การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Utilization of By-product from Ethanol Factory for Increasing Yield of Maize

รุจิกร ศรีแม้นม่วง[1], ชัยสิทธิ์ ทองจู[1*], ศุภชัย อำคา[1], ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย[2], ชาลินี คงสุด[2] และธีรยุทธ คล้ำชื่น[3]

Ruchikorn Srimanmaung[1], Chaisit Thongjoo[1*], Suphachai Amkha[1], Tawatchai Inboonchuay[1], Chalinee Khongsud[2] and Teerayut Klumchaun[3]

บทคัดย่อ: ศึกษาการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิค 999 โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการปลูก 2 ครั้ง จำนวน 3 ซ้ำ 8 ตำรับทดลอง ผลการทดลอง พบว่า การปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000} +$IF_{OMM-1000}$) มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM-2000}$) และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ (OMM_{500} +$IF_{OMM-500}$) นอกจากนี้ การปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า IF_{DOA} มีผลให้น้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับ OMM_{1000} +$IF_{OMM-1000}$ และ $IF_{OMM-2000}$ ส่วนการปลูกครั้งที่ 1 พบว่า IF_{DOA} มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับ OMM_{1000} +$IF_{OMM-1000}$ และ $IF_{OMM-2000}$ ขณะที่การปลูกครั้งที่ 2 พบว่า OMM_{1000} +$IF_{OMM-1000}$ มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับ IF_{DOA} และ $IF_{OMM-2000}$ อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักฝักทั้งเปลือกและน้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดที่ปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกและน้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในตำรับทดลอง OMM_{1000} + $IF_{OMM-1000}$ ภายหลังการทดลอง พบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) มีผลให้ค่า pH ของดินต่ำที่สุด ไม่แตกต่างกับ OMM_{1000} +$IF_{OMM-1000}$ ส่วน OMM_{2000} ยังมีผลให้ค่า EC_e ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินสูงที่สุด ไม่แตกต่างกับ OMM_{1000} + $IF_{OMM-1000}$ และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000})

คำสำคัญ: กากตะกอนยีสต์ น้ำวีแนส ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ผลพลอยได้

Received June 24, 2019

Accepted September 13, 2019

[1]ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140
Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom, 73140

[2]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.

[3]คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12130

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

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

ABSTRACT: The aim of this study was to investigate the utilization of by-product from ethanol factory for increasing yield of maize *var.* Pacific 999. The field experiment in Randomized Complete Block Design (RCBD) consisting of eight treatments with three replications was repeated twice successively. The results of the 1st and 2nd crop revealed that the application of organic mixture material (OMM) of 1,000 kg/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 1,000 kg/rai of the OMM (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) affected on the highest of husk yield which were not different from the application of chemical fertilizer based on soil chemical analysis (IF_{DOA}), the applications of chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 2,000 kg/rai of the OMM ($IF_{OMM-2000}$) and the application of organic mixture material (OMM) of 500 kg/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 500 kg/rai of the OMM (OMM_{500}+$IF_{OMM-500}$). Furthermore, the 1st and 2nd crop, it revealed that IF_{DOA} affected on the highest of unhusk yield which were not different from OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$ and $IF_{OMM-2000}$. The 1st crop, it revealed that IF_{DOA} affected on the highest of grain yield which were not different from OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$ and $IF_{OMM-2000}$. While, the 2nd crop, it revealed that OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$ affected on the highest of grain yield which were not different from IF_{DOA} and $IF_{OMM-2000}$. However, comparing husk yield and grain yield of maize grown in the 1st and 2nd crop. It was found that all treatments that applied chemical fertilizers or OMM both single use or in combination with chemical fertilizers increased the husk yield and grain yield which were significantly different in OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$ treatment. After experiment, it was found that the application of OMM of 2,000 kg/rai (OMM_{2000}) affected on the lowest of soil pH which were not different from OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$. Further, the OMM_{2000} affected on the highest of EC_e, organic matter, available P and exchangeable K of soil which were not different from the OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$ and the application of OMM of 1,000 kg/rai (OMM_{1000}).

