ผลของปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน

Effect of Slow Release Nitrogen Fertilizer (SRNF) on Yield and Yield Components of Maize Planted in Kamphaeng Saen Soil Series

พฤหัส ศรีขวัญ[1*] ชัยสิทธิ์ ทองจู[2] เกวลิน ศรีจันทร์[2] ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย[2] อัญธิชา พรมเมืองคุก[2] สิรินภา ช่วงโอภาส[2] สุชาดา กรุณา[2] จุฑามาศ ร่มแก้ว[3] ศิริสุดา บุตรเพชร[2] ทิวา พาโคกทม[3] จิราพร เชื้อกูล[3] ชาลินี คงสุด[4] ธรรมธวัช แสงงาม[4] และธีรยุทธ คล้ำชื่น[5]

Paruehat Seekhwan[1*] Chaisit Thongjoo[2] Kavalin Srichan[2] Tawatchai Inboonchuay[2] Aunthicha Phommuangkhuk[2] Sirinapa Chungopast[2] Suchada Karuna[2] Jutamas Romkaew[3] Sirisuda Bootpetch[2] Tiwa Pakoktom[3] Jiraporn Chaugool[3] Chalinee Khongsud[4] Thamthawat Saengngam[4] and Teerayut Klumchaun[5*]

Abstract: The comparative study on the effect of urea and slow release nitrogen fertilizer (SRNF) rates on yield and yield components of hybrid maize Pacific 999 planted in Kamphaeng Saen soil series was condueted. The experiment was done in a Randomized Complete Block Design (RCBD) consisting of 9 treatmeuts with 3 replications and repeated for 2 crops. consisting of 9 treatments. The results revealed that 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.

---

[1] สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120

[2] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[3] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[4] ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

[5] คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12130

[1] Thailand Institute of Scientific and Technological Research (TISTR), Khlong Luang, Pathum Thani 12120

[2] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140.

[3] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom 73140.

[4] Research and Academic Service Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140.

[5] Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani 12130.

* Corresponding author: paruehat_noi@hotmail.com

วิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 2 (3) : 5-14 (2562)

บทคัดย่อ: การศึกษาเปรียบเทียบผลของปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ ต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์แปซิฟิค 999 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อค (RCBD) ทำการปลูก 2 ครั้ง จำนวน 3 ซ้ำ 9 ตำรับทดลอง ผลการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 60 กก./ไร่ มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณโปรตีนในข้าวโพดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 50 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 52.17 กก./ไร่

คำสำคัญ: ยูเรีย, ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้า, ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

คำนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์เป็นอย่างมาก ในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพด 6.49 ล้านไร่ ผลผลิต 4.39 ล้านตัน และผลผลิตเฉลี่ย 676 กก./ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ความต้องการข้าวโพดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งปริมาณผลผลิตไม่แน่นอน เนื่องจากการผลิตขึ้นกับสภาพของดินฟ้าอากาศ แนวทางที่ช่วยส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดให้สูงขึ้น คือ การเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งทำได้หลายวิธี เช่น การใช้อัตราปุ๋ยที่เหมาะสม (ธีระพงษ์ และคณะ, 2553) การใช้ผลพลอยได้จากภาคเกษตรหรือภาคอุตสาหกรรมเกษตร เพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี (กัญณัฏฐ์ และคณะ, 2555; ธนศมณท์ และคณะ, 2555; ชัยวัฒน์ และคณะ, 2558; Thongjoo *et al*., 2002) เป็นต้น ปุ๋ยเคมีเป็นปัจจัยการผลิตที่มีความสำคัญต่อการยกระดับผลผลิตของพืช (ยงยุทธ และคณะ, 2551) ในแต่ละปีประเทศไทยมีการนำเข้าปุ๋ยเคมีในปริมาณที่สูง เพื่อใช้ในภาคการเกษตรสำหรับการเพิ่มผลิตของพืชให้สูงขึ้น ในปี พ.ศ. 2560 มีการนำเข้าปุ๋ยเคมีปริมาณมากถึง 5.82 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 57,803 ล้านบาท (ยุคเลศร์, 2561) ซึ่งปุ๋ยเคมีที่มีปริมาณการนำเข้ามากที่สุด คือ ปุ๋ยยูเรีย (2.47 ล้านตัน) โดยปุ๋ยชนิดนี้มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบหลัก (46 %N) เกษตรกรมักใช้ในปริมาณที่มาก และมีการสูญเสียธาตุไนโตรเจนไปจากดินได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้น หากสามารถลดการสูญเสียของธาตุไนโตรเจนจากปุ๋ยเคมีให้น้อยลง ก็สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนให้สูงขึ้นได้ (ยงยุทธ และคณะ, 2551) ที่ผ่านมามีการศึกษาผลของปุ๋ยยูเรียปลดปล่อยช้า (slow release urea) ต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย (ปิยวรรณ และคณะ, 2557; พชรกร และคณะ, 2558) และข้าว (ภาณุพรรณ และคณะ, 2557) ซึ่งผลการศึกษาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าปุ๋ยยูเรียปลดปล่อยช้ามีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของพืชทั้ง 2 ชนิดโดยภาพรวมค่อนข้างดี จึงเกิดแนวคิดในการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้า (slow release nitrogen fertilizer, SRNF) ต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอีกชนิดหนึ่ง นั่นคือ ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ ที่มีต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิค 999 ดำเนินการปลูกในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2559 (การปลูกครั้งที่ 1) และช่วงเดือนสิงหาคม-เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2559 (การปลูกครั้งที่ 2) 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) วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อค (Randomized Complete Block Design) จำนวน 3 ซ้ำ 9 ตำรับทดลอง (Table 1) เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 ซม. เพื่อวิเคราะห์สมบัติของดิน ได้แก่ ค่า pH (1:1) ค่าสภาพการนำไฟฟ้า

ของดินในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (EC_e) ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ และเนื้อดิน สำหรับสมบัติของดินก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน Table 2 งานทดลองนี้ประกอบด้วย 27 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 4.5 เมตร ยาว 6.0 เมตร จำนวน 5 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 0.75 เมตร เก็บข้อมูลผลผลิตของข้าวโพดเฉพาะ 3 แถวกลาง เว้นหัวและท้ายแถวประมาณ 1 เมตร คิดเป็นพื้นที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยเท่ากับ 3.0 x 4.0 ตารางเมตร

Table 1 Detail of treatments

Treatments	Descriptions	Symbols	Quantity of major elements (kgN-P_2O_5-K_2O per rai)
T_1	no fertilizer and nitrogen fertilizer (NF) treatment	control	0-0-0
T_2	the urea application at a rate of 17.39 kg/rai	$U_{17.39}$	8-5-5
T_3	the urea application at a rate of 34.78 kg/rai	$U_{34.78}$	16-5-5
T_4	the urea application at a rate of 52.17 kg/rai	$U_{52.17}$	24-5-5
T_5	the chemical fertilizer application based on soil chemical analysis using urea at a rate of 43.48 kg/rai (20 kgN/rai)	$U_{43.48}$–DOA	20-5-5
T_6	the SRNF application at a rate of 20 kg/rai	$SRNF_{20}$	8-5-5
T_7	the SRNF application at a rate of 40 kg/rai	$SRNF_{40}$	16-5-5
T_8	the SRNF application at a rate of 60 kg/rai	$SRNF_{60}$	24-5-5
T_9	the chemical fertilizer application based on soil chemical analysis using SRNF at a rate of 50 kg/rai (20 kgN/rai)	$SRNF_{50}$–DOA	20-5-5

คำแนะนำ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ครั้งนี้ คือ 20, 5 และ 5 กก.N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2553) ดังนั้น ตำรับทดลองที่ 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 (ตราพาริชไนโตร ของบริษัท พาริชเฟอทิไลเซอร์ จำกัด ประกอบด้วย 40 %N และ 4 %S) ใส่เพียงครั้งเดียวที่อายุ 20 วันหลังถอนแยก ก่อนใส่ปุ๋ยทุกครั้งจะกำจัดวัชพืชโดยใช้แรงงานคน ส่วนการให้น้ำดำเนินการแบบปล่อยตามแถวในแต่ละแปลงย่อยเป็นครั้งคราวตามความเหมาะสม

การเก็บข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโปรตีนในเมล็ด โดยข้อมูลผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตที่ได้จากการทดลอง นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT (Duncan's multiple range test) นอกจากนี้ เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลด้านผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ด้วยวิธีการ t-test Independent

Table 2 Properties of soil before the experiment.

