ผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Effect of Liquid Organic Fertilizer on Growth and Yield of Maize

ชัยสิทธิ์ ทองจู[1]* เกียรติศักดิ์ สนศรี[1] ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย[1] และธรรมธวัช แสงงาม[2]

Chaisit Thongjoo[1]*, Kiattisak Sonsri[1], Tawatchai Inboonchuay[1] and Thamthawat Saengngam[2]

Abstract: This study investigated the effect of liquid organic fertilizer (LOF) application on growth and yield of maize var. Seeds Tech 188. The experimental design was arranged in completely randomized design (CRD) with 3 replications and 8 treatments. The results showed that the application of LOF of 1,200 L/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 1,200 L/rai of the LOF provided the highest of plant height, leaf greenness (SPAD reading), ear weight, ear without husk weight, grain weight, 100 grain weight and total N in grain which were not significantly different from the applications of chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 2,400 L/rai of the LOF and the application of LOF of 2,400 L/rai. Furthermore, the application of LOF of 1,200 L/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 1,200 L/rai of the LOF gave the highest of protein content in grain, followed by the applications of chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 2,400 L/rai of the LOF and the application of LOF of 2,400 L/rai, respectively.

Keywords: liquid organic fertilizer, chemical fertilizers, maize

บทคัดย่อ: ศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์ซีดส์เทค 188 โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 8 ตำรับทดลอง ผลการศึกษา พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่ (LOF1200+IFLOF-1200) มีผลให้ความสูงต้น ค่าความเขียวของใบ น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 2,400 ลิตร/ไร่ (IFLOF-2400) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 2,400 ลิตร/ไร่ (LOF2400) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่ (LOF1200+IFLOF-1200) ยังมีผลให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 2,400 ลิตร/ไร่ (IFLOF-2400) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 2,400 ลิตร/ไร่ (LOF2400) ตามลำดับ

คำสำคัญ: ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลว, ปุ๋ยเคมี, ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