Keywords: yeast cake, vinasses effluent, maize, by-product

บทนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมการเลี้ยงสัตว์เป็นอย่างมาก โดยในปี พ.ศ. 2560 มีพื้นที่เพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประมาณ 6.44 ล้านไร่ ผลผลิตประมาณ 4.39 ล้านตัน และผลผลิตเฉลี่ย 676 กก./ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) ซึ่งความต้องการข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในประเทศไทยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลให้ปริมาณผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการภายในประเทศ เนื่องจากการผลิตขึ้นกับสภาพของดินฟ้าอากาศ ทำให้เกิดความเสียหายจากความแห้งแล้งเป็นอย่างมาก แนวทางหนึ่งที่ส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตของข้าวโพด คือ การเพิ่มผลผลิตข้าวโพดต่อหน่วยพื้นที่ให้สูงขึ้น ซึ่งอาจกระทำได้หลายวิธี เช่น การศึกษาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสม (ปิยมาภรณ์ และคณะ, 2552; ธีระพงษ์ และคณะ, 2553; พฤหัส และคณะ, 2560) รวมทั้งการลดต้นทุนการผลิตโดยใช้ผลพลอยได้จากภาคเกษตรหรือภาคอุตสาหกรรมเกษตรที่ปราศจากการปนเปื้อนของโลหะหนัก เพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี (Thongjoo et al., 2005) เป็นต้น มีรายงานวิจัยเกี่ยวกับการนำผลพลอยได้มาช่วยเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เช่น การใช้กากตะกอนเยื่อกระดาษ (จันจิรา และคณะ, 2552) กากสบู่ดำ (กัญณัฏฐ์ และคณะ, 2555) กากตะกอนยีสต์จากโรงงานเอทานอล (ชัยวัฒน์ และคณะ, 2558) น้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตอาหาร (เกียรติศักดิ์ และชัยสิทธิ์, 2561) ผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอย (ธนศมณฑ์ และคณะ, 2561) เป็นต้น โรงงานอุตสาหกรรมมักมีผลพลอยได้เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก โดยผลพลอยได้ส่วนใหญ่มีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาวได้ (Thongjoo et al., 2005) ที่ผ่านมามีรายงานวิจัยเกี่ยวกับการนำกากตะกอนยีสต์และน้ำวีแนสเพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าว (นฤพน และคณะ, 2556) อ้อย (วิษณุ และคณะ, 2556; สันติภาพ และคณะ, 2557) และมันสำปะหลัง (พงษ์นรินทร์ และคณะ, 2556; ทิพวรรณ และคณะ, 2557) จึงเกิดแนวคิดว่าหากมีการนำกากตะกอนยีสต์และน้ำวีแนสจากโรงงานผลิตเอทานอลมาผสมเป็นวัสดุอินทรีย์ และหาแนวทางการ

ใช้ประโยชน์ในแง่การทดแทนปุ๋ย หรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยพิจารณาจากผลของวัสดุอินทรีย์ผสมดังกล่าวที่มีต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวมทั้งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินบางประการ ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำผลพลอยได้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมแล้ว ยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรที่ปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งของผลพลอยได้อีกด้วย

วิธีการศึกษา

ศึกษาผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พันธุ์แปซิฟิค 999 รวมทั้งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินบางประการ ในช่วงเดือนพฤษภาคม-เดือนกันยายน พ.ศ. 2557 (การปลูกครั้งที่ 1) และช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2557-เดือนมีนาคม พ.ศ. 2558 (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) งานทดลองนี้ประกอบด้วย 24 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 x 7.0 ตารางเมตร วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 3 ซ้ำ 8 ตำรับทดลอง โดยรายละเอียดของตำรับทดลองได้แสดงไว้ใน **Table 1** ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 ซม. เพื่อวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ค่า pH (1:1 water) ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (EC_e) ปริมาณอินทรียวัตถุใช้วิธี Walkley and Black (Walkley and Black, 1934) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ใช้วิธี Bray II (Bray and Kurtz, 1945) ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมใช้วิธีสกัดด้วย NH_4OAc pH 7.0 (Pratt, 1965) ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ และเนื้อดินโดยวิธี Pipette (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2558) สำหรับสมบัติบางประการของดินก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน **Table 2**