Properties	Results (0-30 cm)	Rating
pH (1:1)	7.78	slightly alkaline
EC_e (dS/m)	0.67	non-saline
Organic matter (%)[1/]	0.89	Low
Available P (mg/kg)[2/]	53.46	very high
Exchangeable K (mg/kg)[3/]	155.82	very high
Exchangeable Ca (mg/kg)[3/]	880	high
Exchangeable Mg (mg/kg)[3/]	60.78	moderate
Exchangeable Na (mg/kg)	18.03	-
Texture[4/]	sandy loam	-

Note [1/] = Walkley and Black method (Walkley and Black, 1934) [2/] = Bray II method (Bray and Kurtz, 1945)
[3/] = Extracted with NH4OAc pH 7.0 (Pratt, 1965) [4/] = Pipette method (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2558)

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน ปรากฏผลดังนี้

1. น้ำหนักฝักทั้งเปลือก และน้ำหนักฝักปอกเปลือก

การใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3) กล่าวคือ การปลูกครั้งที่ 1 พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 60 กก./ไร่ ($SRNF_{60}$) มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด (2,465.57 กก./ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 50 กก./ไร่ ($SRNF_{50}$_DOA) ส่วนการปลูกครั้งที่ 2 พบว่า $SRNF_{60}$ ยังมีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด (2,523.60 กก./ไร่) ไม่แตกต่างกับ $SRNF_{50}$_DOA การใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 52.17 กก./ไร่ ($U_{52.17}$) และการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยยูเรียอัตรา 43.48 กก./ไร่ ($U_{43.48}$_DOA) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดในการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 น้อยที่สุด (1,132.51 และ 1,023.31 กก./ไร่ ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดที่ปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในตำรับทดลอง $SRNF_{60}$ ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอาจหลงเหลือจากการปลูกครั้งที่ 1 จึงมีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดที่ปลูกครั้งที่ 2 เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกครั้งที่ 1 ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดลดลง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3)

การใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ มีผลให้น้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3) กล่าวคือ การปลูกครั้งที่ 1 พบว่า $SRNF_{60}$ มีผลให้น้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด (2,021.49 กก./ไร่) รองลงมา คือ $SRNF_{50}$_DOA ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 52.17 กก./ไร่ ($U_{52.17}$) ส่วนการปลูกครั้งที่ 2 พบว่า $SRNF_{60}$ ยังมีผลให้น้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพด

มากที่สุด (2,156.52 กก./ไร่) ไม่แตกต่างกับ $SRNF_{50}$_DOA ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดในการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 น้อยที่สุด (877.60 และ 823.40 กก./ไร่ ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดที่ปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ มีผลให้น้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยยูเรียอัตรา 43.48 กก./ไร่ ($U_{43.48}$_DOA) การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 40 กก./ไร่ ($SRNF_{40}$), $SRNF_{60}$ และ $SRNF_{50}$_DOA ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอาจหลงเหลือจากการปลูกครั้งที่ 1 จึงมีผลให้น้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดที่ปลูกครั้งที่ 2 เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกครั้งที่ 1 ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดลดลง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน (Table 3)

Table 3 Ear weight and ear without husk weight of maize.

