

ผลของปุ๋ยอินทรีย์จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และสมบัติของดินบางประการ

Effects of Organic Fertilizer from Pulp and Paper Industrial on Yield of Maize and Some Soil Properties

วิไลรัตน์ แป้นแก้ว¹ ชัยสิทธิ์ ทองजू^{1*} ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย¹ จุฑามาศ ร่มแก้ว²

กนกกร สินมา¹ สิริณา ช่วงโสภาส¹ เกวลิน ศรีจันทร์¹ อัญชิชา พรมเมืองคุก¹

สุชาดา กรุณา¹ ศิริสุดา บุตรเพชร¹ ชาลิณี คงสุต³ ธรรมธวัช แสงงาม³ และ ธีรยุทธ คล้าชื่น⁴

Wilairat Pankaew¹, Chaisit Thongjoo^{1*} Tawatchai Inboonchuay¹ Jutamas Romkaew²

Kanokkorn Sinma¹ Sirinapa Chungopast¹ Kavalin Srichan¹ Aunthicha Phommuangkhu¹

Suchada Karuna¹ Sirisuda Bootpetch¹ Chalinee Khongsud³ Thamthawat Saengngam³

and Teerayut Klumchaun⁴

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ พันธุ์ซีดส์เทค 188 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน และสมบัติของดินบางประการ โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 10 ตำรับทดลอง ผลการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักเปลือก น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโปรตีนของเมล็ดข้าวโพดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 800 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 400 กก./ไร่ ภายหลังการทดลอง

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

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

² ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140.

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University,
Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

³ ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

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

⁴ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12130

Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani 12130

พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ มีผลให้ค่า pH ของดินต่ำที่สุด (pH 7.50) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 800 กก./ไร่ นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ มีผลให้ค่า EC_e และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินมากที่สุด (1.63 dS/m และ 117.32 mg/kg ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 800 กก./ไร่ ขณะที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 800 กก./ไร่ มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมากที่สุด (1.57 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 800 กก./ไร่ อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร A อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร A อัตรา 400 กก./ไร่ มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมากที่สุด (151.72 mg/kg) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร A อัตรา 800 กก./ไร่

คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, ปุ๋ยอินทรีย์, วัสดุเหลือใช้, โรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ

Abstract

This investigation aimed to study the effects of organic fertilizer (OF) from pulp and paper industrial on yield of maize (var. Seeds Tech 188) planted in Kamphaeng Saen series and some soil properties. The experimental design was arranged in Randomized Complete Block (RCBD) with 3 replications and consisted of 10 treatments. The results showed that the application of OF-D of 400 kg/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 400 kg/rai of the OF-D provided the highest of ear weight, ear without husk weight, grain weight, 1,000 grain weight, total N and protein in grain which was not significantly difference from the application of OF-D of 800 kg/rai and the application of OF-C of 400 kg/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 400 kg/rai of the OF-C. After experiment, the application of OF-D of 400 kg/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 400 kg/rai of the OF-D provided the lowest of soil pH which was not significantly difference from the application of OF-D of 800 kg/rai. Further, the application of OF-D of 400 kg/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 400 kg/rai of the OF-D provided the highest of EC_e and available P of soil (1.63 dS/m and 117.32 mg/kg, respectively) which was not significantly difference from the application of OF-D of 800 kg/rai. While, the application of OF-D of 800 kg/rai effected the highest of organic matter of soil (1.57 %) which was not significantly difference from the application of OF-B of 800 kg/rai.

However, the application of OF-A of 400 kg/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 400 kg/rai of the OF-A effected the highest of exchangeable K of soil (151.72 mg/kg) which was not significantly difference from the application of OF-A of 800 kg/rai.