---

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

[2]สถานีวิจัยกาญจนบุรี ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

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

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

* Corresponding author : agrcht@ku.ac.th and thongjuu@yahoo.com

คำนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นหนึ่งในพืชไร่ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ โดยในปี 2558 สามารถสร้างรายได้ให้กับประเทศคิดเป็นมูลค่าผลผลิตประมาณ 41,076 ล้านบาท และเนื่องจากอุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์มีการขยายตัวเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้ความต้องการใช้ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพื่อเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตอาหารสัตว์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามไปด้วย อย่างไรก็ตาม พบว่า ปริมาณผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในช่วงปี 2554-2558 มีแนวโน้มลดลงอย่างเห็นได้ชัด จากข้อมูลการผลิตในปี 2554 มีผลผลิตประมาณ 5 ล้านตัน ในขณะที่ปี 2557 เหลือผลผลิตเพียง 4.80 ล้านตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) การที่ผลผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลดลง อาจมีสาเหตุมาจากพื้นที่การผลิตลดลง การเกิดภัยพิบัติทางธรรมชาติ การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชเกินอัตรา และการจัดการดินและปุ๋ยอย่างไม่เหมาะสม เป็นต้น การเพิ่มความอุดมสมบูรณ์และบำรุงรักษาดิน จะช่วยส่งเสริมให้ดินมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชมากยิ่งขึ้น และอาจส่งผลให้พืชมีผลผลิตเพิ่มขึ้นอีกด้วย ซึ่งแนวทางในการปฏิบัติสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การใช้ระบบปลูกพืชหมุนเวียนโดยใช้พืชตระกูลถั่วสลับกับพืชชนิดอื่นๆ ที่เป็นพืชหลักในท้องถิ่น หรือการใช้ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ในการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดิน และทดแทนธาตุอาหารที่สูญหายไปจากการเพาะปลูก เป็นต้น การใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มธาตุอาหารที่ขาดแคลนจะช่วยให้พืชได้รับธาตุอาหารเหล่านั้นอย่างเพียงพอ ผลผลิตที่ได้จึงเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในเวลาอันรวดเร็ว แต่การใช้ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวต่อเนื่องเป็นเวลานาน อาจมีผลกระทบต่อสมบัติด้านอื่นๆ ของดิน เช่น การใช้ยูเรีย หรือแอมโมเนียมซัลเฟตในอัตราที่สูง และต่อเนื่องยาวนาน มีผลให้ค่า pH ของดินลดลงได้ (ยงยุทธ และคณะ, 2551) อีกทั้งปุ๋ยเคมียังอาจช่วยเร่งกิจกรรมการสลายตัว และลดปริมาณอินทรียวัตถุในดินซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสมบัติทางกายภาพบางประการของดินได้ด้วย ส่วนปุ๋ยอินทรีย์แม้มีปริมาณธาตุอาหารอยู่ในปริมาณน้อยแต่ก็มีธาตุอาหารต่างๆ เป็นองค์ประกอบอยู่หลายธาตุ ซึ่งถ้าใช้ในปริมาณที่เหมาะสมก็จะช่วยเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินโดยเฉพาะจุลธาตุได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังช่วยปรับสภาพทางกายภาพของดินให้ดีขึ้นอีกด้วย (ยงยุทธ, 2528) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ลงไปในดินเมื่อเกิดการย่อยสลายจะทำให้เกิดฮิวมัสและกรดฮิวมิก ซึ่งกรดฮิวมิกมีความสามารถในการทำให้ธาตุอาหารในดินที่อยู่ในรูปที่พืชไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้เปลี่ยนเป็นรูปที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (วีระพล, 2546) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลว เมื่อจุลินทรีย์ย่อยสลายวัสดุที่ใช้หมักโดยการขับเอนไซม์ออกมานอกเซลล์ เพื่อย่อยสลายวัสดุจนได้สารที่มีขนาดเล็กพอที่จะซึมผ่านเข้าไปในเซลล์จุลินทรีย์ได้ และนำเอาสารเหล่านั้นไปใช้เป็นแหล่งพลังงานและการเจริญเติบโตของตัวจุลินทรีย์เอง นอกจากนี้ยังหลงเหลือสารบางอย่างไว้ในน้ำปุ๋ยหมัก ได้แก่ สารที่จุลินทรีย์ยังนำไปใช้ไม่หมด หรือสารที่จุลินทรีย์ที่ตายแล้วปลดปล่อยออกมา เช่น แร่ธาตุต่างๆ และสารบางชนิดที่คงทนต่อการย่อยสลาย เช่น humic substance เป็นต้น แต่เมื่ออินทรียวัตถุถูกจุลินทรีย์ย่อยสลายในสภาพที่มีน้ำขัง เช่น ในการหมักปุ๋ยอินทรีย์น้ำ หรือน้ำปุ๋ยหมัก ซึ่งมีออกซิเจนไม่เพียงพอ การสลายตัวเพื่อเปลี่ยนไปเป็น humic substance และแร่ธาตุจะเกิดได้ไม่สมบูรณ์ จึงหลงเหลือสารตัวกลางที่ย่อยสลายไม่หมด (intermediate product) ปะปนอยู่ด้วย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541; เกียรติศักดิ์ และชัยสิทธิ์, 2560) จากประโยชน์ที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าปุ๋ยอินทรีย์มีความสำคัญสำหรับการเกษตรกรรมอย่างยิ่งในปัจจุบัน ดังนั้น จึงเกิดแนวคิดในการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวในการส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อเพิ่มความหลากหลายในการเลือกใช้ปุ๋ยอินทรีย์สำหรับใช้ในการจัดการปุ๋ยอย่างเหมาะสมและลดการสูญเสียในด้านของปริมาณผลผลิต รวมทั้งลดต้นทุนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ทำการทดลอง ณ โรงเรือนทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2560 โดยเก็บตัวอย่างดินที่ระดับความลึก 0-30 ซม. ซึ่งเป็นชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen soil series, Ks; Typic Haplustalfs; fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic, Soil Survey Staff, 2003) เพื่อวิเคราะห์สมบัติบางประการของดินก่อนปลูก ได้แก่ ค่า pH (1:1) ของดิน ค่าการนำไฟฟ้าที่สกัดจากดินที่อิ่มตัวด้วยน้ำ (EC_e) ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ รวมทั้งเนื้อดิน ซึ่งผลการวิเคราะห์สมบัติของดินได้แสดงไว้ใน Table 1 นำตัวอย่างดินมาผึ่งให้แห้งในที่ร่ม แล้วทำการผสมคลุกเคล้าดินให้มีความสม่ำเสมอ จากนั้น นำดินที่ได้ใส่ลงในกระถางซึ่งมีขนาดพื้นที่ 1 ตารางเมตร ทำการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยการหยอดเมล็ดจำนวน 3-5 เมล็ด เมื่อกล้าข้าวโพดอายุได้ 15 วัน จึงถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อกระถาง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 3 ซ้ำ 8 ตำรับทดลองดังนี้