เตรียมดินโดยใช้รถแทรกเตอร์และปรับพื้นที่ปลูกให้เป็นร่อง ซึ่งมีสันร่องสูงประมาณ 20 ซม. จากนั้น ปลูกข้าวโพดโดยหยอดเมล็ดหลุมละ 2-3 เมล็ด ซึ่งแต่ละหลุมห่างกัน 0.25 เมตร เมื่อข้าวโพดอายุได้ 15 วัน ถอนแยกให้เหลือ 1 ต้นต่อหลุม เตรียมวัสดุอินทรีย์ผสม (organic mixed material, OMM) ระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีแนส (อัตราส่วน 2 : 3 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) โดยชั่งกากตะกอนยีสต์ 2,000 กก. และตวงน้ำวีแนส 3,000 ลิตร ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน และหมักทิ้งไว้ประมาณ 1 เดือน กระทั่งวัสดุผสมมีลักษณะเป็นโคลน จากนั้น ผึ่งให้แห้ง (air dry) บด และร่อนโดยผ่านตะแกรงร่อนขนาด 5 มม. ซึ่งผลการวิเคราะห์ทางเคมีแสดงไว้ใน **Table 2**

การใส่ปุ๋ยเคมี ได้แก่ แอมโมเนียมซัลเฟต (21 %N) ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (42 $\%P_2O_5$) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 $\%K_2O$) แบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งอัตราในแต่ละตำรับทดลอง ที่ระยะ 20 และ 40 วันหลังปลูก ส่วนการใส่วัสดุอินทรีย์ผสม ใส่เพียงครั้งเดียวที่อายุ 20 วันหลังปลูก จากนั้น ใช้จอบสับและคลุกเคล้าวัสดุผสมดังกล่าวให้เข้ากับดิน สำหรับการปลูกครั้งที่ 2 กระทำเหมือนกับการปลูกครั้งที่ 1 โดยใส่ในพื้นที่เดียวกันตามตำรับทดลอง (**Table 1**)

การเก็บข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ได้แก่ น้ำหนักฝักทั้งเปลือก น้ำหนักฝักปอกเปลือก น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด โดยข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-test พร้อมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT (Duncan's multiple range test) นอกจากนี้เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลด้านผลผลิตและองค์ประกอบของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยวิธีการ T-test Independent

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 OMM treatment	control	0-0-0
T_2	the application of OMM of 1,000 kg/rai	OMM_{1000}	9.1-3.1-5.4
T_3	the application of chemical fertilizers containing all major elements (N, P, K) equivalent to 1,000 kg/rai of the OMM	$IF_{OMM-1000}$	9.1-3.1-5.4
T_4	the application of OMM of 500 kg/rai in combinations with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 500 kg/rai of the OMM	OMM_{500}+$IF_{OMM-500}$	9.1-3.1-5.4
T_5	the application of OMM of 2,000 kg/rai	OMM_{2000}	18.2-6.2-10.8
T_6	the application of chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 2,000 kg/rai of the OMM	$IF_{OMM-2000}$	18.2-6.2-10.8
T_7	the application of OMM of 1,000 kg/rai in combinations with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 1,000 kg/rai of the OMM	OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$	18.2-6.2-10.8
T_8	the application of chemical fertilizer based on soil chemical analysis (กรมวิชาการเกษตร, 2553)	IF_{DOA}	20-5-10

Table 2 Initial properties of soil and organic mixed material (OMM) used in this experiment.

Properties	Soil (0-30 cm.)	Properties	OMM
pH (1:1 water)	7.80	pH (3:50)	4.77
EC_e (dS/m)	0.86	EC 1:10 (dS/m)	8.32
Organic matter (g/kg)	0.74	Organic matter (%)	17.22
Available P (mg/kg)	51.56	Total N (%)	0.91
Exchangeable K (mg/kg)	50.28	Total P_2O_5 (%)	0.31
Exchangeable Ca (mg/kg)	1,247	Total K_2O (%)	0.54
Exchangeable Mg (mg/kg)	60.36	Total Ca (%)	0.45
Exchangeable Na (mg/kg)	1.79	Total Mg (%)	0.61
Texture	sandy loam	Total Na (%)	0.88

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาวัสดุอินทรีย์ผสมจากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวมทั้งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินบางประการ ปรากฏผลดังนี้

1. น้ำหนักฝักทั้งเปลือก และน้ำหนักฝักปอกเปลือก

การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือก และน้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (**Table 3**) กล่าวคือ การปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด (2,401.42 และ 2,483.26 กก./ไร่ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM-2000}$) และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ (OMM_{500}+$IF_{OMM-500}$) นอกจากนี้ การปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) มีผลให้น้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด (2,049.63 และ 2,097.70 กก./ไร่ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM-2000}$) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดที่ปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 (**Table 3**) พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) นอกจากนี้ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดเพิ่มขึ้น โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

