห้ง ปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมในระดับที่ไม่แตกต่างกับตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดิน การใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ชูปเปอร์พด.9 จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชในดินเปรี้ยวจัดที่ผ่านการใส่ปูน

คำสำคัญ: ดินเปรี้ยวจัด, จุลินทรีย์ชูปเปอร์พด.9

หลักการและเหตุผล

ดินเปรี้ยวจัดมักมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในระดับต่ำมาก เนื่องจากฟอสฟอรัสในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ซึ่งได้จากสารประกอบฟอสเฟตต่าง ๆ ทั้งในสภาพธรรมชาติหรือจากปุ๋ยที่ใส่ลงไป ทำปฏิกิริยากับแร่ธาตุและสารประกอบต่าง ๆ ในดิน ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากรูปที่ละลายน้ำได้ง่ายและเป็นประโยชน์ต่อพืชไปเป็นรูปที่ละลายน้ำได้ยากและไม่เป็นประโยชน์ต่อพืช ฟอสฟอรัสที่อยู่ในดินจะแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ อนินทรีย์ฟอสฟอรัส และอินทรีย์ฟอสฟอรัส รูปของอนินทรีย์ฟอสฟอรัสที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ทันทีนั้นมีอยู่ 2 รูปคือ โมโนไฮโดรเจนฟอสเฟต (HPO_4^{2-}) และไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (H_2PO_4^-) แต่ฟอสฟอรัสทั้งสองรูปนี้มีอยู่ในดินในระดับที่น้อยมาก อนินทรีย์ฟอสฟอรัสในดินส่วนใหญ่มักอยู่ในรูปของสารประกอบประเภทหลักฟอสเฟต อะลูมินัมฟอสเฟต แมงกานีสฟอสเฟต และแคลเซียมฟอสเฟตซึ่งเป็นประโยชน์ต่อพืชได้ยาก นอกจากนี้ฟอสฟอรัสในดินจะอยู่ในรูปของอินทรีย์ฟอสฟอรัส โดยจากการศึกษาของ Foth and Ellis (1997) พบว่าในดินเขตร้อนมีอินทรีย์ฟอสฟอรัสสูงถึง 80 เปอร์เซ็นต์ของฟอสฟอรัสทั้งหมดในดิน ซึ่งส่วนใหญ่จะพบในรูปอินโนซิโตน เฮกซะฟอสเฟต จะเห็นได้ว่านอกจากปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ต้องการใส่เพิ่มเติมลงไป在地แล้ว ส่วนของอินทรีย์ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปของสารประกอบ และอินทรีย์ฟอสฟอรัสที่มีอยู่มากในดินถือเป็นแหล่งของฟอสฟอรัสที่มีความสำคัญกับพืชเป็นอย่างมาก แต่การที่พืชจะนำอินทรีย์ฟอสฟอรัสที่อยู่ในรูปของ

สารประกอบ และอินทรีย์ฟอสฟอรัสมาใช้ประโยชน์ได้นั้นต้องมีการแปรสภาพเป็นรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ก่อน สิ่งที่มีบทบาทสำคัญในการแปรสภาพของอินทรีย์ฟอสฟอรัสให้กลายเป็นรูปที่มีประโยชน์ต่อพืชคือจุลินทรีย์ดิน จากการศึกษาพบว่าจุลินทรีย์ดินบางชนิดที่มีความสามารถในการปลดปล่อยเอนไซม์ในกลุ่มแอซิดฟอสฟาเทส ออกมาเร่งปฏิกิริยาในการแปรสภาพอินทรีย์ฟอสฟอรัสในดิน ให้กลับมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์แก่พืชได้ (Marschner, 1991) นอกจากนี้ พบว่าจุลินทรีย์ดินบางชนิดมีความสามารถในการผลิตกรดอินทรีย์บางชนิดเช่นกลูโคนิกแอซิด และอะซิติกแอซิด ที่มีบทบาทสำคัญในการช่วยละลายอินทรีย์ฟอสฟอรัสในดินให้กลายเป็นฟอสฟอรัสที่มีประโยชน์ต่อพืชได้เช่นเชื้อ *Bacillus sp.* *Citrobacter freundii*. (Rodriguez and Fraga,1999) และ *Burkholderia sp.* (Delvasto, 2008)

จุลินทรีย์ซูเปอร์พด.9 ของกรมพัฒนาที่ดินประกอบด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Burkholderia sp.* จำนวนสองสายพันธุ์ ซึ่งมีความสามารถในการละลายฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงในดินกรด และดินเปรี้ยวจัดให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์กับพืช ซึ่งกรมพัฒนาที่ดินได้ทำการคัดเลือกเชื้อเพื่อให้เกษตรกรสามารถนำไปใช้ประโยชน์โดยต้องทำการขยายเชื้อกับปุ๋ยหมักก่อนนำไปใช้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556) แต่ทั้งนี้การนำจุลินทรีย์มาใช้ประโยชน์ทางการเกษตรนั้นยังมีข้อจำกัดหลายอย่างโดยเฉพาะความสามารถในการปรับตัวของเชื้อจุลินทรีย์ให้เข้ากับสภาพแวดล้อมแต่ละพื้นที่ ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพการทำงานของจุลินทรีย์ในการเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดิน การทดสอบความสามารถของเชื้อจุลินทรีย์ดังกล่าวในเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินจึงมีความจำเป็น เพื่อให้สามารถนำจุลินทรีย์เหล่านั้นมาช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในเปรี้ยวจัดซึ่งมีปัญหาคาราคาซังฟอสฟอรัสรุนแรงแม้จะมีการปรับปรุงดินโดยการใส่ปูนแล้วก็ตาม

อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์

- 1.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างดิน
- 1.2 วัสดุปูน
- 1.3 เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน
- 1.4 จุลินทรีย์ซูเปอร์พด.9
- 1.5 ปุ๋ยฟอสฟอรัส

2. วิธีการ

2.1 เก็บตัวอย่างดินเปรี้ยวจัดชุดดินมูโน๊ะที่ระดับความลึก 0-20 ซม. จากพื้นที่ซึ่งไม่เคยผ่านการทำเกษตรกรรม มาตากแห้ง บดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 2 มม. นำมาชั่งใส่ถุง ถุงละ 10 กิโลกรัม ใส่ปูนเพื่อปรับค่าความเป็นกรดเป็นด่างให้อยู่ที่ระดับ 5.5 และวิเคราะห์ธาตุอาหารหลักในดิน ก่อนปลูกข้าวโพดหวาน ถุงละ 4 เมล็ด เมื่อครบ 1 สัปดาห์ถอนแยกให้เหลือถุงละ 2 ต้น

2.2 วางแผนการทดลองแบบ Completely randomized design โดยมี 4 ตำรับการทดลอง คือ 1. ใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว (ไนโตรเจน = 9 ก./กก. ฟอสฟอรัส = 1.9 ก./กก. โพแทสเซียม = 0.9 ก./กก.) 2. ใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูเปอร์พด.9 3. ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าการวิเคราะห์ดิน 4. ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูเปอร์พด.9 ตำรับละ 4 ซ้ำ

2.3 ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดินในทุกตำรับหลังจากปลูกได้ 2 สัปดาห์ ทำการวิเคราะห์อินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินหลังใส่ปุ๋ยและหลังจากเก็บต้นข้าวโพด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547ก) เมื่อข้าวโพดอายุครบ 60 วัน นำต้นข้าวโพดมาชั่งน้ำหนักสด อบ และชั่งน้ำหนักแห้ง และวิเคราะห์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม

แคลเซียม และแมกนีเซียมทั้งหมดที่พืชดูดไปใช้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547ข) และนำมาหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้โปรแกรม SPSS for windows (กัลยา, 2555)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1.สมบัติทางเคมีบางประการของชุดดินมูโนะก่อนการทดลอง

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินหลังการทดลองพบว่าดินมีความเป็นกรดรุนแรง ค่าความเป็นกรดต่างอยู่ที่ระดับ 3.4 อินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับสูงปานกลาง ฟอสฟอรัสอยู่ในระดับต่ำปานกลาง ส่วนโพแทสเซียมอยู่ในระดับสูง (Table 1) เมื่อนำคุณสมบัติทางเคมีของดินมาเทียบกับตารางระดับของอินทรีย์วัตถุ ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในดิน เพื่อหาปริมาณของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่เหมาะสมสำหรับข้าวโพด (กรมวิชาการเกษตร, 2548) พบว่าสามารถคำนวณเป็นปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ที่ต้องใส่ในแต่ละตำรับดัง Table 2

Table 1 Soil properties of Munoh series (Mu) before planting

Soil properties	method	data
pH	soil : Water = (1: 1)	3.40
LR (CaCO_3 kg/rai)	Woodruff buffer method	2340
OM (g/kg)	Walkley and Black method	29.20
Available P (mg/kg)	Extracted with Bray II and ascorbic method	9.00
Available K (mg/kg)	Extracted with NH_4OAc 1 M pH 7	97.00
Exchangeable Ca (cmol _c /kg)	Extracted with NH_4OAc 1 M pH 7	0.90
Exchangeable Mg (cmol _c /Kg)	Extracted with NH_4OAc 1 M pH 7	0.40
Fe (mg/kg)	Extracted with DTPA pH 7.3	124.16
Mn (mg/kg)	Extracted with DTPA pH 7.3	1.29
Zn (mg/kg)	Extracted with DTPA pH 7.3	2.54
Cu (mg/kg)	Extracted with DTPA pH 7.3	0.22

Table 2 quantity of lime, compost, nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer for each treatment.

Treatment	CaOH_2 (g/pot)	Compost (g/pot))	Compost + LDD9 (g/pot)	P fertilizer (g/pot)	N fertilizer (g/pot)	K fertilizer (g/pot)
1. Compost	25	27	-	-	2.67	2.67
2. Compost + LDD9	25	-	27	-	2.67	2.67
3. P fertilizer	25	-	-	2.67	2.67	2.67
4 ½ P fertilizer+ LDD 9	25	-	27	1.34	2.67	2.67

2.สมบัติทางเคมีบางประการของดินแต่ละตำรับหลังการใส่ปุ๋ย (ข้าวโพดอายุ 14 วัน) และช่วงการเก็บเกี่ยว (ข้าวโพดอายุ 60 วัน)

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินในแต่ละตำรับหลังการใส่ปุ๋ยในช่วงที่ข้าวโพดอายุ 14 วัน พบว่า ค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Figure 1 a b และ d ตามลำดับ) ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน และแมงกานีสที่เป็นประโยชน์ในดิน (Figure 2b และ 2d ตามลำดับ) ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดิน และตำรับที่ใส่ฟอสฟอรัสครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูเปอร์พด.9 อยู่ในระดับสูงกว่าตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว และใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูเปอร์พด.9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (Figure 1c) ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดินอยู่ในระดับต่ำกว่าตำรับอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (Figure 2a) แต่ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดิน ในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดินอยู่ในระดับสูงกว่าตำรับอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 (Figure 2c)

จากการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินในแต่ละตำรับหลังปลูกข้าวโพดในช่วงที่ข้าวโพดอายุ 60 วัน พบว่าค่าความเป็นกรดเป็นด่างของดิน ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน (Figure 3a และ b ตามลำดับ) และปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดิน (Figure 4c) ในแต่ละตำรับการทดลองไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดิน และตำรับที่ใส่ฟอสฟอรัสครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูเปอร์พด.9 อยู่ในระดับสูงที่สุด 95.5 มก./กก. และ 69.25 มก./กก. ตามลำดับ รองลงมาคือ ตำรับที่ใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูเปอร์พด.9 (19.8 มก./กก). สำหรับตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวมีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำสุด (7.0 มก./กก). (Figure 3c) ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับที่แตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวอยู่ในระดับสูงที่สุด รองลงมาคือตำรับที่ใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูเปอร์พด.9 ส่วนตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดิน และตำรับที่ใส่ฟอสฟอรัสครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูเปอร์พด.9 มีปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินในระดับต่ำที่สุด (Figure 3d)

ปริมาณแคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินในแต่ละตำรับทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยในตำรับที่ใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวอยู่ในระดับสูงที่สุด รองลงมาคือ ตำรับที่ใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูเปอร์พด.9 และ ตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดิน และตำรับที่ใส่ฟอสฟอรัสครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูเปอร์พด.9 ตามลำดับ (Figure 4a และ b) ปริมาณเหล็กที่เป็นประโยชน์ในดินในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว และตำรับที่ใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูเปอร์พด.9 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) แต่สูงกว่าตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดิน และตำรับที่ใส่ฟอสฟอรัสครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูเปอร์พด.9 (Figure 4d)

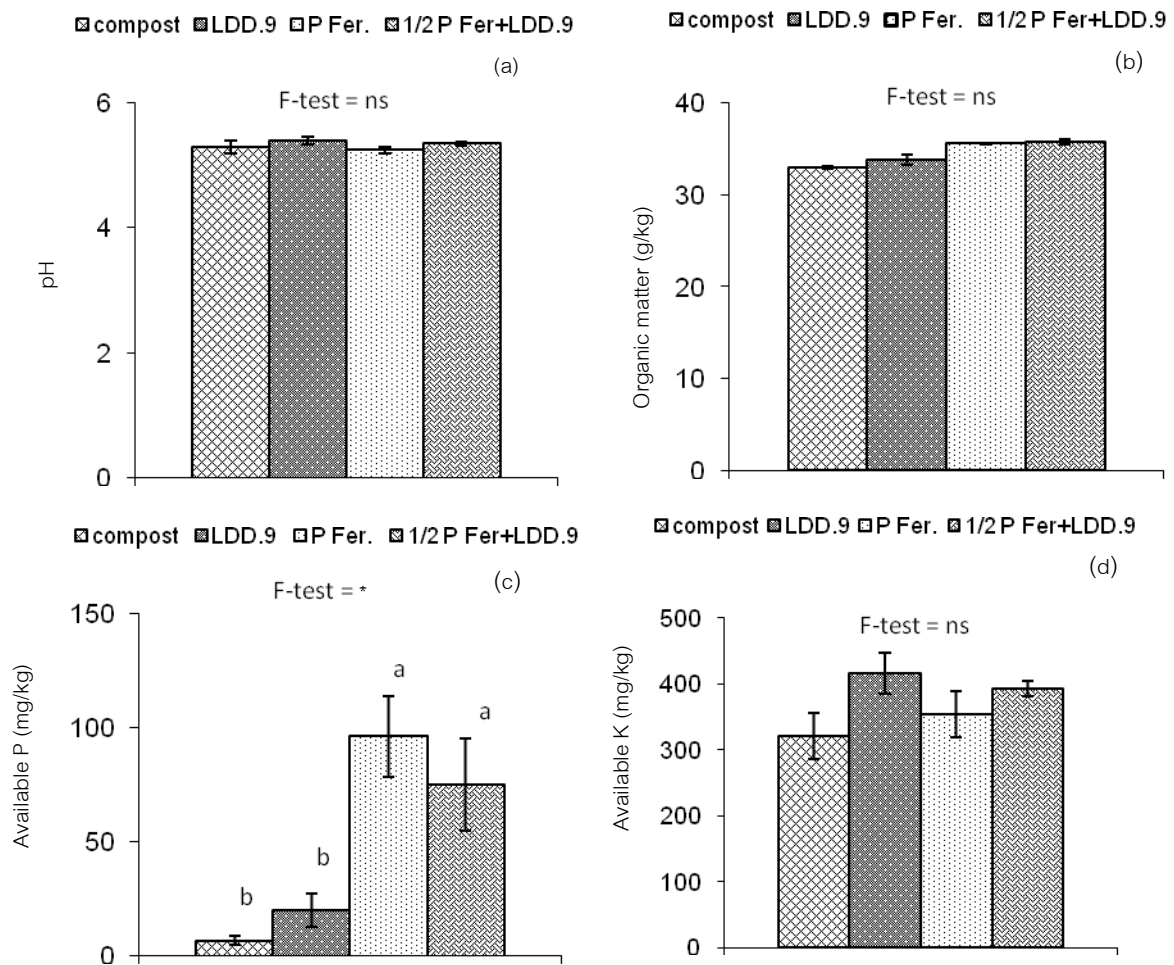


Figure 1 pH (a), organic matter (b), available phosphorus (c) and available potassium (d) in soil after fertilization (14 day after planting corn)