Keyword: maize, organic fertilizer (OF), waste materials, pulp and paper industrial

* Corresponding author; E-mail address: agrcht@ku.ac.th และ thongjuu@yahoo.com

คำนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์เป็นอย่างมาก โดยในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยมีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพด 6.49 ล้านไร่ ผลผลิต 4.39 ล้านตัน และผลผลิตเฉลี่ย 681 กก./ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ปัจจุบันความต้องการข้าวโพดมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งปริมาณผลผลิตไม่แน่นอน แนวทางหนึ่งที่จะส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดให้สูงขึ้น คือ การเพิ่มผลผลิตข้าวโพดต่อหน่วยพื้นที่ เช่น การศึกษาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสม (พฤษ และคณะ, 2560) การลดต้นทุนการผลิตโดยใช้ผลพลอยได้จากภาคเกษตรหรือภาคอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี (Thongjoo *et al.*, 2002; ธนสมนต์ และคณะ, 2561) เป็นต้น โดยเฉพาะพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ หากมีการปลูกพืชติดต่อกันหลายปี อาจทำให้ดินขาดธาตุอาหารพืชอย่างถาวรได้ (Azmal *et al.*, 1996; Berendse, 1990) โรงงานอุตสาหกรรมมักมีผลพลอยได้เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก โดยผลพลอยได้ส่วนใหญ่จะถูกทิ้งไว้ในแหล่งผลิตหรือบริเวณข้างเคียง ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาวได้ (Thongjoo *et al.*, 2005) จึงเกิดแนวคิดหากมีการนำกากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษมาผสมเป็นปุ๋ยอินทรีย์ และหาแนวทางการใช้ประโยชน์ในแง่การทดแทนปุ๋ยหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยพิจารณาผลของปุ๋ยอินทรีย์ดังกล่าวที่มีต่อผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และสมบัติของดินบางประการ ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำผลพลอยได้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมแล้ว ยังเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งของผลพลอยได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ดีสเทค 188 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน และสมบัติของดินบางประการ ในช่วงเดือนกันยายน-เดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 (การปลูกครั้งที่ 1) และช่วงเดือนกุมภาพันธ์-เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2562 (การปลูกครั้งที่ 2) ณ แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ. กำแพงแสน จ.นครปฐม ซึ่งเป็นชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen series, Ks; Typic Haplustalfs; fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic, Soil Survey Staff,

2003) ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 ซม. เพื่อวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ค่า pH (1:1 water) ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (EC_e) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ และเนื้อดิน สำหรับสมบัติบางประการของดินก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน (Table 1) งานทดลองนี้ประกอบด้วย 30 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 4.5 เมตร และยาว 9.0 เมตร จำนวน 5 แถว มีระยะห่างระหว่างแถว 0.75 เมตร เก็บข้อมูลผลผลิตของข้าวโพดเฉพาะ 3 แถวกลาง เว้นหัวและท้ายแถวประมาณ 1 เมตร โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยเท่ากับ 3.0×7.0 ตารางเมตร วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 3 ซ้ำ 10 ดำรับทดลอง โดยรายละเอียดของดำรับทดลองได้แสดงไว้ใน (Table 2)

การใส่ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21 %N) ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (42 % P_2O_5) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 % K_2O) โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ๆ ละครึ่งอัตราในแต่ละดำรับทดลองที่อายุ 20 และ 40 วันหลังปลูก ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คือ 20, 5 และ 10 กก. N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2553) สำหรับปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองมาจากโครงการพัฒนาวิชาการระหว่าง บริษัท ดี. เอ. รีเชิร์ช เซ็นเตอร์ จำกัด และภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน ภายใต้โครงการวิจัยเรื่อง “การพัฒนาปุ๋ยอินทรีย์โดยใช้วัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ อุตสาหกรรมการผลิตเอทานอล และอุตสาหกรรมโรงไฟฟ้าชีวมวลสำหรับพืชเศรษฐกิจในสภาพแปลง” ซึ่งประกอบด้วยกากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพจากโรงเยื่อและโรงกระดาษ กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบชีวภาพจากโรงกลั่นเอทานอล กากมันสำปะหลังจากการผลิตเอทานอล ถั่วลยจากโรงไฟฟ้าชีวมวล เปลือกไม้ป่น เปลือกไม้หยาบ และกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ในสัดส่วนที่แตกต่างกัน โดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ๆ ละครึ่งอัตราในแต่ละดำรับทดลองที่อายุ 20 และ 40 วันหลังปลูก สำหรับสมบัติบางประการของปุ๋ยอินทรีย์ก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน (Table 3)

การเก็บข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 1,000 เมล็ด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโปรตีนในเมล็ด นอกจากนี้ ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดครั้งที่ 2 ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินในแต่ละดำรับทดลองเพื่อวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ค่า pH (1:1 water) ค่า EC_e ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยข้อมูลผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และสมบัติของดินที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) พร้อมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT (Duncan's multiple range test) นอกจากนี้ เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลด้านผลผลิตและองค์ประกอบของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ด้วยวิธีการ T-test Independent

Table 1 Properties of soil before the experiment.