2. น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ด

การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักเมล็ด และน้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (**Table 4**) กล่าวคือ การปลูกครั้งที่ 1 พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด (1,766.41 กก./ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM-2000}$) ส่วนการปลูกครั้งที่ 2 พบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด (1,810.59 กก./ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM-2000}$) นอกจากนี้ การปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด (379.10 และ 380.21

กรัม ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM-2000}$) การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ (OMM_{500}+$IF_{OMM-500}$) และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดที่ปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 (**Table 4**) พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) นอกจากนี้ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดของข้าวโพดเพิ่มขึ้น โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

Table 3 Two crops data of husk yield and unhusk yield of maize.

Treatments	Husk yield (kg/rai)		T-test	Unhusk yield (kg/rai)		T-test
	Crop 1[1/]	Crop 2[1/]		Crop 1[1/]	Crop 2[1/]	
T_1 = control	1,357.29^{d}	1,342.56^{f}	ns	1,154.45^{e}	1,126.40^{e}	ns
T_2 = OMM_{1000}	1,552.61^{d}	1,574.48^{e}	ns	1,341.40^{d}	1,360.30^{de}	ns
T_3 = $IF_{OMM-1000}$	1,826.34^{c}	1,885.49^{d}	ns	1,544.38^{c}	1,593.40^{cd}	ns
T_4 = OMM_{500}+$IF_{OMM-500}$	2,212.46^{ab}	2,252.26^{bc}	ns	1,824.59^{b}	1,856.60^{ab}	ns
T_5 = OMM_{2000}	2,161.54^{b}	2,185.43^{c}	ns	1,799.28^{b}	1,818.60^{bc}	ns
T_6 = $IF_{OMM-2000}$	2,371.47^{ab}	2,384.65^{ab}	ns	2,008.53^{a}	2,019.50^{ab}	ns
T_7 = OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$	2,401.42^{a}	2,483.26^{a}	*	2,010.40^{a}	2,078.60^{ab}	ns
T_8 = IF_{DOA}	2,395.60^{a}	2,452.31^{a}	ns	2,049.63^{a}	2,097.70^{a}	ns
F-test	**	**		**	**	
CV (%)	17.82	15.37		15.99	18.30	

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

ns = not significantly different at 0.05 probability * indicated significant difference at $P<0.05$

** indicated significant difference at $P<0.01$

Table 4 Two crops data of grain yield and 1,000 grain weight of maize.

Treatments	Grain yield (kg/rai)		T-test	1,000 grain weight (g)		T-test
	Crop 1[1/]	Crop 2[1/]		Crop 1[1/]	Crop 2[1/]	
T_1 = control	917.43[e]	894.40[f]	ns	316.60[c]	315.85[c]	ns
T_2 = OMM_{1000}	1,158.50[d]	1,174.49[e]	ns	345.63[b]	345.75[b]	ns
T_3 = $IF_{OMM-1000}$	1,330.36[c]	1,372.63[d]	ns	345.83[b]	346.12[b]	ns
T_4 = OMM_{500}+$IF_{OMM-500}$	1,564.43[b]	1,592.39[bc]	ns	373.93[a]	374.10[a]	ns
T_5 = OMM_{2000}	1,551.44[b]	1,568.39[c]	ns	367.50[a]	368.20[a]	ns
T_6 = $IF_{OMM-2000}$	1,720.61[a]	1,733.47[ab]	ns	374.40[a]	375.12[a]	ns
T_7 = OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$	1,738.35[a]	1,810.59[a]	*	374.50[a]	375.22[a]	ns
T_8 = IF_{DOA}	1,766.41[a]	1,800.58[a]	ns	379.10[a]	380.21[a]	ns
F-test	**	**		**	**	
CV (%)	13.83	15.70		12.20	11.05	

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

ns = not significantly different at 0.05 probability * indicated significant difference at $P<0.05$