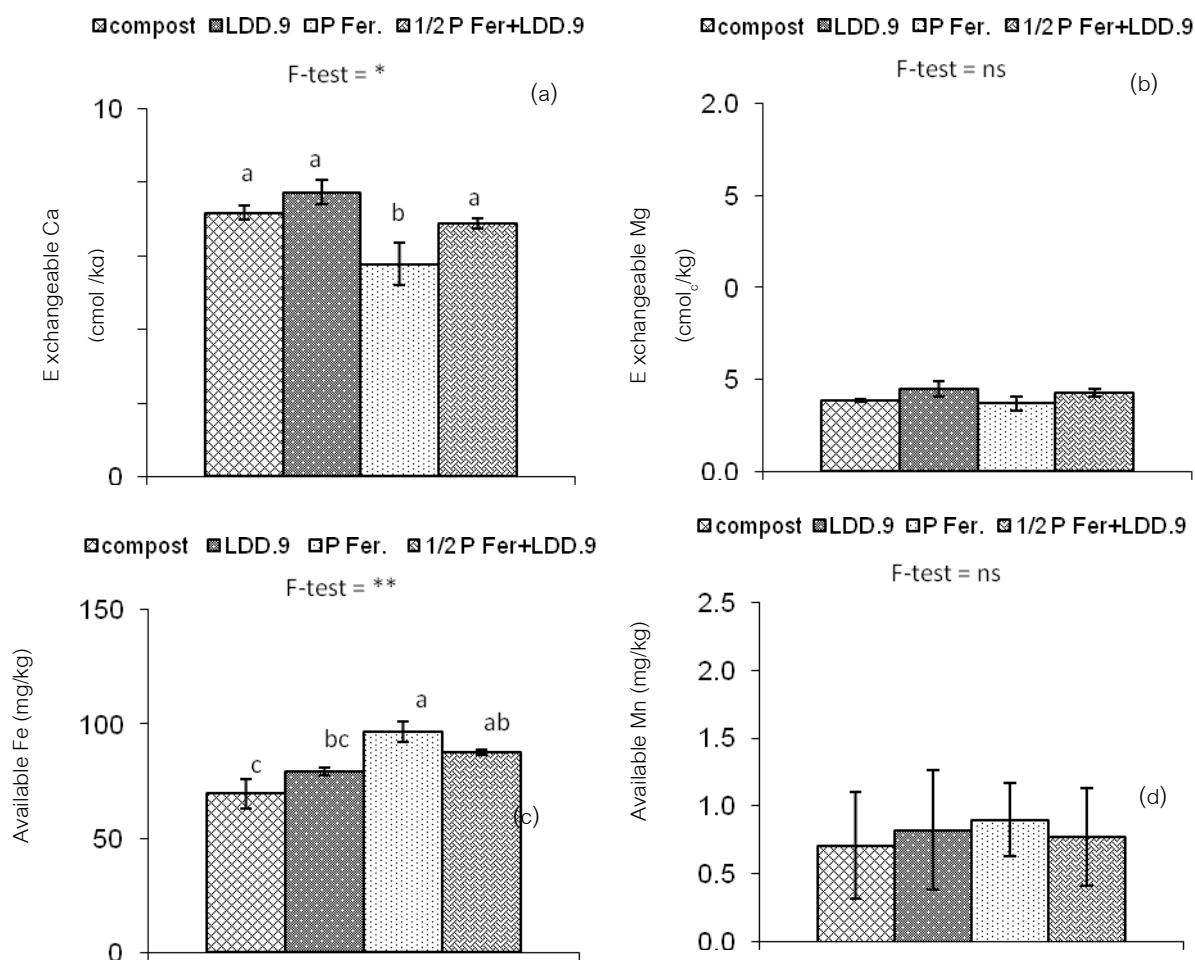


Figure 2 Exchangeable calcium (a), exchangeable magnesium (b), available ferrous (c) and available Manganese (d) in soil after fertilization (14 day after planting corn)