Properties	Results (0-30 cm)	Rating
pH (1:1)	7.80	slightly alkaline
EC _e (dS/m)	0.71	non-saline
Organic matter (%) ^{1/}	0.93	low
Available P (mg/kg) ^{2/}	60.69	very high
Exchangeable K (mg/kg) ^{3/}	83.41	moderately
Exchangeable Ca (mg/kg) ^{3/}	515.47	high
Exchangeable Mg (mg/kg) ^{3/}	124.58	high
Exchangeable Na (mg/kg) ^{3/}	28.84	-
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)

Table 2 Detail of treatments.

Treatments	Descriptions	Symbols	Quantity of major elements (kgN-P ₂ O ₅ -K ₂ O per rai)
T ₁	no fertilizer and OF treatment	control	0-0-0
T ₂	the application of chemical fertilizer based on soil chemical analysis	IF _{DOA}	20-5-10
T ₃	the application of OF-A of 800 kg/rai	OF-A ₈₀₀	7.92-9.44-22.56
T ₄	the application of OF-A of 400 kg/rai in combinations with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 400 kg/rai of the OF-A	OF-A ₄₀₀ +IF _{OF-A400}	7.92-9.44-22.56
T ₅	the application of OF-B of 800 kg/rai	OF-B ₈₀₀	11.92-10.48-15.44
T ₆	the application of OF-B of 400 kg/rai in combinations with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 400 kg/rai of the OF-B	OF-B ₄₀₀ +IF _{OF-B400}	11.92-10.48-15.44
T ₇	the application of OF-C of 800 kg/rai	OF-C ₈₀₀	15.04-14.08-16.48
T ₈	the application of OF-C of 400 kg/rai in combinations with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 400 kg/rai of the OF-C	OF-C ₄₀₀ +IF _{OF-C400}	15.04-14.08-16.48
T ₉	the application of OF-D of 800 kg/rai	OF-D ₈₀₀	20-18.16-18.24
T ₁₀	the application of OF-D of 400 kg/rai in combinations with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 400 kg/rai of the OF-D	OF-D ₄₀₀ +IF _{OF-D400}	20-18.16-18.24

Table 3 Properties of organic fertilizer (OF) before the experiment.

Properties	Results			
	OF-A	OF-B	OF-C	OF-D
pH (3:50)	6.91	7.21	7.00	6.78
EC 1:10 (dS/m)	9.59	7.76	9.57	13.31
Sodium (%)	0.30	0.22	0.25	0.34
Organic matter (%)	23.36	26.53	26.38	28.93
Organic carbon (%)	13.55	15.39	15.30	16.78
C:N ratio	13.69	10.33	8.14	6.71
Total N (%)	0.99	1.49	1.88	2.50
Total P ₂ O ₅ (%)	1.18	1.31	1.76	2.27
Total K ₂ O (%)	2.82	1.93	2.06	2.28
Total primary nutrients (%)	4.99	4.73	5.70	7.05
Germination index (%)	81.11	85.04	83.29	47.02
Moisture (%)	22.64	26.17	27.24	26.34

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน และสมบัติของดินบางประการ ปรากฏผลดังนี้

1. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพด

1.1 น้ำหนักฝักทั้งเปลือก และน้ำหนักฝักปอกเปลือก

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก และน้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือ การปลูกครั้งที่ 1 พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ (OF-D₄₀₀+IF_{OF-D400}) มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกและน้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด (2,523 และ 2,105 กก./ไร่ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 800 กก./ไร่ (OF-D₈₀₀) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 400 กก./ไร่ (OF-C₄₀₀+IF_{OF-C400}) ส่วนการปลูกครั้งที่ 2 พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ (OF-D₄₀₀+IF_{OF-D400}) มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกและน้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด (2,636 และ 2,212 กก./ไร่ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 800 กก./ไร่ (OF-D₈₀₀) ขณะที่ควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกและน้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดน้อยที่สุดทั้งการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักฝักทั้งเปลือกในการปลูกข้าวโพดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดเพิ่มขึ้น (Table 4) โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติในตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 400 กก./ไร่ ($OF-B_{400}+IF_{OF-B400}$) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 800 กก./ไร่ ($OF-D_{800}$) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ($OF-D_{400}+IF_{OF-D400}$) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 800 กก./ไร่ ($OF-C_{800}$) นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักฝักเปลือกในการปลูกข้าวโพดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักฝักเปลือกของข้าวโพดเพิ่มขึ้น (Table 4) โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก และน้ำหนักฝักเปลือกของข้าวโพดลดลง โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน

Table 4 Two crops data of ear weight and ear without husk weight of maize.

Treatments	Ear weight (kg/rai)		T-test	ear without husk weight (kg/rai)		T-test
	1 st crop	2 nd crop		1 st crop	2 nd crop	
T_1 = control	1,252 ^{f 1/}	1,151 ^{h 1/}	*	989 ^{f 1/}	900 ^{g 1/}	*
T_2 = IF_{DOA}	2,136 ^c	2,249 ^d	*	1,784 ^c	1,884 ^c	*
T_3 = $OF-A_{800}$	1,658 ^e	1,729 ^g	ns	1,379 ^e	1,441 ^f	*
T_4 = $OF-A_{400}+IF_{OF-A400}$	1,756 ^d	1,842 ^f	ns	1,462 ^d	1,537 ^e	*
T_5 = $OF-B_{800}$	1,790 ^d	1,859 ^f	ns	1,489 ^d	1,547 ^e	*
T_6 = $OF-B_{400}+IF_{OF-B400}$	1,824 ^d	1,976 ^e	*	1,523 ^d	1,654 ^d	*
T_7 = $OF-C_{800}$	2,245 ^b	2,543 ^c	**	1,872 ^b	2,123 ^b	**
T_8 = $OF-C_{400}+IF_{OF-C400}$	2,456 ^a	2,554 ^{bc}	ns	2,047 ^a	2,131 ^b	*
T_9 = $OF-D_{800}$	2,488 ^a	2,610 ^{ab}	*	2,067 ^a	2,173 ^{ab}	*
T_{10} = $OF-D_{400}+IF_{OF-D400}$	2,523 ^a	2,636 ^a	*	2,105 ^a	2,212 ^a	*
F-test	**	**		**	**	
CV (%)	15.86	14.72		14.39	12.12	

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

** indicated significant difference at $P < 0.01$

1.2 น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 5) กล่าวคือ การปลูกครั้งที่ 1 พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ($OF-D_{400} + IF_{OF-D400}$) มีผลให้น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด (1,476 กก./ไร่ และ 334.67 กรัม ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 800 กก./ไร่ ($OF-D_{800}$) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 400 กก./ไร่ ($OF-C_{400} + IF_{OF-C400}$) ส่วนการปลูกครั้งที่ 2 พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ($OF-D_{400} + IF_{OF-D400}$) มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด (1,549 กก./ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 800 กก./ไร่ ($OF-D_{800}$) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 800 กก./ไร่ ($OF-C_{800}$) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 400 กก./ไร่ ($OF-C_{400} + IF_{OF-C400}$) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ($OF-D_{400} + IF_{OF-D400}$) ยังมีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด (334.87 กรัม) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 800 กก./ไร่ ($OF-D_{800}$) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 400 กก./ไร่ ($OF-C_{400} + IF_{OF-C400}$) ขณะที่ตัวควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดน้อยที่สุดทั้งการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักเมล็ดในการปลูกข้าวโพดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า ทุกตัวรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเพิ่มขึ้น (Table 5) โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติในตัวรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 400 กก./ไร่ ($OF-B_{400} + IF_{OF-B400}$) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 800 กก./ไร่ ($OF-C_{800}$) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 800 กก./ไร่ ($OF-D_{800}$) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ($OF-D_{400} + IF_{OF-D400}$) ส่วนตัวควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดลดลง โดยมีความแตกต่างกันทางสถิติ นอกจากนี้ เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนัก 1,000 เมล็ดในการปลูกข้าวโพดครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า ทุกตัวรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดเพิ่มขึ้น (Table 5) โดยไม่มีความแตกต่างกัน