Treatments	Ear weight (kg/rai)		t-test	Ear without husk weight (kg/rai)		t-test
	Crop 1	Crop 2		Crop 1	Crop 2	
T_1 = control	1,132.51^{g} 1/	1,023.31^{d} 1/	**	877.60^{f} 1/	823.40^{f} 1/	*
T_2 = $U_{17.39}$	2,325.39^{f}	2,351.54^{c}	ns	1,832.49^{e}	1,843.48^{e}	ns
T_3 = $U_{34.78}$	2,375.60^{e}	2,395.49^{bc}	ns	1,886.58^{d}	1,923.56^{cd}	ns
T_4 = $U_{52.17}$	2,432.53^{bc}	2,465.39^{ab}	ns	1,969.71^{b}	1,989.42^{b}	ns
T_5 = $U_{43.48}$_DOA	2,412.57^{cd}	2,456.31^{ab}	ns	1,934.50^{c}	1,989.39^{b}	*
T_6 = $SRNF_{20}$	2,345.57^{f}	2,365.42^{c}	ns	1,865.53^{d}	1,888.70^{de}	ns
T_7 = $SRNF_{40}$	2,389.58^{de}	2,412.42^{bc}	ns	1,892.59^{d}	1,964.68^{bc}	*
T_8 = $SRNF_{60}$	2,465.57^{a}	2,523.60^{a}	*	2,021.49^{a}	2,156.52^{a}	*
T_9 = $SRNF_{50}$_DOA	2,453.53^{ab}	2,495.35^{a}	ns	1,986.49^{b}	2,132.68^{a}	*
F-test	**	**		**	**	
CV (%)	15.66	16.75		13.84	14.67	

1/ mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference according to DMRT.
*,** indicated significant difference at $p<0.05$ and $p<0.01$, respectively
ns = non-significant

2. น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด

การใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือ การปลูกครั้งที่ 1 พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 60 กก./ไร่ ($SRNF_{60}$) มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด (1,443.54 กก./ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 50 กก./ไร่ ($SRNF_{50}$_DOA) และการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 52.17 กก./ไร่ ($U_{52.17}$) ส่วนการปลูกครั้งที่ 2 พบว่า $SRNF_{60}$ ยังมีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด (1,543.46 กก./ไร่) ไม่แตกต่างกับ $SRNF_{50}$_DOA ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดในการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 น้อยที่สุด (613.66 และ 568.62 กก./ไร่ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบ น้ำหนัก เมล็ดของ

ข้าวโพดที่ปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 34.78 กก./ไร่ ($U_{34.78}$) และการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 40 กก./ไร่ ($SRNF_{40}$) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในตำรับทดลอง $SRNF_{60}$ และ $SRNF_{50}$–DOA ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอาจหลงเหลือจากการปลูกครั้งที่ 1 จึงมีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดที่ปลูกครั้งที่ 2 เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกครั้งที่ 1 ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดลดลง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน (Table 4)

การใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือ การปลูกครั้งที่ 1 พบว่า $SRNF_{60}$ มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด (347.82 กรัม) ไม่แตกต่างกับ $SRNF_{50}$–DOA และการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 52.17 กก./ไร่ ($U_{52.17}$) ส่วนการปลูกครั้งที่ 2 พบว่า $SRNF_{60}$ มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด (348.23 กรัม) ไม่แตกต่างกับ $SRNF_{50}$–DOA ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดในการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 น้อยที่สุด (289.84 และ 287.52 กรัม ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดที่ปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดเพิ่มขึ้น โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอาจหลงเหลือจากการปลูกครั้งที่ 1 จึงมีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดที่ปลูกครั้งที่ 2 เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกครั้งที่ 1 ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดลดลง โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นกัน (Table 4)

Table 4 Grain weight and 1,000 grain weight of maize.