ตำรับทดลอง	คำบรรยาย	สัญลักษณ์	ปริมาณธาตุอาหารหลัก (กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่)
T_1	ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลว	control	0-0-0
T_2	ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	IF_{DOA}	15-5-5
T_3	ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่	LOF_{1200}	7.56-8.16-10.92
T_4	ใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลัก (N, P และ K) ในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่	$IF_{LOF-1200}$	7.56-8.16-10.92
T_5	ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 600 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 600 ลิตร/ไร่	LOF_{600} + $IF_{LOF-600}$	7.56-8.16-10.92
T_6	ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 2,400 ลิตร/ไร่	LOF_{2400}	15.12-16.32-21.84
T_7	ใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 2,400 ลิตร/ไร่	$IF_{LOF-2400}$	15.12-16.32-21.84
T_8	ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่	LOF_{1200} + $IF_{LOF-1200}$	15.12-16.32-21.84

การใส่ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21 %N) ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (42 %P_2O_5) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 %K_2O) โดยแบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งอัตราในแต่ละตำรับทดลองที่อายุ 20 และ 40 วันหลังถอนแยก ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คือ 15, 5 และ 5 กก. N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) สำหรับปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวที่ใช้ในการทดลองมีส่วนผสมของน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิต (effluent from process) ของบริษัท ไทยฟูดส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด โมลาส (molasses) ลีโอนาไดต์ (leonardite) และผงไม้ปน (wood dust) โดยแบ่งใส่ 4 ครั้งๆ ละหนึ่งในสี่ของอัตราในแต่ละตำรับทดลองที่อายุ 10, 20, 30 และ 40 วันหลังถอนแยก สำหรับสมบัติบางประการของปุ๋ยอินทรีย์ก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน Table 1

Table 1 Some properties of initial soil and liquid organic fertilizer (LOF).

Properties	Soil (0-30 cm)	Properties	liquid organic fertilizer
pH (soil : water = 1:1)	7.18	pH (3:50)	4.29
EC_e (dS/m)	0.78	EC 1:10 (dS/m)	9.07
Organic matter (%)[1/]	1.33	Sodium (%)	0.31
Available P (mg/kg)[2/]	42.56	Organic matter (%)	10.65
Exchangeable K (mg/kg)[3/]	115.28	Organic carbon (%)	6.18
Exchangeable Ca (mg/kg)[3/]	389	C:N ratio	9.81
Exchangeable Mg (mg/kg)[3/]	88.47	Total N (%)	0.63
Extractable Na (mg/kg)[3/]	12.47	Total P_2O_5 (%)	0.68
Sand (%)	79.56	Total K_2O (%)	0.91
Silt (%)	9.58	Total primary nutrients (%)	2.22
Clay (%)	10.86		
Texture[4/]	loamy sand		

Note [1/] = Walkley and Black method (Walkley 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)

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อายุ 1, 2 และ 3 เดือน ได้แก่ ความสูงต้น และค่าความเขียวของใบ (SPAD reading) (วัดตำแหน่งใบที่ 3-5 จากปลายยอด ทำการวัด 6 ครั้งต่อใบ) โดยใช้เครื่อง chlorophyll meter (Minolta Co., Ltd., JAPAN: SPAD-502 model) สำหรับการเก็บข้อมูลองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อายุ 4 เดือน ได้แก่ จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ด และปริมาณโปรตีนในเมล็ดซึ่งคำนวณจากสูตรดังนี้

ปริมาณโปรตีนในเมล็ด = Total N x 6.25 (Total N ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีของ Kjeldahl method)

นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-test หากข้อมูลแสดงความแตกต่างทางสถิติ จะนำมาเปรียบเทียบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม พ.ศ. 2560 ปรากฏผลดังนี้

1. การเจริญเติบโตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ความสูงต้น และค่าความเขียวของใบข้าวโพดที่อายุ 1, 2 และ 3 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 2) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่ (LOF1200+IFLOF-1200) มีผลให้ความสูงต้นและค่าความเขียวของใบข้าวโพดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 2,400 ลิตร/ไร่ (IFLOF-2400) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 2,400 ลิตร/ไร่ (LOF2400) โดยมีข้อสังเกตว่าค่าความเขียวของใบข้าวโพดที่อายุ 3 เดือนหลังปลูก มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ทั้งนี้เนื่องจากชุดดินกำแพงแสนมีปริมาณอินทรียวัตถุและไนโตรเจนทั้งหมดในระดับค่อนข้างต่ำ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง ดังนั้น ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ลดลงตามระยะเวลา จึงส่งผลให้ค่าความเขียวของใบข้าวโพดลดลง ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์นั่นเอง (ยงยุทธ, 2528) อย่างไรก็ตาม ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ความสูงต้น และค่าความเขียวของใบข้าวโพดน้อยที่สุดในทุกระยะการเจริญเติบโต

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

Treatments	Plant height (cm)			SPAD reading		
	1 MAP[1/, 2/]	2 MAP[1/, 2/]	3 MAP[1/, 2/]	1 MAP[1/, 2/]	2 MAP[1/, 2/]	3 MAP[1/, 2/]
T_1 = control	76.38^{d}	139.33^{e}	146.00^{e}	35.12^{c}	32.32^{f}	29.40^{e}
$T_2 = IF_{DOA}$	95.49^{bc}	197.33^{b}	210.00^{bc}	45.88^{a}	54.27^{c}	47.67^{b}
$T_3 = LOF_{1200}$	88.32^{c}	178.67^{d}	182.33^{d}	40.56^{b}	44.19^{e}	41.59^{d}
$T_4 = IF_{LOF-1200}$	92.44^{c}	181.33^{cd}	194.33^{cd}	41.25^{b}	46.26^{de}	42.47^{d}
$T_5 = LOF_{600} + IF_{LOF-600}$	94.30^{bc}	194.33^{bc}	208.33^{bc}	42.32^{b}	48.37^{d}	44.59^{c}
$T_6 = LOF_{2400}$	103.45^{ab}	202.67^{ab}	223.33^{ab}	46.25^{a}	53.38^{bc}	48.53^{b}
$T_7 = IF_{LOF-2400}$	105.57^{a}	203.33^{ab}	226.67^{ab}	47.23^{a}	55.71^{ab}	50.46^{a}
$T_8 = LOF_{1200} + IF_{LOF-1200}$	107.48^{a}	216.00^{a}	231.67^{a}	47.56^{a}	56.28^{a}	51.38^{a}
F-test	**	**	**	**	**	**
CV (%)	13.49	14.48	13.58	13.26	12.95	12.40

[1/] Months after planting

[2/] 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. องค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

2.1 จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักฝักทั้งเปลือก และน้ำหนักฝักปอกเปลือก

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวเพียงอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักฝักทั้งเปลือก และน้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 2,400 ลิตร/ไร่ ($IF_{LOF-2400}$) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่ ($LOF_{1200}+IF_{LOF-1200}$) มีผลให้จำนวนฝักต่อต้นของข้าวโพดมากที่สุด (1.67 ฝัก/ต้น) ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่ ($LOF_{1200}+IF_{LOF-1200}$) มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด (235.23 กรัม/ฝัก) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 2,400 ลิตร/ไร่ ($IF_{LOF-2400}$) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 2,400 ลิตร/ไร่ (LOF_{2400}) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่ ($LOF_{1200}+IF_{LOF-1200}$) ยังมีผลให้น้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด (188.16 กรัม/ฝัก) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 2,400 ลิตร/ไร่ ($IF_{LOF-2400}$) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 2,400 ลิตร/ไร่ (LOF_{2400}) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้จำนวนฝักต่อต้น น้ำหนักฝักทั้งเปลือก และน้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดน้อยที่สุด คือ 0.67 ฝัก/ต้น, 152.31 และ 118.47 กรัม/ฝัก ตามลำดับ

Table 3 Number of ear per plant, ear weight and ear without husk weight of maize.