ทางสถิติ ขณะที่ได้รับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดลดลง โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน

Table 5 Two crops data of grain weight and 1,000 grain weight of maize.

Treatments	Grain weight (kg/rai)		T-test	1,000 grain weight (g)		T-test
	1 st crop	2 nd crop		1 st crop	2 nd crop	
T ₁ = control	678 ^{f 1/}	613 ^{e 1/}	*	275.22 ^{e 1/}	275.11 ^{e 1/}	ns
T ₂ = IF _{DOA}	1,242 ^c	1,311 ^b	*	324.43 ^b	324.45 ^b	ns
T ₃ = OF-A ₈₀₀	973 ^e	1,019 ^d	ns	312.56 ^d	312.58 ^d	ns
T ₄ = OF-A ₄₀₀ + IF _{OF-A400}	1,026 ^{de}	1,084 ^{cd}	ns	314.41 ^d	314.43 ^d	ns
T ₅ = OF-B ₈₀₀	1,045 ^d	1,098 ^{cd}	ns	319.42 ^c	319.44 ^c	ns
T ₆ = OF-B ₄₀₀ + IF _{OF-B400}	1,065 ^d	1,158 ^c	*	321.49 ^{bc}	321.52 ^{bc}	ns
T ₇ = OF-C ₈₀₀	1,323 ^b	1,508 ^a	**	324.60 ^b	324.63 ^b	ns
T ₈ = OF-C ₄₀₀ + IF _{OF-C400}	1,434 ^a	1,498 ^a	ns	331.63 ^a	331.73 ^a	ns
T ₉ = OF-D ₈₀₀	1,455 ^a	1,532 ^a	*	332.50 ^a	332.59 ^a	ns
T ₁₀ = OF-D ₄₀₀ + IF _{OF-D400}	1,476 ^a	1,549 ^a	*	334.67 ^a	334.87 ^a	ns
F-test	**	**		**	**	
CV (%)	13.12	14.12		12.57	11.83	

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

** indicated significant difference at $P < 0.01$

1.3 ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโปรตีนในเมล็ด

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 6) กล่าวคือ การปลูกครั้งที่ 1 พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ (OF-D₄₀₀ + IF_{OF-D400}) มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโพดมากที่สุด (1.75 และ 10.94 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 800 กก./ไร่ (OF-D₈₀₀) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 400 กก./ไร่ (OF-C₄₀₀ + IF_{OF-C400}) ส่วนการปลูกครั้งที่ 2 พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ (OF-D₄₀₀ + IF_{OF-D400}) มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโพดมากที่สุด (1.85 และ 11.56 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 800 กก./ไร่ (OF-D₈₀₀) โดยมี

ข้อสังเกตว่าทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณโปรตีนของเมล็ดข้าวโพดจัดอยู่ในประเภท “ข้าวโพดเมล็ดเกรด 1” คือ มีปริมาณโปรตีนไม่น้อยกว่า 8 เปอร์เซ็นต์ ตามมาตรฐานวัตถุดิบอาหารสัตว์ (พฤษ และคณะ, 2560) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโพดน้อยที่สุดทั้งการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดข้าวโพดที่ปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่าทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดของข้าวโพดเพิ่มขึ้น (Table 6) โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดของข้าวโพดลดลง โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเช่นกัน อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบปริมาณโปรตีนทั้งหมดในเมล็ดข้าวโพดที่ปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่าทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณโปรตีนทั้งหมดในเมล็ดของข้าวโพดเพิ่มขึ้น (Table 6) โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณโปรตีนทั้งหมดในเมล็ดของข้าวโพดลดลง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 6 Two crops data of total N and protein in grain of maize.