Treatments	Grain weight (kg/rai)		t-test	1,000 grain weight (kg/rai)		t-test
	Crop 1	Crop 2		Crop 1	Crop 2	
T_1 = control	613.66$^{g\ 1/}$	568.62$^{e\ 1/}$	*	289.84$^{e\ 1/}$	287.52$^{g\ 1/}$	ns
$T_2 = U_{17.39}$	1,330.63^{f}	1,341.61^{d}	ns	325.82^{d}	325.84^{f}	ns
$T_3 = U_{34.78}$	1,368.40^{de}	1,405.60^{bc}	*	328.65^{d}	328.69^{e}	ns
$T_4 = U_{52.17}$	1,418.63^{ab}	1,436.56^{b}	ns	343.41^{ab}	343.48^{b}	ns
$T_5 = U_{43.48}$–DOA	1,404.54^{bc}	1,443.48^{b}	ns	338.72^{bc}	338.76^{c}	ns
$T_6 = SRNF_{20}$	1,346.77^{ef}	1,360.53^{cd}	ns	327.83^{d}	327.85^{ef}	ns
$T_7 = SRNF_{40}$	1,382.41^{cd}	1,433.54^{b}	*	335.78^{c}	335.82^{d}	ns
$T_8 = SRNF_{60}$	1,443.54^{a}	1,543.46^{a}	**	347.82^{a}	348.23^{a}	ns
$T_9 = SRNF_{50}$–DOA	1,433.56^{ab}	1,538.42^{a}	**	346.24^{a}	346.36^{a}	ns
F-test	**	**		**	**	
CV (%)	14.07	15.53		11.93	12.41	

$^{1/}$ mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference according to DMRT.

*,** indicated significant difference at $p<0.05$ and $p<0.01$, respectively

ns = non-significant

3. ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโปรตีนในเมล็ด

การใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 5) กล่าวคือ การปลูกครั้งที่ 1 พบว่า การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 60 กก./ไร่ ($SRNF_{60}$) มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดข้าวโพดมากที่สุด (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) ส่วนการปลูกครั้งที่ 2 พบว่า $SRNF_{60}$ มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดข้าวโพดมากที่สุด (1.66 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับ $SRNF_{50}$_DOA ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดข้าวโพดในการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 น้อยที่สุด (1.03 และ 0.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดข้าวโพดที่ปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดข้าวโพดเพิ่มขึ้น โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอาจหลงเหลือจากการปลูกครั้งที่ 1 จึงมีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดข้าวโพดที่ปลูกครั้งที่ 2 เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกครั้งที่ 1 ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดข้าวโพดลดลง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5)

การใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ มีผลให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 5) กล่าวคือ $SRNF_{60}$ มีผลให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโพดในการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มากที่สุด (9.88 และ 10.38 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับ $SRNF_{50}$_DOA อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ มีผลให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโพดจัดอยู่ในประเภท “ข้าวโพดเมล็ด เกรด 1” คือ มีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ ตามมาตรฐานวัตถุดิบอาหารสัตว์ (ธนศมณฑ์ และคณะ, 2561) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโพดในการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 น้อยที่สุด (6.44 และ 5.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโพดที่ปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตราต่างๆ มีผลให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโพดเพิ่มขึ้น โดยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปุ๋ยยูเรียและปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอาจหลงเหลือจากการปลูกครั้งที่ 1 จึงมีผลให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโพดที่ปลูกครั้งที่ 2 เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกครั้งที่ 1 ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโพดลดลง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5)

Table 5 Total N and protein in grain of maize.

Treatments	Totel N (%)		t-test	Proteint (%)		t-test
	Crop 1	Crop 2		Crop 1	Crop 2	
T_1 = control	1.03$^{e\ 1/}$	0.88$^{f\ 1/}$	*	6.44$^{f\ 1/}$	5.50$^{g\ 1/}$	*
$T_2 = U_{17.39}$	1.28^{d}	1.33^{e}	ns	8.00^{e}	8.31^{f}	ns
$T_3 = U_{34.78}$	1.38^{cd}	1.41^{de}	ns	8.63^{d}	8.81^{de}	ns
$T_4 = U_{52.17}$	1.51^{ab}	1.57^{b}	ns	9.44^{b}	9.81^{bc}	ns
$T_5 = U_{43.48}$–DOA	1.49^{ab}	1.53^{bc}	ns	9.31^{b}	9.56^{c}	ns
$T_6 = SRNF_{20}$	1.37^{cd}	1.39^{de}	ns	8.56^{d}	8.69^{e}	ns
$T_7 = SRNF_{40}$	1.42^{bc}	1.46^{cd}	ns	8.88^{c}	9.13^{d}	ns
$T_8 = SRNF_{60}$	1.58^{a}	1.66^{a}	ns	9.88^{a}	10.38^{a}	ns
$T_9 = SRNF_{50}$–DOA	1.55^{a}	1.61^{ab}	ns	9.69^{a}	10.06^{ab}	ns
F-test	**	**		**	**	
CV (%)	14.11	13.15		11.54	12.33	