Treatments	Number of ear per plant[1/]	Ear weight (g)[1/]	Ear without husk weight (g)[1/]
T_1 = control	0.67[d]	152.31[f]	118.47[c]
$T_2 = IF_{DOA}$	1.33[b]	227.59[bc]	182.46[a]
$T_3 = LOF_{1200}$	1.00[c]	215.30[e]	169.34[b]
$T_4 = IF_{LOF-1200}$	1.33[b]	218.27[de]	171.49[b]
$T_5 = LOF_{600} + IF_{LOF-600}$	1.33[b]	222.30[cd]	173.39[b]
$T_6 = LOF_{2400}$	1.33[b]	229.36[ab]	184.30[a]
$T_7 = IF_{LOF-2400}$	1.67[a]	230.57[ab]	186.41[a]
$T_8 = LOF_{1200} + IF_{LOF-1200}$	1.67[a]	235.23[a]	188.16[a]
F-test	**	**	**
CV (%)	13.72	12.67	12.72

[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

2.2 น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโปรตีนในเมล็ด

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวเพียงอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมี เพียงอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโปรตีนในเมล็ดของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่ (LOF_{1200}+$IF_{LOF-1200}$) มีผลให้น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด (142.51 กรัม/ฝัก 30.12 กรัม และ 1.72 % ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 2,400 ลิตร/ไร่ ($IF_{LOF-2400}$) การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 2,400 ลิตร/ไร่ (LOF_{2400}) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) ส่วนการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่ (LOF_{1200}+$IF_{LOF-1200}$) มีผลให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดข้าวโพดมากที่สุด (10.75 %) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 2,400 ลิตร/ไร่ ($IF_{LOF-2400}$) และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 2,400 ลิตร/ไร่ (LOF_{2400}) ตามลำดับ โดยมีข้อสังเกตว่าทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณโปรตีนของเมล็ดข้าวโพดจัดอยู่ในประเภท “ข้าวโพดเมล็ดเกรด 1” คือ มีโปรตีนไม่น้อยกว่า 8 % ตามมาตรฐานวัตถุดิบอาหารสัตว์ สอดคล้องกับผลการทดลองของเกียรติศักดิ์ และชัยสิทธิ์ (2560) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณโปรตีนในเมล็ดของข้าวโพดน้อยที่สุด คือ 88.55 กรัม/ฝัก, 27.43 กรัม 0.78 และ 4.88 % ตามลำดับ

Table 4 Grain weight, 100 grain weight, total N and protein content in grain of maize.

Treatments	Grain weight (g)[1/]	100 grain weight (g)[1/]	Total N in grain (%)[1/]	Protein content in grain (%)[1/]
T_1 = control	88.55^{d}	27.43^{c}	0.78^{e}	4.88^{f}
T_2 = IF_{DOA}	138.54^{ab}	29.84^{a}	1.62^{abc}	10.13^{c}
T_3 = LOF_{1200}	130.63^{c}	28.41^{b}	1.51^{d}	9.44^{e}
T_4 = $IF_{LOF-1200}$	132.43^{c}	28.46^{b}	1.53^{cd}	9.56^{de}
T_5 = LOF_{600}+ $IF_{LOF-600}$	134.58^{bc}	28.56^{b}	1.55^{bcd}	9.69^{d}
T_6 = LOF_{2400}	140.60^{a}	29.88^{a}	1.64^{ab}	10.25^{c}
T_7 = $IF_{LOF-2400}$	141.44^{a}	29.96^{a}	1.68^{a}	10.50^{b}
T_8 = LOF_{1200}+ $IF_{LOF-1200}$	142.51^{a}	30.12^{a}	1.72^{a}	10.75^{a}
F-test	**	**	**	**
CV (%)	13.96	12.38	13.61	11.41

