ผลของปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Effect of Slow Release Nitrogen Fertilizer (SRNF) on Growth, Yield and Yield Components of Maize

พฤหัส ศรีขวัญ,[1] ชัยสิทธิ์ ทองจู,[1*] จุฑามาศ ร่มแก้ว[2] และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย[1]

Paruehat Seekhwan,[1] Chaisit Thongjoo,[1*] Jutamas Romkaew[2] and Tawatchai Inboonchuay[1]

ABSTRACT

The comparative study on the effect of urea and slow release nitrogen fertilizer (SRNF) rates on growth, yield and yield components of maize *(var.* Pacific 999) planted in Kamphaeng Saen soil series. The experimental design was a randomized complete block (RCB) with 3 replications. The results revealed that the SRNF application at a rate of 60 kg/rai gave the highest plant height, leaf collar height and leaf greenness (SPAD reading) which were not different from those of the chemical fertilizer application based on soil chemical analysis using SRNF at a rate of 50 kg/rai, the urea application at a rate of 52.17 kg/rai, and the chemical fertilizer application based on soil chemical analysis using urea at a rate of 43.48 kg/rai. Furthermore, the SRNF application at a rate of 60 kg/rai gave the highest ear weight, ear without husk weight, grain weight, 1,000 grain weight, total N and protein in grain of maize which were not different from the chemical fertilizer application based on soil chemical analysis using SRNF at a rate of 50 kg/rai, and the urea application at a rate of 52.17 kg/rai.

Keywords: urea, slow release nitrogen fertilizer (SRNF), maize

บทคัดย่อ

การศึกษาเปรียบเทียบผลของปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิค 999 ที่ปลูกในชุดดิน

[1*]ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140.

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom 73140, Thailand.

[2] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140.

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom 73140, Thailand.

[*]Corresponding author: E-mail address: thongjuu@yahoo.com

กำแพงแสน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อค (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ผลการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 60 กก./ไร่ มีผลให้ความสูงต้น ความสูงคอใบสุดท้าย และค่าความเขียวของใบข้าวโพดโดยภาพรวมมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 50 กก./ไร่ การใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 52.17 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยยูเรียอัตรา 43.48 กก./ไร่ นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 60 กก./ไร่ มีผลให้

น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณโปรตีนในข้าวโพดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 50 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 52.17 กก./ไร่

คำสำคัญ: ยูเรีย ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้า ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

คำนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์เป็นอย่างมาก ในปี พ.ศ. 2558 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดประมาณ 7.16 ล้านไร่ ผลผลิต 4.61 ล้านตัน และผลผลิตเฉลี่ย 664 กก./ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) แต่ความต้องการข้าวโพดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตข้าวโพดไม่เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ อีกทั้งปริมาณผลผลิตไม่แน่นอน เนื่องจากการผลิตขึ้นกับสภาพของดินฟ้าอากาศ ทำให้เสี่ยงต่อความเสียหายจากความแห้งแล้งเป็นอย่างมาก แนวทางหนึ่งที่ส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดให้สูงขึ้น คือ การเพิ่มผลผลิตข้าวโพดต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งอาจทำได้หลายวิธี เช่น การปรับปรุงพันธุ์ให้เหมาะสมกับแหล่งปลูก การศึกษาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสม (ธีระพงษ์ และคณะ, 2553) รวมทั้งการลดต้นทุนการผลิตโดยใช้วัสดุเหลือใช้จากภาคเกษตรหรือภาคอุตสาหกรรมเกษตรที่ปราศจากการปนเปื้อนของโลหะหนัก เพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี (Thongjoo *et al.,* 2005; จันจิรา และคณะ, 2552; ธนศมณท์ และคณะ, 2555; กัญณัฏฐ์ และคณะ, 2555; ชัยวัฒน์ และคณะ, 2558) โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ซึ่งหากมีการปลูกพืชติดต่อกันหลายปี อาจมีผลทำให้ดินขาดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อพืชอย่างถาวรได้ (Azmal *et al.,* 1996; Berendse, 1990) ปุ๋ยเคมีเป็นปัจจัยการผลิตที่มีความสำคัญต่อการยกระดับผลผลิตของพืชผลทางการเกษตร (ยงยุทธ และคณะ, 2551) ในแต่ละปีประเทศไทยมีการนำเข้าปุ๋ยเคมีในปริมาณที่สูง เพื่อใช้ในภาคการเกษตรสำหรับการเพิ่มผลิตของพืชให้สูงขึ้น ในปี พ.ศ. 2557 มีการนำเข้าปุ๋ยเคมีปริมาณมากถึง 5.41 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 66,103 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) ซึ่งปุ๋ยเคมีที่มีปริมาณการนำเข้ามากที่สุด คือ ปุ๋ยยูเรีย โดยปุ๋ยชนิดนี้มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก (46 %N) เป็นปุ๋ยเคมีที่เกษตรกรเลือกใช้ในปริมาณมากที่สุด และธาตุไนโตรเจนนี้ก็สูญเสียไปจากดินมากที่สุดด้วย ดังนั้น หากสามารถลดการสูญเสียของธาตุไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมีให้น้อยลง ก็สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนให้สูงขึ้นได้ (ยงยุทธ และคณะ, 2551) ที่ผ่านมามีการศึกษาผลของปุ๋ยยูเรียปลดปล่อยช้า (slow release urea, SRU) ที่มีต่อการเจริญเติบโต

ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย (ปิยวรรณ และคณะ, 2557; พชรกร และคณะ, 2558) และข้าว (ภาณุพรรณ และคณะ, 2557) ผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการใช้ปุ๋ยยูเรียปลดปล่อยช้ามีผลต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยและข้าวโดยภาพรวมค่อนข้างดี จึงเกิดแนวคิดในการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้า (slow release nitrogen fertilizer, SRNF) ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง นั่นคือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาผลของปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิค 999 ดำเนินการในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2559 ณ แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ซึ่งเป็นชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen soil series, Ks; Typic Haplustalfs; fine- silty, mixed, semiactive, isohyperthermic, Soil Survey Staff, 2003) โดยเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 ซม. เพื่อวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ค่า pH (1:1) ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (EC_e) ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ และเนื้อดิน สำหรับสมบัติบางประการของดินก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน Table 1 งานทดลองนี้ประกอบด้วย 27 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 4.5 เมตร ยาว 6.0 เมตร จำนวน 5 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 0.75 เมตร เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเฉพาะ 3 แถวกลาง เว้นหัวและท้ายแถวประมาณ 1 เมตร คิดเป็นพื้นที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยเท่ากับ 3.0 x 4.0 ตารางเมตร วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อค (Randomized Complete Block Design) จำนวน 3 ซ้ำ และ 9 ตำรับทดลอง ดังนี้

ตำรับทดลอง	คำบรรยาย	สัญลักษณ์	ปริมาณธาตุอาหารหลัก (กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่)
T_1	ไม่ใส่ปุ๋ยไนโตรเจน	control	0-0-0
T_2	ใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 17.39 กก./ไร่	$U_{17.39}$	8-5-5
T_3	ใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 34.78 กก./ไร่	$U_{34.78}$	16-5-5
T_4	ใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 52.17 กก./ไร่	$U_{52.17}$	24-5-5
T_5	ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยยูเรียอัตรา 20 กก. N/ไร่ หรือ 43.48 กก./ไร่	$U_{43.48}$_DOA	20-5-5
T_6	ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 20 กก./ไร่	$SRNF_{20}$	8-5-5
T_7	ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 40 กก./ไร่	$SRNF_{40}$	16-5-5
T_8	ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 60 กก./ไร่	$SRNF_{60}$	24-5-5
T_9	ใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 20 กก.N/ไร่ หรือ 50 กก./ไร่	$SRNF_{50}$_DOA	20-5-5

คำแนะนำ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับดินที่ใช้ทดลองครั้งนี้เพื่อปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คือ 20, 5 และ 5 กก.N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ดังนั้นตำรับทดลองที่ 2-4 และ 6-8 จึงใส่ปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมเป็นปุ๋ยรองพื้นเท่ากับตำรับทดลองที่ 5 และ 9 ตามลำดับ

การใส่ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ยูเรีย (46 %N) ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (42 %P_2O_5) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 %K_2O) แบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งอัตราในแต่ละตำรับทดลอง ที่อายุ 20 และ 40 วันหลังถอนแยก ส่วนปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้า (40 %N) ใส่เพียงครั้งเดียวที่อายุ 20 วันหลังถอนแยก

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ ความสูงต้น ความสูงคอใบสุดท้าย (leaf collar) และค่าความเขียวของใบ (SPAD reading; วัดตำแหน่งใบที่ 3-5 จากปลายยอด ทำการวัด 3 ใบต่อต้น) ซึ่งวัดโดยเครื่อง chlorophyll meter (Minolta Co., Ltd., JAPAN: SPAD-502 model) การเก็บข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ จำนวนฝักต่อต้น จำนวนฝักสมบูรณ์ น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเปลือกและซัง น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโปรตีนในเมล็ด

Table 1 Chemical and physical properties of initial soil.