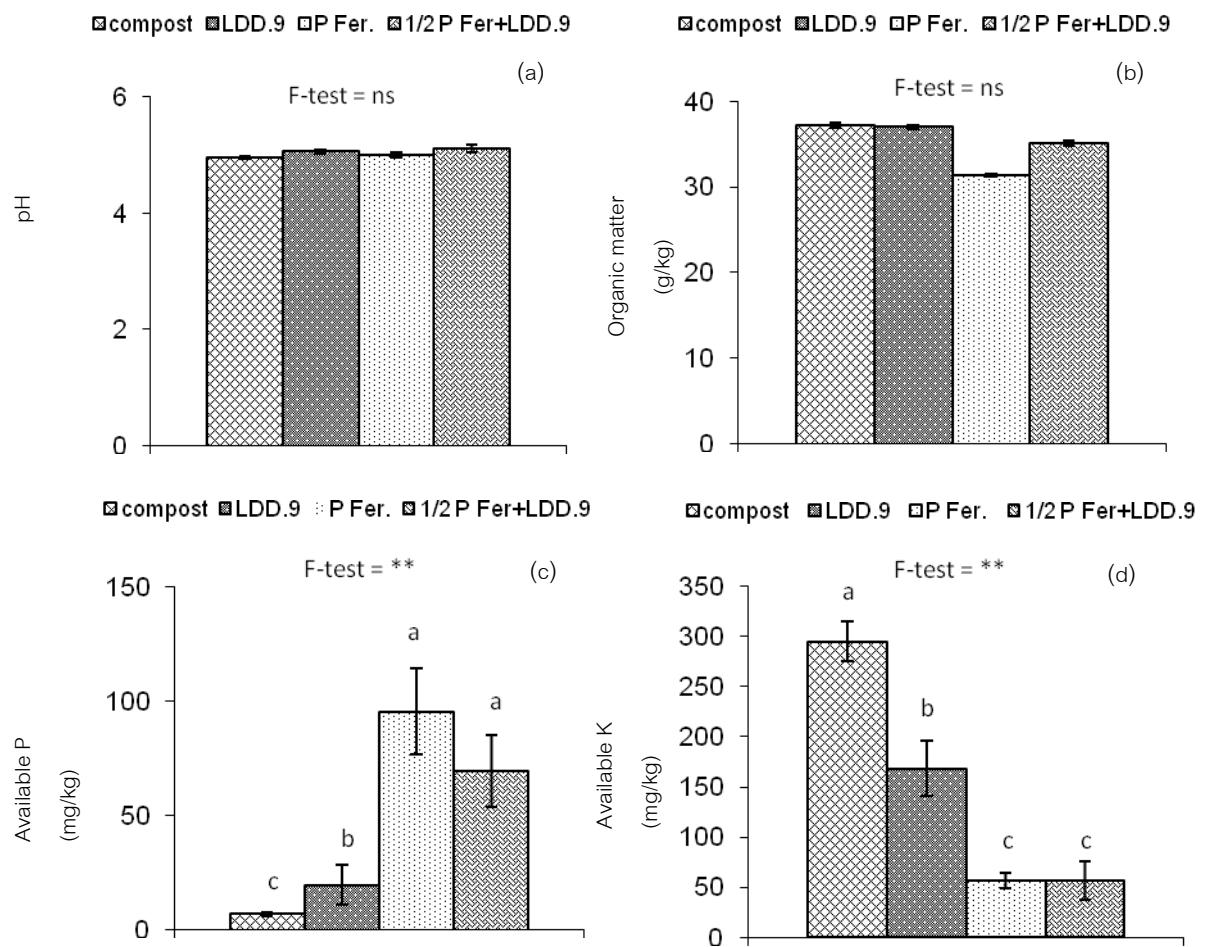


Figure 3 pH (a), organic matter (b), available phosphorus (c) and available potassium (d) in soil at harvest stage (60 day after planting corn)

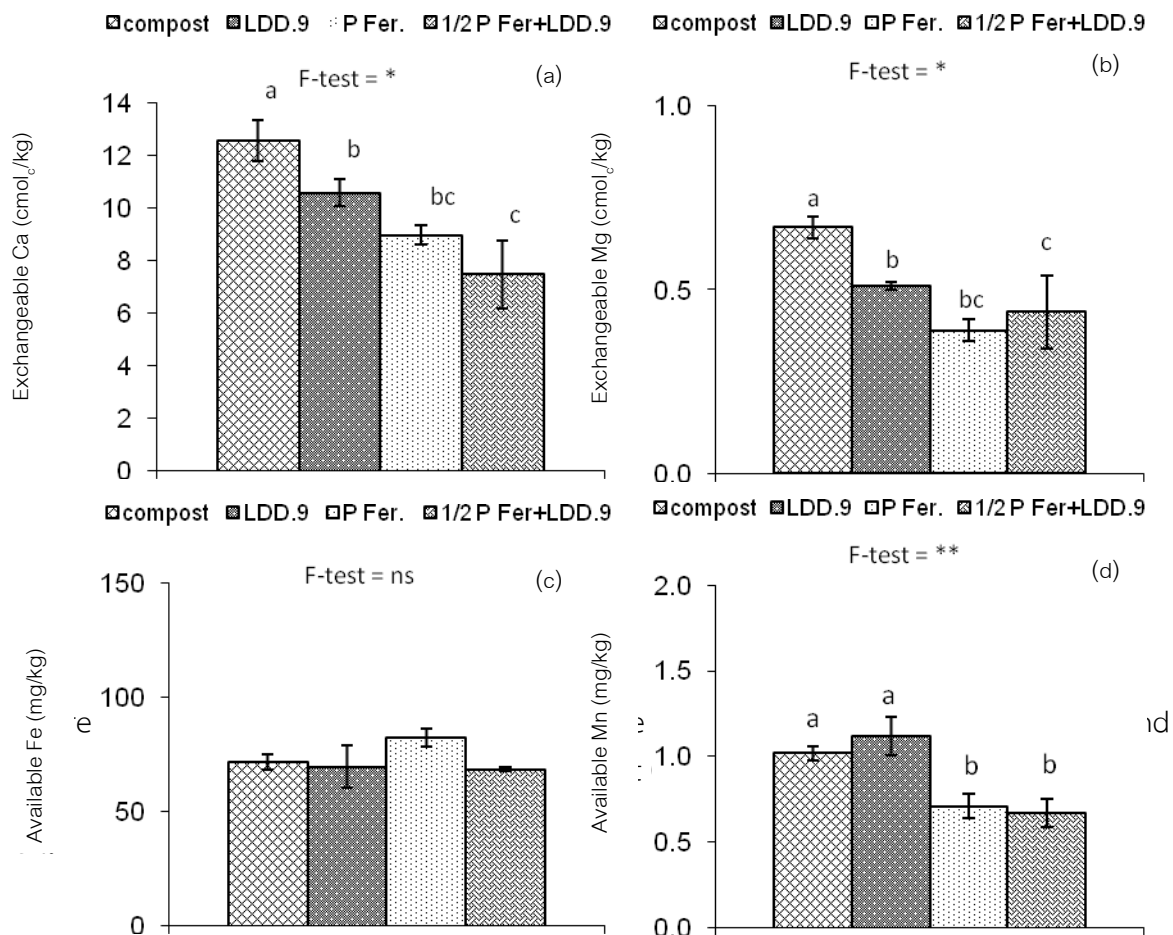


Figure 4 Exchangeable Ca (a), Exchangeable Mg (b), Available Fe (c) and Available Fe (d) in soil at harvest stage (60 day after planting corn).