** indicated significant difference at $P<0.01$

3. สมบัติของดินบางประการ ภายหลังการใช้วัสดุอินทรีย์ผสมสำหรับการปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ค่า pH, EC_e, ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (**Table 5**) กล่าวคือ การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) มีผลให้ค่า pH ของดินต่ำที่สุด (pH 6.44) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) ทั้งนี้เป็นเพราะวัสดุอินทรีย์ผสมที่ใช้ทดลองมีค่า pH เป็นกรดจัดมาก (**Table 2**) ประกอบกับปุ๋ยเคมีที่ใช้เป็นปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21%N) ซึ่งในสภาพดินไร่ที่มีการถ่ายเทอากาศดีจะส่งผลให้แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) ที่เกิดจากการแปรสภาพของปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตถูกออกซิไดซ์กระทั่งก่อให้เกิดไฮโดรเจนไอออน (H^+) จึงมีผลตกค้างทำให้ดินเป็นกรดได้ (ยงยุทธ และคณะ, 2551; ชาลินี และคณะ, 2561)

ส่วนการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) มีผลให้ค่า EC_e ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินสูงที่สุด (1.58 dS/m, 1.68 เปอร์เซ็นต์, 68.21 และ 69.21 mg/kg ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}) โดยเป็นที่สังเกตว่าการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียวมีแนวโน้มให้ค่า EC_e และปริมาณอินทรียวัตถุของดินสูงกว่าการใส่วัสดุอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะวัสดุอินทรีย์ผสมมีค่า EC_e ในระดับเค็มมาก มีปริมาณอินทรียวัตถุในระดับสูงมาก (**Table 2**)

จึงส่งผลให้ค่า EC_e และปริมาณอินทรียวัตถุของดินสูงกว่าตำรับทดลองอื่นๆ โดยผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของธนศมณฑ์ และคณะ (2561) ที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียวกับข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในอัตราสูง พบว่า มีผลให้ค่า EC_e และปริมาณอินทรียวัตในดินภายหลังการทดลองเพิ่มขึ้นเช่นกัน

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น ให้ข้อสังเกตว่าการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมร่วมกับปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว หรือการใส่วัสดุผสมแต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ Ripusudan et al. (2000) จันจิรา และคณะ (2552) กัญญณัฏฐ์ และคณะ (2555) ชัยวัฒน์ และคณะ (2558) และธนศมณฑ์ และคณะ (2561) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปุ๋ยเคมีสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับข้าวโพดได้อย่างอย่างรวดเร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต ขณะที่วัสดุอินทรีย์ผสมจะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตเมื่อระยะเวลานานขึ้น ในทางตรงกันข้ามพบว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและวัสดุอินทรีย์ผสม (control) มีผลให้ผลผลิตของข้าวโพดต่ำที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะการปลูกพืชที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยในระยะยาวจะมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดน้อยลง และไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืช นอกจากนี้การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราสูง มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่า EC_e และปริมาณอินทรียวัตถุในดิน โดยเฉพาะค่า EC_e ของดินที่เพิ่มขึ้นแม้จะไม่มากในช่วงที่ทำการทดลอง แต่ในระยะยาวหากนำวัสดุอินทรีย์ผสมดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร ก็ควรคำนึงถึงค่า EC_e ที่สูงขึ้นซึ่งอาจมีผลกระทบต่อพืชที่ปลูกได้

Table 5 Properties of soil after two crops of planting maize.

Treatments	pH (1:1)[1/]	EC_e (dS/m)[1/]	OM (g/kg)[1/]	Avail. P (mg/kg)[1/]	Exch. K (mg/kg)[1/]
before experiment	7.80	0.86	0.74	51.56	50.28
T_1 = control	7.61^{a}	0.92^{d}	0.78^{g}	52.34^{e}	52.14^{e}
$T_2 = OMM_{1000}$	7.06^{b}	1.38^{ab}	1.43^{bc}	63.25^{abc}	63.33^{b}
$T_3 = IF_{OMM\text{-}1000}$	7.59^{a}	1.02^{d}	0.92^{f}	53.56^{de}	54.52^{de}
$T_4 = OMM_{500}+IF_{OMM\text{-}500}$	7.58^{a}	1.32^{bc}	1.36^{cd}	62.31^{bc}	62.36^{bc}
$T_5 = OMM_{2000}$	6.44^{c}	1.58^{a}	1.68^{a}	68.21^{a}	69.21^{a}
$T_6 = IF_{OMM\text{-}2000}$	7.49^{a}	1.12^{cd}	1.10^{e}	56.54^{de}	56.23^{de}
$T_7 = OMM_{1000}+IF_{OMM\text{-}1000}$	6.76^{bc}	1.42^{ab}	1.54^{b}	64.01^{ab}	65.58^{ab}
$T_8 = IF_{DOA}$	7.45^{a}	1.24^{bc}	1.28^{d}	58.24^{cd}	58.57^{cd}
F-test	**	**	**	**	**
CV (%)	12.67	9.18	15.87	14.93	14.23