Properties	Results
pH (1:1)	7.78
EC_e (dS/m)	0.67
Organic matter (%)[1/]	0.89
Available P (mg/kg)[2/]	53.46
Exchangeable K (mg/kg)[3/]	155.82
Exchangeable Ca (mg/kg)[3/]	880
Exchangeable Mg (mg/kg)[3/]	60.78
Exchangeable Na (mg/kg)	18.03
Texture[4/]	sandy loam

Note [1/] = Walkey and Black method (Walkey and Black, 1934) [2/] = Bray II method (Bray and Kurtz, 1945)
[3/] = Extracted with NH_4OAc pH 7.0 (Pratt, 1965) [4/] = Pipette method (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2558)

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การเจริญเติบโตของข้าวโพด

การใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ มีผลให้ความสูงต้น ความสูงคอใบสุดท้าย และค่าความเขียวของใบข้าวโพดที่อายุ 1 และ 2 เดือนหลังปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 2) กล่าวคือ ที่อายุ 1 เดือนหลังปลูก พบว่า การใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 52.17 กก./ไร่ ($U_{52.17}$) มีผลให้ความสูงต้น ความสูงคอใบสุดท้าย และค่าความเขียวของใบข้าวโพด

โดยภาพรวมมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยยูเรียอัตรา 43.48 กก./ไร่ ($U_{43.48}$_DOA) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 60 กก./ไร่ ($SRNF_{60}$) และการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 50 กก./ไร่ ($SRNF_{50}$_DOA) ส่วนที่อายุ 2 เดือนหลังปลูก พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 60 กก./ไร่ ($SRNF_{60}$) มีผลให้ความสูงต้น ความสูงคอใบสุดท้าย และค่าความเขียวของใบข้าวโพดโดยภาพรวมมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 50 กก./ไร่ ($SRNF_{50}$_DOA) การใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 52.17 กก./ไร่ ($U_{52.17}$) และการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยยูเรียอัตรา 43.48 กก./ไร่ ($U_{43.48}$_DOA) อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าปุ๋ยยูเรียมีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดในช่วงแรกดีกว่าปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้า ในทางตรงข้ามกลับพบว่าปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับข้าวโพดได้อย่างต่อเนื่องและยาวนานกว่าปุ๋ยยูเรีย ส่วนความสูงต้น ความสูงคอใบสุดท้าย และค่าความเขียวของใบข้าวโพดของตำรับควบคุม (control) มีค่าต่ำที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

2. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพด

2.1 จำนวนฝักต่อต้น เปอร์เซ็นต์ฝักสมบูรณ์ และน้ำหนักฝักทั้งเปลือก

การใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ มีผลให้จำนวนฝักต่อต้น เปอร์เซ็นต์ฝักสมบูรณ์ และน้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 60 กก./ไร่ ($SRNF_{60}$) และการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 50 กก./ไร่ ($SRNF_{50}$_DOA) มีผลให้จำนวนฝักต่อต้นของข้าวโพดมากที่สุด (1.60 ฝัก/ต้น) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 40 กก./ไร่ ($SRNF_{40}$) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยยูเรียอัตรา 43.48 กก./ไร่ ($U_{43.48}$_DOA) และการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 52.17 กก./ไร่ ($U_{52.17}$) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 34.78 กก./ไร่ ($U_{34.78}$) การใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 52.17 กก./ไร่ ($U_{52.17}$) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยยูเรียอัตรา 43.48 กก./ไร่ ($U_{43.48}$_DOA) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 40 กก./ไร่ ($SRNF_{40}$) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 60 กก./ไร่ ($SRNF_{60}$) และการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 50 กก./ไร่ ($SRNF_{50}$_DOA) มีผลให้เปอร์เซ็นต์ฝักสมบูรณ์ของข้าวโพดมากที่สุด (100 เปอร์เซ็นต์) อีกทั้งการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 60 กก./ไร่ ($SRNF_{60}$) มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด (2,465.57 กก./ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 50 กก./ไร่ ($SRNF_{50}$_DOA) ส่วนจำนวนฝักต่อต้น เปอร์เซ็นต์ฝักสมบูรณ์ และน้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดของตำรับควบคุม (control) มีค่าต่ำที่สุด

2.2 น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเปลือกและซัง น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด

การใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ มีผลให้น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเปลือกและซัง น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 60 กก./ไร่ ($SRNF_{60}$) มีผลให้น้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด (2,021.49 กก./ไร่) รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 50 กก./ไร่ ($SRNF_{50}$_DOA) ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 52.17 กก./ไร่ ($U_{52.17}$) ส่วนทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ มีผลให้น้ำหนักเปลือกและซังของข้าวโพดใกล้เคียงกันในช่วง 994.76-1,022.03 กก./ไร่ นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 60 กก./ไร่ ($SRNF_{60}$) มีผลให้น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด (1,443.54 กก./ไร่ และ 347.82 กรัม ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 50 กก./ไร่ ($SRNF_{50}$_DOA) และการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 52.17 กก./ไร่ ($U_{52.17}$) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเปลือกและซัง น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดน้อยที่สุด

2.3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโปรตีนในเมล็ด

การใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโปรตีนในเมล็ดของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 5) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 60 กก./ไร่ ($SRNF_{60}$) มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด (1.58 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 50 กก./ไร่ ($SRNF_{50}$_DOA) การใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 52.17 กก./ไร่ ($U_{52.17}$) และการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยยูเรียอัตรา 43.48 กก./ไร่ ($U_{43.48}$_DOA) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 60 กก./ไร่ ($SRNF_{60}$) ยังมีผลให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด (9.88 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 50 กก./ไร่ ($SRNF_{50}$_DOA) อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ มีผลให้ปริมาณโปรตีนของเมล็ดข้าวโพดจัดอยู่ในประเภท “ข้าวโพดเมล็ด เกรด 1” คือ มีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ ตามมาตรฐานวัตถุดิบอาหารสัตว์ ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโปรตีนในเมล็ดของข้าวโพดน้อยที่สุด

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น ให้ข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้า มีแนวโน้มให้การเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต รวมทั้งปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโปรตีนในเมล็ดของข้าวโพด ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยยูเรีย ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับข้าวโพดได้อย่างต่อเนื่องและยาวนานกว่าปุ๋ยยูเรีย สอดคล้องกับงานทดลองในอ้อย (ปิยวรรณ และคณะ, 2557; พชรกร และคณะ, 2558) และข้าว (ภาณุพรรณ และคณะ, 2557) ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (control) มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดต่ำที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะการปลูกพืชที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยในระยะยาวจะมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดน้อยลงและไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืช (จันจิรา และคณะ, 2552; ธนศมณท์ และคณะ, 2555; กัญณัฏฐ์ และคณะ, 2555; ชัยวัฒน์ และคณะ, 2558)

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

1. การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 60 กก./ไร่ มีผลให้ความสูงต้น ความสูงคอใบสุดท้าย และค่าความเขียวของใบข้าวโพดโดยภาพรวมมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 50 กก./ไร่ การใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 52.17 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยยูเรียอัตรา 43.48 กก./ไร่

2. การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 60 กก./ไร่ มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณโปรตีนในข้าวโพดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 50 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 52.17 กก./ไร่

การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้ามาใช้สำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดโดยภาพรวมค่อนข้างดีกว่าการใช้ปุ๋ยยูเรีย อย่างไรก็ตาม ควรศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ รวมทั้งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดินในช่วงที่ทำการศึกษาด้วย

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาวิชาการ ระหว่างภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับ บริษัท พาริชเฟอทิไลเซอร์ จำกัด

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร.2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ.21-24 น. *ใน* เอกสารวิชาการลำดับที่ 8/2548, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กัญณัฏฐ์ ภรณ์สิริภัสร์, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ศุภชัย อำคา, จุฑามาศ ร่มแก้ว, ชาลินี คงสุด และวิชญ์ ชินธรรมมิตร. 2555. ผลของปุ๋ยหมักกากสบู่ดำต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. 1235-1247 น. *ใน* การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2558. คู่มือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน ระบบโสตทัศนูปกรณ์. คณะเกษตรกำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

จันจิรา แสงสีเหลือง, ชัยสิทธิ์ ทองจู, จุฑามาศ ร่มแก้ว และเกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, 19-28 น. *ใน* การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

ชัยวัฒน์ วงษ์ไร, ชัยสิทธิ์ ทองจู, สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์, ชาลินี คงสุด, ธีรยุทธ คล้ำชื่น, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ธนศมณท์ กุลการัณย์เลิศ, อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์ และศิริสุดา บุตรเพชร. 2558. ผลของกากตะกอนยีสต์จากโรงงานเอทานอลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิค 999. 188-195 น. *ใน* การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 4 “ธรรมชาติของดินและความจริงของปุ๋ยเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืน”, สงขลา.