น้ำหนักแห้งของข้าวโพดในแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยข้าวโพดในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดินมีน้ำหนักแห้งสูงที่สุด (90.6 ก./กระถาง) และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติกับตำรับที่ใส่ฟอสฟอรัสครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ ชูเปอร์ พด.9 (75.1 ก./กระถาง) รองลงมาคือตำรับใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ชูเปอร์พด.9 (46.8 ก./กระถาง) ส่วนตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวมีน้ำหนักแห้งของข้าวโพดต่ำที่สุด (18.0 ก./กระถาง) (Figure 5a)

ปริมาณฟอสฟอรัสที่ข้าวโพดดูดใช้ในแต่ละตำรับการทดลองมีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดย ข้าวโพดในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดินสามารถดูดใช้ฟอสฟอรัสได้สูงที่สุด (151 มก./ กระถาง) และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติกับตำรับที่ใส่ฟอสฟอรัสครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับใส่ปุ๋ยหมัก ผสมจุลินทรีย์ชูเปอร์พด.9 (125.3 มก./กระถาง) รองลงมาคือตำรับใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ชูเปอร์พด.9 (57.1 มก./กระถาง) ส่วนข้าวโพดในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวมีการดูดใช้ฟอสฟอรัสได้ต่ำที่สุด (21.3 มก./กระถาง) (Figure 5c)

ปริมาณไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่ข้าวโพดดูดใช้ในแต่ละตำรับการทดลอง มีความแตกต่างทางสถิติ ($P \leq 0.05$) โดยข้าวโพดที่ปลูกในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดินและ ตำรับที่ใส่ฟอสฟอรัสครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ชูเปอร์พด.9 จะมีการดูดใช้ ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมสูงที่สุด รองลงมาคือตำรับที่ใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์

ซูปเปอร์ฟอส.9 และตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวจะมีการดูดใช้ในโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมต่ำที่สุด (Figure 5b d e และ f)

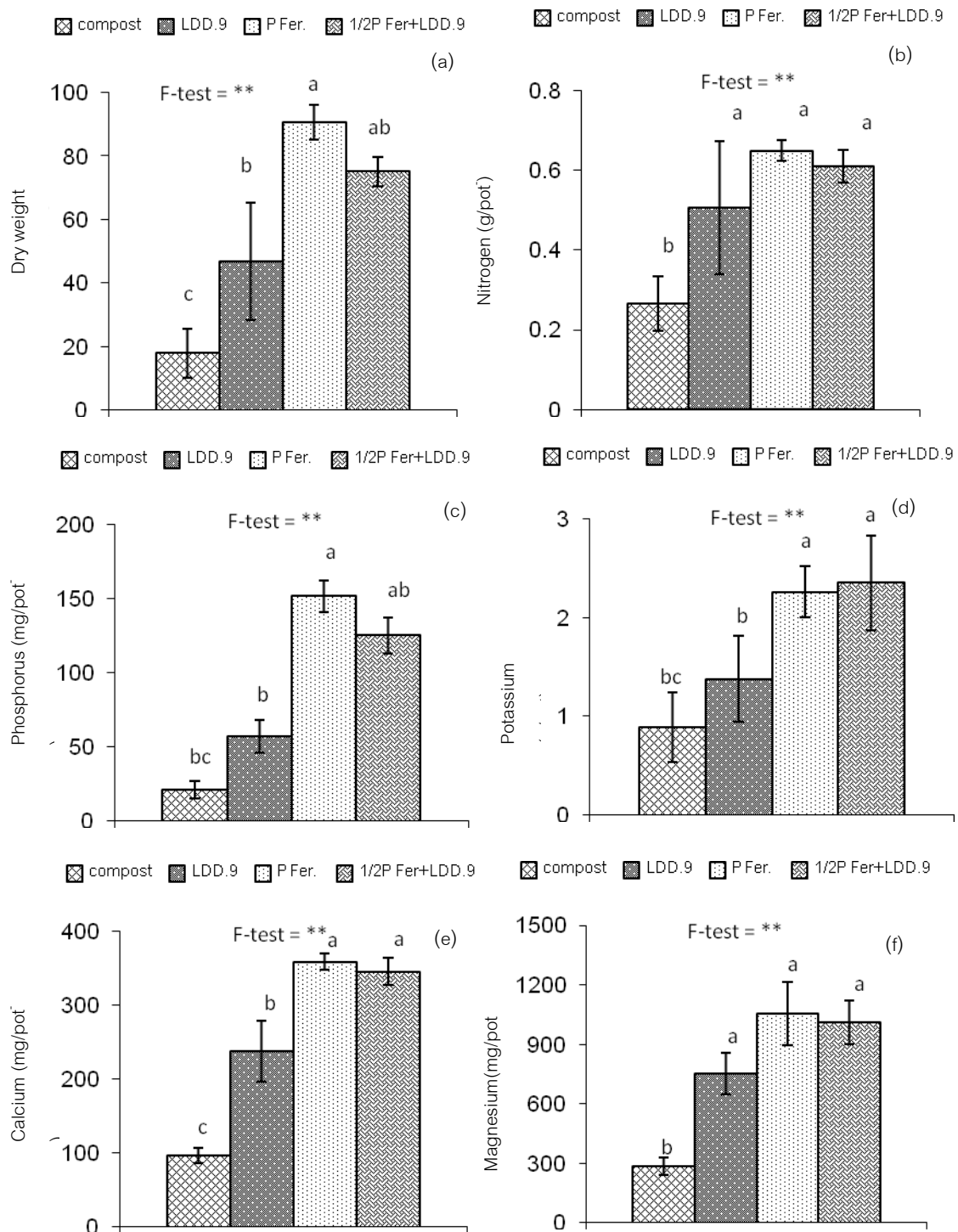


Figure 5 Dry weight, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium uptake by corn

1.สมบัติทางเคมีบางประการของดินหลังการใส่ปุ๋ย (ข้าวโพดอายุ 14 วัน) และช่วงการเก็บเกี่ยว (ข้าวโพดอายุ 60 วัน)