[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 ให้ข้อสังเกตว่าการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มให้การเจริญเติบโต รวมทั้งองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยภาพรวม มากที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวที่มีองค์ประกอบของสารอินทรีย์จำพวกกรดฮิวมิก ซึ่งได้มาจากอินทรียวัตถุที่มีในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลว สอดคล้องกับการรายงานของ Tan and Nopamornbodi (1979) ที่กล่าวว่า ปริมาณกรดฮิวมิกที่เหมาะสม จะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอด ราก รวมทั้งการพัฒนาของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยเมื่อมีการเจริญเติบโตที่ดีมากขึ้นก็จะส่งผลให้มีการสร้างองค์ประกอบผลผลิตต่างๆ ให้เพิ่มขึ้นตามไปด้วย นอกจากนี้ ในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุสูง ส่งผลให้มีความจุแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) สูงตามไปด้วย จึงมีความสามารถในการส่งเสริมความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารพืชที่ได้จากปุ๋ยเคมีอีกทางหนึ่ง สอดคล้องกับการรายงานของ Susilawati et al. (2011) ที่กล่าวว่าค่า CEC ที่สูงเป็นเหตุผลสำคัญในการเพิ่มการดูดซับธาตุอาหารของพืช โดยเมื่อมีการดูดซับธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้มีการเจริญเติบโตและการสร้างองค์ประกอบผลผลิตของพืชตามไปด้วยนั่นเอง นอกจากนี้ ผลการทดลองดังกล่าวเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ Ripusudan et al. (2000) จันจิรา และคณะ (2552) กัญณัฏฐ์ และคณะ (2555) ธนศมณท์ และคณะ (2555) ชัยวัฒน์ และคณะ (2558) และเกียรติศักดิ์ และชัยสิทธิ์ (2560) ที่อธิบายว่าปุ๋ยเคมีสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับข้าวโพดได้อย่างอย่างรวดเร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต ขณะที่ปุ๋ยอินทรีย์จะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเนื่องจากจะต้องอาศัยจุลินทรีย์เพื่อให้เกิดกระบวนการ mineralization ทำให้เป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตเมื่อระยะเวลานานขึ้น ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลว (control) มีผลให้การเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดต่ำที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะการปลูกพืชที่ไม่มีการใส่ปุ๋ย จะมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดน้อยลง และไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืช

สรุป

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่ มีผลให้ความสูงต้น ค่าความเขียวของใบ น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ด และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดในเมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 2,400 ลิตร/ไร่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 2,400 ลิตร/ไร่ นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 1,200 ลิตร/ไร่ ยังมีผลให้ปริมาณโปรตีนในเมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 2,400 ลิตร/ไร่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวอัตรา 2,400 ลิตร/ไร่ ตามลำดับ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาวิชาการ ระหว่างภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และบริษัท ไทยฟูดส์ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

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

เกียรติศักดิ์ สนศรี และชัยสิทธิ์ ทองจู. 2560. ผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, น. 41-51. ใน การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 5 “ขับเคลื่อนนวัตกรรมด้านดินและปุ๋ย ก้าวสู่...เกษตร 4.0, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

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

จันจิรา แสงสีเหลือง, ชัยสิทธิ์ ทองจู, จุฑามาศ ร่มแก้ว และ เกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, น. 19-28. ใน การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 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, น. 188-195. ใน การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 4 “ธรรมชาติของดินและความจริงของปุ๋ยเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืน”, สงขลา.

ธนศมณฑ์ กุลการัณย์เลิศ, ชัยสิทธิ์ ทองจู และ ศุภชัย อำคา. 2555. ผลของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิค 999. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 1 (1): 29-41.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2528. หลักการผลิตและการใช้ปุ๋ย. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

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

วีระพล แจ่มสวัสดิ์. 2546. ผลของปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตจากเกษตรอินทรีย์. วารสารเกษตรบางพระ 39 (3): 56-57.

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

Bray, R.A. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available form of phosphorus in soil. Soil Sci. 59: 39-45.

Pratt, P.F. 1965. Potassium, pp. 1022-1030. In C.A. Black, ed. Methods of Soil Analysis Part II. Agronomy, No. 9. Amer. Soc. Agron. Inc, Madison, Wisconsin, U.S.A.

Ripusudan, L.P., G. Gonzalo, R.L. Honor, and D.V. Alejandro. 2000. Tropical maize improvement and production. FAO plant production and protection series No. 28.

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

Susilawati, K., O. H. Ahmed and N. M. Abd. Majid. 2011. Effectiveness of liquid organic-nitrogen fertilizer in enhancing nutrients uptake and use efficiency in corn (*Zea mays*). Afr. J. Biotechnol. 10 (12): 2274-2281.

Tan, K.H. and V. Nopamornbodi. 1979. Effect of different levels of humic acids on nutrient content and growth of corn (*Zea mays* L.). Plant Soil. 51: 283-387.

Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-35.