ธีระพงษ์ พรมสวัสดิ์, ชัยสิทธิ์ ทองจู และจุฑามาศ ร่มแก้ว. 2553. ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. 43-53 น. *ใน* การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

ธนศมณท์ กุลการัณย์เลิศ, ชัยสิทธิ์ ทองจู และศุภชัย อำคา. 2555. ผลของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิค 999. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 1 (1) : 29-41

ปิยวรรณ พุ่มพวง, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ธงชัย มาลา , ศุภชัย อำคา, วิภาวรรณ ท้ายเมือง, ชาลินี คงสุด, ธีรยุทธ คล้ำชื่น, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์ และศิริสุดา บุตรเพชร. 2557. ประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยยูเรียชนิดต่างๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย. 11-23 น. ใน การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 11 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

พชรกร บุญเลี้ยง, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ทศพล พรพรหม, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, ชาลินี คงสุด, ธีรยุทธ คล้ำชื่น, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ธนศมณท์ กุลการัณย์เลิศ, อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์, รุจิกร ศรีแม้นม่วง และศิริสุดา บุตรเพชร. 2558. ผลของปุ๋ยยูเรียปลดปล่อยช้าที่มีต่อการเจริญเติบโตผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยตอปีที่ 1. 609-619 น. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 12 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

ภาณุพรรณ สระกอบแก้ว, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ธงชัย มาลา, ศุภชัย อำคา, วิภาวรรณ ท้ายเมือง, ชาลินี คงสุด, ธีรยุทธ คล้ำชื่น, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์ และศิริสุดา บุตรเพชร. 2557. ประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยยูเรียชนิดต่างๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าว. 1-10 น. ใน การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 11 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2557. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2555-2557. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2556-2558. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Azmal, A.K.M., T. Marumoto, H. Shindo and M. Nishiyama. 1996. Mineralization and microbial biomass formation in upland soil amended with some tropical plant residues at different temperatures. Soil Sci. Plant Nutr. 42(3): 463-473.

Berendse, F. 1990. Organic matter accumulation and nitrogen mineralization during secondary succession in heath land ecosystems. J. Eco. 78: 413-427.

Bray, R.H. and N. Kurtz. 1945. Determination of tatal organic and available forms of phosphorus in soil. Soil Sci. 59: 39-45

Pratt, P.F. 1965. Potassium. P. 1022-1030. *In*: C.A. Black, ed. Methods of Soil Analysis. Part II. Amer. Soc. of Agron, Inc. Madison, Wisconsin.

Soil Survey Staff. 2003. Key to Soil Taxonomy: Ninth Edition. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Survice, Washington, D.C. 332 p.

Thongjoo, C. , S. Miyagawa, and N. Kawakubo. 2005. Effect of soil moisture and temperature on decomposition rates of some waste materials from agriculture and agro-industry. Plant Prod. Sci. 8(4): 475-481.

Walkey, A. and I. A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.

Received 1 May 2016

Accepted 31 August 2017

Table 2 Plant heights, leaf collar heights and leaf greenness (SPAD reading) of maize at different stages.

Treatments	Plant heights (cm)		Leaf collar heights (cm)		SPAD reading	
	1 MAP[1/]	2 MAP[1/]	1 MAP[1/]	2 MAP[1/]	1 MAP[1/]	2 MAP[1/]
T_1 = control	80.87^{b}[2/]	165.30^{d}[2/]	22.60^{e}[2/]	122.93^{d}[2/]	33.54^{d}[2/]	31.42^{f}[2/]
T_2 = $U_{17.39}$	93.50^{a}	193.10^{c}	25.57^{cd}	149.53^{c}	39.98^{bc}	38.61^{e}
T_3 = $U_{34.78}$	98.83^{a}	207.33^{ab}	27.60^{bc}	154.33^{bc}	41.61^{bc}	40.96^{d}
T_4 = $U_{52.17}$	103.57^{a}	211.27^{ab}	30.23^{a}	159.87^{ab}	46.71^{a}	44.31^{bc}
T_5 = $U_{43.48}$_DOA	102.43^{a}	210.87^{ab}	28.53^{ab}	159.07^{ab}	46.03^{a}	43.56^{c}
T_6 = $SRNF_{20}$	92.27^{a}	200.90^{bc}	24.63^{d}	152.17^{c}	39.55^{c}	40.86^{d}
T_7 = $SRNF_{40}$	98.67^{a}	208.93^{ab}	27.60^{bc}	158.83^{ab}	41.17^{bc}	43.41^{c}
T_8 = $SRNF_{60}$	101.17^{a}	217.00^{a}	28.47^{ab}	162.27^{a}	43.32^{ab}	47.35^{a}
T_9 = $SRNF_{50}$_DOA	100.93^{a}	213.00^{a}	28.30^{ab}	160.30^{ab}	41.63^{bc}	45.89^{ab}
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	15.81	12.77	14.32	13.97	13.69	12.67