จากการนำผลวิเคราะห์ดินชุดดินมูโนะซึ่งไม่ผ่านการปรับปรุง ตามตารางที่ 1 มาเทียบกับผลวิเคราะห์ดินหลังจากมีการใส่ปุ๋ยจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าพีเอชของดินและปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะแคลเซียมในดินเพิ่มสูงขึ้นจากเดิมอยู่ที่ระดับ $0.90 \text{ cmol}_c \text{ Kg}^{-1}$ ซึ่งเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ทางเคมีของดิน (กรมพัฒนาที่ดิน, 2547) จัดว่าอยู่ในระดับต่ำ แต่เมื่อมีการใส่ปุ๋ยปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินในทุกตำรับการทดลองอยู่ที่ระดับ $5.79\text{--}7.74 \text{ cmol}_c \text{ Kg}^{-1}$ ซึ่งเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานแล้วพบว่าจัดอยู่ในระดับปานกลาง ส่วนของปริมาณโพแทสเซียมในดินหลังจากการใส่ปุ๋ยในทุกตำรับการทดลองทำให้โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มสูงขึ้นจากเดิมที่อยู่ในระดับสูง กลายเป็นระดับสูงมากเมื่อนำมาเทียบกับค่ามาตรฐาน ในส่วนของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินพบว่าในชุดดินมูโนะที่ไม่ผ่านการปรับปรุงนั้นมีฟอสฟอรัสอยู่ในระดับต่ำปานกลาง (9 มก./กก.) และการปรับปรุงดินโดยการใส่ปุ๋ยก็ไม่ได้มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มสูงขึ้นถ้าไม่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมลงไป โดยพิจารณาได้จากตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว พบว่ามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพียง 6.7 มก./กก. ส่วนตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดิน และตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูเปอร์พด.9 นั้นมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มสูงขึ้นจนอยู่ในระดับสูงมากเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐาน (96.2 และ 69.2 มก./กก. ตามลำดับ) ทั้งนี้จากผลวิเคราะห์ธาตุอาหารในปุ๋ยหมักซึ่งมีฟอสฟอรัสเพียง 1.9 ก./กก. ซึ่งถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับปุ๋ยฟอสฟอรัสที่ใส่เพิ่มเติมลงไปในตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดิน และตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูเปอร์พด.9 การใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวจึงไม่สามารถทำให้ปริมาณฟอสฟอรัสในดินเพิ่มสูงขึ้นได้

หลังจากปลูกข้าวโพดได้ 60 วัน พบว่าพีเอชของดินลดต่ำลงเล็กน้อย ส่วนอินทรีย์วัตถุในดินฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ เหล็ก และแมงกานีสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับดินหลังการใส่ปุ๋ยในช่วงที่ข้าวโพดอายุได้ 14 วัน แต่ปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินช่วงที่ข้าวโพดอายุ 60 วันกลับเพิ่มสูงขึ้นในทุกตำรับการทดลอง ส่วนโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินลดต่ำลงในทุกตำรับการทดลอง โดยเฉพาะตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดิน และตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูเปอร์พด.9 เนื่องจากโพแทสเซียมจัดเป็นธาตุอาหารหลักที่พืชต้องการใช้ในปริมาณมากเมื่อพืชเจริญเติบโตได้ดีพืชจะมีความสามารถในการดูดใช้โพแทสเซียมได้สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับน้ำหนักแห้งของข้าวโพดและปริมาณโพแทสเซียมที่ข้าวโพดดูดไปใช้ (Figure 5a และ d)

2.น้ำหนักแห้งและการดูดใช้ธาตุอาหารของข้าวโพดที่ปลูกในชุดดินมูโนะที่ผ่านการใส่ปุ๋ย

ข้าวโพดที่ปลูกในตำรับที่ใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวมีน้ำหนักแห้งน้อยที่สุด เมื่อเทียบกับน้ำหนักแห้งของข้าวโพดที่ปลูกในตำรับที่ใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูเปอร์พด.9 ตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูเปอร์พด.9 และตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดิน เมื่อพิจารณาสมบัติทางเคมีของดินในดินในทุกตำรับการทดลองจะเห็นได้ว่าสมบัติทางเคมีของดินในทุกตำรับการทดลองมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่พบว่าในตำรับที่ใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวอยู่ในระดับต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับตำรับอื่นๆ และเมื่อเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานความสูงต่ำของค่าวิเคราะห์ทางเคมีของดินจัดได้ว่าฟอสฟอรัสอยู่ในระดับต่ำปานกลาง (6.75 มก./กก.) ส่วนตำรับอื่น ๆ พบว่าปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับสูงปานกลางถึงสูงมาก (20-96.25 มก./กก.) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็น