Treatments	Total N (%)		T-test	Protein (%)		T-test
	1 st crop	2 nd crop		1 st crop	2 nd crop	
T ₁ = control	1.16 ^{e 1/}	1.02 ^{g 1/}	ns	7.25 ^{e 1/}	6.38 ^{g 1/}	*
T ₂ = IF _{DOA}	1.56 ^{bc}	1.58 ^{cd}	ns	9.75 ^{bc}	9.88 ^{cd}	ns
T ₃ = OF-A ₈₀₀	1.38 ^d	1.41 ^f	ns	8.63 ^d	8.81 ^f	ns
T ₄ = OF-A ₄₀₀ + IF _{OF-A400}	1.40 ^d	1.43 ^f	ns	8.75 ^d	8.94 ^{ef}	ns
T ₅ = OF-B ₈₀₀	1.48 ^{cd}	1.50 ^e	ns	9.25 ^{cd}	9.38 ^{def}	ns
T ₆ = OF-B ₄₀₀ + IF _{OF-B400}	1.48 ^{cd}	1.53 ^{de}	ns	9.25 ^{cd}	9.56 ^{cde}	ns
T ₇ = OF-C ₈₀₀	1.58 ^{bc}	1.63 ^{bc}	ns	9.88 ^{bc}	10.19 ^{bc}	ns
T ₈ = OF-C ₄₀₀ + IF _{OF-C400}	1.64 ^{ab}	1.69 ^b	ns	10.25 ^{ab}	10.56 ^b	ns
T ₉ = OF-D ₈₀₀	1.72 ^a	1.82 ^a	ns	10.75 ^a	11.38 ^a	ns
T ₁₀ = OF-D ₄₀₀ + IF _{OF-D400}	1.75 ^a	1.85 ^a	ns	10.94 ^a	11.56 ^a	ns
F-test	**	**		**	**	
CV (%)	12.49	12.38		13.84	13.65	

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

** indicated significant difference at $P < 0.01$

2. การเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดิน ภายหลังการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นเวลา 1 ปี

ภายหลังการเก็บเกี่ยวข้าวโพดครั้งที่ 2 (Table 7) พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ($OF-D_{400} + IF_{OF-D400}$) มีผลให้ค่า pH ของดินต่ำที่สุด (pH 7.50) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 800 กก./ไร่ ($OF-D_{800}$) สำหรับการลดลงของค่า pH ของดินในตำรับทดลองดังกล่าว อาจเกิดจากปุ๋ยอินทรีย์สูตร D ที่ใช้มีค่า pH ต่ำที่สุด (pH 6.78) (Table 3) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ($OF-D_{400} + IF_{OF-D400}$) มีผลให้ค่า EC_e และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินมากที่สุด (1.63 dS/m และ 117.32 mg/kg ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 800 กก./ไร่ ($OF-D_{800}$) โดยมีข้อสังเกตว่าการเพิ่มขึ้นของค่า EC_e ของดิน อาจเกิดจากสมบัติของปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้มีค่า EC_e ในช่วง 7.76-13.31 dS/m (Table 3) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 800 กก./ไร่ ($OF-D_{800}$) มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมากที่สุด (1.57 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 800 กก./ไร่ ($OF-B_{800}$) โดยมีข้อสังเกตว่าตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินเพิ่มขึ้นมากกว่าตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี ทั้งนี้เป็นเพราะปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในช่วง 23.36-28.93 เปอร์เซ็นต์ (Table 3) ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร A อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร A อัตรา 400 กก./ไร่ ($OF-A_{400} + IF_{OF-A400}$) มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมากที่สุด (151.72 mg/kg) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร A อัตรา 800 กก./ไร่ ($OF-A_{800}$)

Table 7 Properties of soil after 1 year of planting maize.