[1/] MAP = months after planting

[2/] mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using by DMRT

** indicated significant difference at P< 0.01

Table 3 Ear number per stem, percentage of full ear and ear weight of maize.

Treatments	Ear number/stem	Full ear (%)	Ear weight (kg/rai)
T_1 = control	0.80^{e} 1/	82.50^{c} 1/	1,132.51^{g} 1/
T_2 = $U_{17.39}$	1.20^{d}	96.50^{b}	2,325.39^{f}
T_3 = $U_{34.78}$	1.40^{bc}	100.00^{a}	2,375.60^{e}
T_4 = $U_{52.17}$	1.50^{ab}	100.00^{a}	2,432.53^{bc}
T_5 = $U_{43.48}$_DOA	1.50^{ab}	100.00^{a}	2,412.57^{cd}
T_6 = $SRNF_{20}$	1.30^{cd}	97.50^{b}	2,345.57^{f}
T_7 = $SRNF_{40}$	1.50^{ab}	100.00^{a}	2,389.58^{de}
T_8 = $SRNF_{60}$	1.60^{a}	100.00^{a}	2,465.57^{a}
T_9 = $SRNF_{50}$_DOA	1.60^{a}	100.00^{a}	2,453.53^{ab}
F-test	**	**	**
C.V. (%)	13.75	11.98	15.66

1/ mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using by DMRT

** indicated significant difference at P< 0.01

Table 4 Ear without husk weight, husk and cob weight, grain weight and 1,000 grain weight of maize.

Treatments	Ear without husk weight (kg/rai)	Husk and cob weight (kg/rai)	Grain weight (kg/rai)	1,000 grain weight (g)
T_1 = control	877.60^{f} 1/	518.85^{b} 1/	613.66^{g} 1/	289.84^{e} 1/
T_2 = $U_{17.39}$	1,832.49^{e}	994.76^{a}	1,330.63^{f}	325.82^{d}
T_3 = $U_{34.78}$	1,886.58^{d}	1,007.20^{a}	1,368.40^{de}	328.65^{d}
T_4 = $U_{52.17}$	1,969.71^{b}	1,013.90^{a}	1,418.63^{ab}	343.41^{ab}
T_5 = $U_{43.48}$_DOA	1,934.50^{c}	1,008.03^{a}	1,404.54^{bc}	338.72^{bc}
T_6 = $SRNF_{20}$	1,865.53^{d}	998.80^{a}	1,346.77^{ef}	327.83^{d}
T_7 = $SRNF_{40}$	1,892.59^{d}	1,007.17^{a}	1,382.41^{cd}	335.78^{c}
T_8 = $SRNF_{60}$	2,021.49^{a}	1,022.03^{a}	1,443.54^{a}	347.82^{a}
T_9 = $SRNF_{50}$_DOA	1,986.49^{b}	1,019.97^{a}	1,433.56^{ab}	346.24^{a}
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	13.84	14.59	14.07	11.93

1/ mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using by DMRT

** indicated significant difference at P< 0.01

Table 5 Total N and protein in grain of maize.

Treatments	Total N (%)	Protein (%)
T_1 = control	1.03[e1/]	6.44[f1/]
T_2 = $U_{17.39}$	1.28[d]	8.00[e]
T_3 = $U_{34.78}$	1.38[cd]	8.63[d]
T_4 = $U_{52.17}$	1.51[ab]	9.44[b]
T_5 = $U_{43.48}$_DOA	1.49[ab]	9.31[b]
T_6 = $SRNF_{20}$	1.37[cd]	8.56[d]
T_7 = $SRNF_{40}$	1.42[bc]	8.88[c]
T_8 = $SRNF_{60}$	1.58[a]	9.88[a]
T_9 = $SRNF_{50}$_DOA	1.55[a]	9.69[a]
F-test	**	**
C.V. (%)	14.11	11.54

[1/] mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference using by DMRT

** indicated significant difference at P< 0.01