ประโยชน์ในดินจึงเป็นปัจจัยที่จำกัดการเจริญเติบโตของข้าวโพดในตำรับที่ใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียว โดยการใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวเพิ่มเติมลงไปดินเปรี้ยวจัดที่ผ่านการใส่ปุ๋ยไม่สามารถเพิ่มระดับของฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินให้เพียงพอความต้องการของข้าวโพดได้ ส่วนตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูปเปอร์พด.9 พบว่าข้าวโพดมีน้ำหนักแห้งและการดูดใช้ฟอสฟอรัส รวมทั้งไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ได้สูงกว่าตำรับที่ใส่ปุ๋ยหมักเพียงอย่างเดียวอย่างชัดเจน (รูปที่ 5 a-f) แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ซูปเปอร์พด.9 มีบทบาทในการทำให้ฟอสฟอรัสในดินเป็นประโยชน์ต่อข้าวโพดได้ ซึ่งจุลินทรีย์ซูปเปอร์พด.9 ประกอบด้วยเชื้อแบคทีเรีย *Burkholderia* sp. (กรมพัฒนาที่ดิน, 2556) ซึ่งมีความสามารถในการละลายฟอสฟอรัสที่ถูกตรึงในดินกรด และดินเปรี้ยวจัดให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ จากการศึกษาของ Peix และคณะ (2001) พบว่าถั่วแขกที่ปลูกโดยวิธีการคลุกเชื้อ *Burkholderia* sp กับเมล็ดก่อนปลูกสามารถดูดใช้ฟอสฟอรัสได้สูงกว่าการปลูกโดยไม่ได้คลุกเชื้อถึง 44 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งสามารถดูดใช้ในไนโตรเจนสูงขึ้น 31 เปอร์เซ็นต์ และสามารถดูดใช้โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นด้วย จากรายงานของ Rodriguez และ Fraga (1999) พบว่าเชื้อ *Burkholderia* sp. มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทส ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาในการแปรสภาพอินทรีย์ฟอสฟอรัสในดินให้กลับมาอยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ได้ ทั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Chabot และคณะ (1996) ที่พบว่าเชื้อ *Burkholderia* sp สามารถเพิ่มฟอสฟอรัสในดินที่ปลูกข้าวโพด และผักกาดหอม โดยสามารถผลิตเอนไซม์แอซิดฟอสฟาเทสได้ในระดับปานกลาง นอกจากนี้จากการศึกษาของ Delvasta และคณะ (2008) พบว่าเชื้อ *Burkholderia* sp มีความสามารถในการผลิตกรดอินทรีย์ซึ่งเป็นกลไกหลักในเปลี่ยนอินทรีย์ฟอสฟอรัสจากรูปที่ไม่เป็นประโยชน์เป็นรูปที่สามารถเป็นประโยชน์กับพืชได้ โดยพบว่า *Burkholderia* sp สามารถสร้างกลูโคน แอซิด ได้สูงถึง 6,128 มก./ล. และผลิตอะซิติกแอซิด ได้ 9.2 มก./ล. เมื่อเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ hydroxyapatite ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$) อย่างไรก็ตามน้ำหนักแห้งและการดูดใช้ฟอสฟอรัส ของข้าวโพดที่ปลูกในตำรับที่ใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูปเปอร์พด.9 อยู่ในระดับที่ต่ำกว่าตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดิน และตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูปเปอร์พด.9 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูปเปอร์พด.9 แม้ว่าจะช่วยเพิ่มการดูดใช้ฟอสฟอรัสของข้าวโพดที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดที่ผ่านการใส่ปุ๋ยได้ แต่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นก็ยังไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด แต่เมื่อพิจารณาในตำรับที่ใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูปเปอร์พด.9 พบว่าน้ำหนักแห้งของข้าวโพดและปริมาณฟอสฟอรัสที่ข้าวโพดดูดไปใช้ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับตำรับที่ใส่ฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดิน แสดงให้เห็นว่าการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูปเปอร์พด.9 สามารถทำให้ข้าวโพดสามารถเจริญเติบโตได้เทียบเท่ากับการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดิน

สรุป

การใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูปเปอร์พด.9 สามารถช่วยเพิ่มความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัสในดินเปรี้ยวจัดที่ผ่านการใส่ปุ๋ยได้ แต่ปริมาณฟอสฟอรัสที่เพิ่มขึ้นก็ยังไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพด จำเป็นต้องมีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพิ่มเติมลงไปดินด้วย โดยการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสเพียงครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูปเปอร์พด.9 ทำให้ข้าวโพดที่ปลูกในดินเปรี้ยวจัดที่ผ่านการใส่ปุ๋ยมีน้ำหนักแห้ง และมีปริมาณการดูดใช้ฟอสฟอรัส ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมในระดับที่ไม่แตกต่างกับตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสตามค่าวิเคราะห์ดินการใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสครึ่งหนึ่งของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยหมักผสมจุลินทรีย์ซูปเปอร์พด.9 จึงเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืชในดินเปรี้ยวจัดที่ผ่านการใส่ปุ๋ย

เอกสารอ้างอิง

- กัลยา วานิชย์บัญชา. 2555. สถิติสำหรับงานวิจัย. กรุงเทพฯ: ธรรมสาร.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2547ก. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย ปืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่มที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2547ข. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย ปืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่มที่ 2. กรุงเทพฯ: สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. กรมพัฒนาที่ดิน.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2556. เทคโนโลยีชีวภาพทางดิน . กรุงเทพฯ: สำนักเทคโนโลยีชีวภาพทางดิน. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- Chabot, R., Antoun, H, Kloepper J.W, and Beauchamp, C.J. 1996. Root colonization of maize and lettuce by bioluminescent *Rhizobium leguminosarum* biovar. *Phaseoli*. Appl Environ Microbiol. 62: 2767-2772.
- Delvasto, P., Valverde, A., Ballester, A., Munoz, J.A., Gonzalez, F., Blazquez, M.L., Igual, J.M., and Garcia-Balboa, C. 2008. Diversity and activity of phosphate bioleaching bacteria from a high-phosphorus iron ore. 92: 124-129.
- Marschner, H.1991. Mechanisms of adaptation of plants to acid soil. Plant and Soil. 134: 1-20.
- Peix, A., Mateos, P.F., Rodriguez-Barrueco, c., Martinez-Molina, E. and Velazquez, E. 2001. Growth promotion of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by strain of *Burkholderia cepacia* under growth chamber conditions. Soil Biology & Biochemistry. 33: 1927-1935.