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

** indicated significant difference at $P<0.01$

สรุป

จากการศึกษาผลของวัสดุอินทรีย์ผสมต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ รวมทั้งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินบางประการสามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ นอกจากนี้ การปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีผลให้น้ำหนักฝักปอกเปลือกของข้าวโพดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่

2. การปลูกครั้งที่ 1 พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ส่วนการปลูกครั้งที่ 2 พบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา1,000 กก./ไร่ มีผลให้น้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่

3. เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักฝักทั้งเปลือกและน้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดที่ปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักฝักทั้งเปลือกและน้ำหนักเมล็ดของข้าวโพดเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา1,000 กก./ไร่

4. การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ มีผลให้ค่า pH ของดินต่ำที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ส่วนการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ มีผลให้ค่า EC ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินสูงที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา1,000 กก./ไร่ และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาวิชาการ ระหว่างภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับ ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรงงานผลิตปุ๋ยเยื่อแม้นพงศ์ รวมทั้งบริษัท วาย.วี.พี เฟอร์ติไลเซอร์ จำกัด ที่สนับสนุนปุ๋ยเคมีตลอดระยะการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

เกียรติศักดิ์ สนศรี และชัยสิทธิ์ ทองจู. 2561. ผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดเหลวต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. วารสารดินและปุ๋ย 40: 27-38.

กัญณัฏฐ์ ภรณ์สิริภัสร์, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ศุภชัย อำคา, จุฑามาศ ร่มแก้ว, ชาลินี คงสุด และวิชญ์ ชินธรรมมิตร. 2555. ผลของปุ๋ยหมักกาก

สบู่ดำต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์, น. 1235-1247. *ใน* การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 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. *ใน* การประชุมทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

ชาลินี คงสุด, ชัยสิทธิ์ ทองจู, จุฑามาศ ร่มแก้ว และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. 2561. ผลของปุ๋ยอินทรีย์จากผลพลอยได้โรงงานน้ำตาลต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของอ้อยและสมบัติบางประการของดิน. วารสารแก่นเกษตร. 46: 623-632.

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

ทิพวรรณ แก้วหนู, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ธงชัย มาลา, ศุภชัย อำคา, วิภาวรรณ ท้ายเมือง, ชาลินี คงสุด, ธีรยุทธ คล้ำชื่น, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์ และศิริสุดา บุตรเพชร. 2557. ผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากกากตะกอนยีสต์และน้ำวีแนสต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง, 53-66 น. *ใน* การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 11 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

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

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

นฤพน รักขยัน, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ศุภชัย อำคา, จุฑามาศ ร่มแก้ว และ ศิริสุดา บุตรเพชร. 2556. การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าว, น. 100-110. *ใน* การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

ปิยมาภรณ์ เจริญสุข, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ศุภชัย อำคา และจุฑามาศ ร่มแก้ว. 2552. ผลของการใช้สารเพอไลต์ร่วมกับปุ๋ยเคมีต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, น. 39-50. *ใน* การประชุมทางวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

พฤหัส ศรีขวัญ, ชัยสิทธิ์ ทองจู, จุฑามาศ ร่มแก้ว และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. 2560. ผลของปุ๋ยไนโตรเจนปลดปล่อยช้าที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 6 : 10-21.

พงษ์นรินทร์ นิ่มนวล, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ศุภชัย อำคา, ปิยะ กิตติภาดากุล และศิริสุดา บุตรเพชร. 2556. การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง, น. 73-85. *ใน* การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

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

วิษณุ จีนยิ้ว, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ศุภชัย อำคา, ทศพล พรพรหม และ ศิริสุดา บุตรเพชร. 2556. การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตของอ้อย, น. 86-99. *ใน* การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม.

สันติภาพ ทองอุ่น, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ธงชัย มาลา, ศุภชัย อำคา, วิภาวรรณ ท้ายเมือง, ชาลินี คงสุด, ธีรยุทธ คล้ำชื่น, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์ และศิริสุดา บุตรเพชร. 2557. ผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากกากตะกอนยีสต์และน้ำวีแนสต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยตอปีที่ 1, 39-52 น. ใน การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 11 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

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.

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.

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: 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.