Treatments	pH (1:1 water)	EC _e (dS/m)	OM (%)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)
before experiment	7.80	0.71	0.93	60.69	83.41
T ₁ = control	7.82 ^{a 1/}	0.69 ^{g 1/}	0.91 ^{e 1/}	63.57 ^{d 1/}	84.76 ^{f 1/}
T ₂ = IF _{DOA}	7.79 ^{ab}	0.92 ^f	0.95 ^e	68.72 ^d	95.82 ^e
T ₃ = OF-A ₈₀₀	7.58 ^e	1.16 ^e	1.38 ^b	75.86 ^c	149.53 ^a
T ₄ = OF-A ₄₀₀ + IF _{OF-A400}	7.55 ^{ef}	1.22 ^e	1.15 ^d	76.42 ^c	151.72 ^a
T ₅ = OF-B ₈₀₀	7.75 ^{bc}	1.33 ^d	1.53 ^a	79.56 ^c	115.86 ^d
T ₆ = OF-B ₄₀₀ + IF _{OF-B400}	7.73 ^c	1.37 ^{cd}	1.22 ^{cd}	81.23 ^c	118.73 ^d
T ₇ = OF-C ₈₀₀	7.68 ^d	1.43 ^{bc}	1.42 ^b	93.85 ^b	127.32 ^c
T ₈ = OF-C ₄₀₀ + IF _{OF-C400}	7.66 ^d	1.46 ^b	1.18 ^{cd}	94.72 ^b	129.43 ^c
T ₉ = OF-D ₈₀₀	7.52 ^{fg}	1.59 ^a	1.57 ^a	115.28 ^a	135.42 ^b
T ₁₀ = OF-D ₄₀₀ + IF _{OF-D400}	7.50 ^g	1.63 ^a	1.25 ^c	117.32 ^a	137.65 ^b
F-test	**	**	**	**	**
CV (%)	13.09	13.13	12.93	13.57	12.73

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

** indicated significant difference at $P < 0.01$

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น ให้ข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มให้ ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ อย่างเดียว หรือการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของชัยวัฒน์ และคณะ, (2558) และธนสมณท์ และคณะ, (2561) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปุ๋ยเคมีสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับ ข้าวโพดได้อย่างอย่างรวดเร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต ขณะที่ปุ๋ยอินทรีย์จะค่อย ๆ ปลดปล่อย ธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตเมื่อระยะเวลาผ่านไป ในทางตรงกันข้ามพบว่าการ ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ (control) มีผลให้ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดต่ำที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะการปลูกพืชที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยในระยะยาวจะมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดน้อยลง และไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืช

สรุปผลและเสนอแนะ

จากการศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน และสมบัติของดินบางประการ สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักเปลือก น้ำหนักเมล็ด น้ำหนักเมล็ด 1,000 เมล็ด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโปรตีนของเมล็ดข้าวโพดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 800 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 400 กก./ไร่

2. การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 400 กก./ไร่ มีผลให้ค่า EC_e และปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 800 กก./ไร่ ขณะที่การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 800 กก./ไร่ มีผลให้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 800 กก./ไร่ อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร A อัตรา 400 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร A อัตรา 400 กก./ไร่ มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร A อัตรา 800 กก./ไร่

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาวิชาการ ระหว่างภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับ บริษัท ดี. เอ. รีเซิร์ช เซ็นเตอร์ จำกัด ภายใต้โปรแกรมสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรม (ITAP) สวทช.

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2553. **คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ**. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2558. **คู่มือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน ระบบไฮโดรติกนุปรกรณ์**. คณะเกษตร กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- ชัยวัฒน์ วงษ์ไกร, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์, ซาลินี คงสุด, ธิรยุทธ คล้าชื่น, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ธนศมณท์ กุลการณย์เลิศ, อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ และ ศิริสุดา บุตรเพชร. 2558. ผลของการตะกอนยีสต์จากโรงงานเอทานอลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิก 999, น. 188-195. ใน **การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 4 “ธรรมชาติของดินและความจริงของปุ๋ยเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืน”**, สงขลา.

ธนศมณท์ กุลการณย์เลิศ, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, จุฑามาศ ร่มแก้ว และ ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. 2561. การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า** 36(1): 40-49.

พฤห์ส ศิริขวัญ, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, จุฑามาศ ร่มแก้ว และ ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. 2560. ผลของปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** 6(2): 10-21.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. **สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558-2560**. 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 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 Service, Washington, D.C.

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

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.

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.