$^{1/}$ mean within the same column followed by the same letter indicated no statistical difference according to DMRT.
*,** indicated significant difference at $p<0.05$ and $p<0.01$, respectively
ns = non-significant

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น ให้ข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้า มีผลให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดมีแนวโน้มที่ดีกว่าหรือใกล้เคียงกับการใส่ปุ๋ยยูเรีย ทั้งนี้เป็นเพราะปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับข้าวโพดได้ยาวนานกว่า สอดคล้องกับงานทดลองในอ้อย (ปิยวรรณ และคณะ, 2557; พชรกร และคณะ, 2558) และข้าว (ภาณุพรรณ และคณะ, 2557) ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (control) มีผลต่อการเจริญเติบโตของข้าวโพดต่ำที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะการปลูกพืชที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยในระยะยาวจะมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดน้อยลง และไม่เพียงพอต่อการสร้างผลผลิตของพืช (จันจิรา และคณะ, 2552; ธนศมณท์ และคณะ, 2555; กัญณัฏฐ์ และคณะ, 2555; ชัยวัฒน์ และคณะ, 2558)

สรุป

จากการศึกษาผลของปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าที่มีต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้ คือ การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 60 กก./ไร่ มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณโปรตีนในข้าวโพดมากที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินโดยใช้ปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าอัตรา 50 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยยูเรียอัตรา 52.17 กก./ไร่

ข้อเสนอแนะ

การทดลองนี้มีความเป็นไปได้ที่จะนำปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้ามาใช้สำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ อย่างไรก็ตาม ควรศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ รวมทั้งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดินในช่วงที่ทำการศึกษา

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาวิชาการ ระหว่างภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และบริษัท พาริชเฟอทิไลเซอร์ จำกัด

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

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

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2558. คู่มือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน ระบบโสตทัศนูปกรณ์. คณะเกษตร กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

จันจิรา แสงสีเหลือง ชัยสิทธิ์ ทองจู จุฑามาศ ร่มแก้ว และเกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, น. 19-28. ในการประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน 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, น. 188-195. ใน การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 4 “ธรรมชาติของดินและความจริงของปุ๋ยเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืน”, สงขลา.

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

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

ธนศมณท์ กุลการัณย์เลิศ ชัยสิทธิ์ ทองจู จุฑามาศ ร่มแก้ว และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. 2561. การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 36 (1): 40-49

ปิยวรรณ พุ่มพวง ชัยสิทธิ์ ทองจู ธงชัย มาลา ศุภชัย อำคา วิภาวรรณ ท้ายเมือง ชาลินี คงสุด ธีรยุทธ คล้ำชื่น ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์ และศิริสุดา บุตรเพชร. 2557. ประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยยูเรียชนิดต่างๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย, น. 11-23. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 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. ผลของปุ๋ยยูเรียปลดปล่อยช้าที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยตอปีที่ 1, น. 609-619. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 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, น. 1-10. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 11 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

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

ยุคเลศร์ อุ่นใจ. 2561. สถิติปริมาณปุ๋ยเคมีนำเข้า. วารสารดินและปุ๋ย 40 (1) : 90.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558-2560. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Bray, R.H. and N. Kurtz. 1945. Determination of total 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., Panichsakpatana, S. and Miyagawa, S. 2002. Efficiency of some selected organic wastes as nitrogen fertilizer for baby corn (*Zea mays* L.). The 133th meeting of the Tokai Branch of Crop Science Society, Aichi-Ken Agricultural Research Center, Japan, 5-6 August 2002, 43 p.

Walkley, 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.