การใช้ประโยชน์วัสดุอินทรีย์ผสมจากผลพลอยได้โรงงานผงชูรสและขี้เถ้าลอยต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง และสมบัติของดินบางประการ

Utilization of Organic Mixed Material (OMM) from by-Product of Monosodium Glutamate Factory and Fly Ash on Yield of Cassava and Some Soil Properties

ธีรยุทธ คล้ำชื่น[1] ชัยสิทธิ์ ทองจู[2*] เกวลิน ศรีจันทร์[2] ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย[2] อัญธิชา พรมเมืองคุก[2] สิรินภา ช่วงโอภาส[2] สุชาดา กรุณา[2] ศิริสุดา บุตรเพชร[2] ชาลินี คงสุด[3] และธรรมธวัช แสงงาม[3]

Teerayut Klumchaun[1] Chaisit Thongjoo[2*] Kavalin Srichan[2] Tawatchai Inboonchuay[2] Aunthicha Phommuangkhuk[2] Sirinapa Chungopast[2] Suchada Karuna[2] Sirisuda Bootpetch[2] Chalinee Khongsud[3] and Thamthawat Saengngam[3]

Abstract: The aim of this study was to investigate the effects of organic mixed material (OMM) from by-product of monosodium glutamate (ami-ami) factory and fly ash (1:1 by volume/weight) on yield of cassava (var. Huay Bong 60) and some soil properties. The experiment was done for 2 crops in a Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications and consisting of eight treatments. The study revealed that the application of OMM at 1,000 kg/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 1,000 kg/rai of the OMM affected on the highest of fresh root yield and starch yield, followed by that of the applications of chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 2,000 kg/rai of the OMM. Furthermore, the application of OMM at 1,000 kg/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 1,000 kg/rai of the OMM effected on the highest of average weight/root which was not different from the application of chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 2,000 kg/rai of the OMM and the application of OMM at 2,000 kg/rai. After experiment, it was found that the application of OMM at 2,000 kg/rai affected on the highest of pH, ECe and organic matter of soil which were not different from the application of OMM at 1,000 kg/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 1,000 kg/rai of the OMM and the application of OMM at 1,000 kg/rai. While, the application of OMM at 2,000 kg/rai affected on the highest of exchangeable Na of soil which was not different from the application of OMM at 1,000 kg/rai in combination with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 1,000 kg/rai of the OMM.

Keywords: by-product of monosodium glutamate (ami-ami) factory, fly ash, cassava

[1]คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12130
[2]ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140
[3]ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140
[1]Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani 12130.
[2]Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhorn Pathom, 73140.
[3]Research and Academic Service Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhorn Pathom, 73140.
* Corresponding author: agrcht@ku.ac.th และ thongjuu@yahoo.com

บทคัดย่อ: ศึกษาผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอย (อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร/น้ำหนัก) ต่อผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และสมบัติของดินบางประการ โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำการปลูก 2 ครั้ง จำนวน 3 ซ้ำ 8 ตำรับทดลอง ผลการทดลอง พบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ มีผลให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังมากที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ นอกจากนี้ การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ยังมีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ภายหลังการทดลอง พบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ มีผลให้ค่า pH, ECe และปริมาณอินทรียวัตถุของดินมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ขณะที่การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ มีผลให้ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่

คำสำคัญ: ผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ), ขี้เถ้าลอย, มันสำปะหลัง

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างมากของประเทศไทย โดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2560) รายงานว่าประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 8.92 ล้านไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยว 8.71 ล้านไร่ ได้ผลผลิตหัวมันสด 30.50 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ 3.50 ตัน/ไร่ ปัจจุบันมีการขยายการส่งออกมันสำปะหลังในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป และการเปิดตลาดกับประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งเป็นสมาชิกองค์การการค้าโลก ทำให้มีโอกาสเพิ่มการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไปยังจีนได้มากขึ้น นอกจากนี้ รัฐบาลไทยได้อนุมัติและสนับสนุนการสร้างโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ส่งผลให้ความต้องการผลผลิตหัวสดมันสำปะหลังในปัจจุบันและอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) โรงงานอุตสาหกรรมโดยมากมักมีผลพลอยได้เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก เช่น กากตะกอนยีสต์ และน้ำวีแนสจากโรงงานผลิตเอทานอล กากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสียและขี้เถ้าลอยจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ กากมันสำปะหลัง และเปลือกมันหมักจากโรงงานผลิตแป้งมัน ผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) เป็นต้น โดยผลพลอยได้ดังกล่าวมีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย จึงอาจก่อให้เกิดปัญหากระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางดิน น้ำ และอากาศในระยะยาวได้ (Thongjoo *et al*., 2005) ที่ผ่านมามีรายงานไม่มากนักเกี่ยวกับการนำผลพลอยได้ชนิดต่างๆ มาใช้ประโยชน์ในแง่ปุ๋ยกับมันสำปะหลัง เช่น การใช้วัสดุอินทรีย์ผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีแนส (พงษ์นรินทร์ และคณะ, 2556; ทิพวรรณ และคณะ, 2557) ผลพลอยได้จากโรงงานผงชูรส (ธนูชัย, 2550; ภาณุพงศ์ และคณะ, 2557) เป็นต้น จึงเกิดแนวคิดว่าหากมีการนำอามิ-อามิจากโรงงานผลิตผงชูรส และขี้เถ้าลอยจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษมาผสมเป็นวัสดุอินทรีย์ และหาแนวทางการใช้ประโยชน์ในแง่การทดแทนปุ๋ย หรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยพิจารณาจากผลของวัสดุอินทรีย์ผสมดังกล่าวที่มีต่อผลผลิตองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง รวมทั้งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินบางประการ

ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำผลพลอยได้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมแล้ว ยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งของผลพลอยได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อผลผลิตองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และสมบัติของดินบางประการ ในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2556-เดือนมีนาคม พ.ศ. 2557 (ปีที่ 1) และช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2557-เดือนมีนาคม พ.ศ. 2558 (ปีที่ 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 6 เมตร ยาว 6 เมตร จำนวน 5 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 1 เมตร เก็บข้อมูลผลผลิตของมันสำปะหลังเฉพาะ 3 แถวกลาง เว้นหัวและท้ายแถวประมาณ 1 เมตร 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) ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (available water capacity, AWCA) และเนื้อดิน สำหรับสมบัติบางประการของดินก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน Table 2

เตรียมวัสดุอินทรีย์ผสมระหว่างอามิ-อามิและขี้เถ้าลอย (อัตราส่วน 1 : 1 โดยปริมาตร/น้ำหนัก) โดยตวงอามิ-อามิ 2,000 ลิตร และชั่งขี้เถ้าลอย 2,000 กก. ผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน และหมักทิ้งไว้ประมาณ 1 เดือน จากนั้น ผึ่งให้แห้ง (air dry) บด และร่อนโดยผ่านตะแกรงร่อนขนาด 5 มม. (ธนศมณฑ์ และคณะ, 2555) สำหรับสมบัติบางประการของวัสดุอินทรีย์ผสมก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน Table 2 การใส่ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21 %N) ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (46 %P_2O_5) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 %K_2O) แบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งอัตราในแต่ละตำรับทดลอง ที่อายุ 2 และ 4 เดือนหลังปลูก โดยตำรับทดลองที่ 3 และ 7 ใส่อัตรา 9.60, 10.30 และ 10.10 กก.N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ ตำรับทดลองที่ 4 ใส่อัตรา 4.8, 5.15 และ 5.05 กก.N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ ตำรับทดลองที่ 6 ใส่อัตรา 19.2, 20.6 และ 20.2 กก.N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ และตำรับทดลองที่ 8 ใส่อัตรา 16 และ 8 กก.N และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2553) ส่วนการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมใส่เพียงครั้งเดียวที่อายุ 2 เดือนหลังปลูก จากนั้น ใช้จอบสับและคลุกเคล้าวัสดุผสมดังกล่าวให้เข้ากับดิน โดยตำรับทดลองที่ 2 และ 5 ใส่วัสดุอินทรีย์ผสมในอัตรา 1,000 และ 2,000 กก./ไร่ ตามลำดับ ส่วนตำรับทดลองที่ 4 และ 7 ใส่วัสดุอินทรีย์ผสมในอัตรา 500 และ 1,000 กก./ไร่ ตามลำดับ

การเก็บข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน ได้แก่ ผลผลิตหัวสด น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด และผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ นอกจากนี้ ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ระยะ 1 และ 2 ปี ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินในแต่ละตำรับทดลองเพื่อวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ค่า pH (1:1) ค่า ECe ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ และค่า AWCA ข้อมูลผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และสมบัติบางประการของดินที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-test พร้อมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT (Duncan's multiple range test) นอกจากนี้ เปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลด้านผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และสมบัติบางประการของดินด้วยวิธีการ t-test Independent

Table 1 Detail of treatments

Treatments	Description	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}	9.6-10.3-10.1
T_3	the application of chemical fertilizers containing all major elements (N, P, K) equivalent to 1,000 kg/rai of the OMM	$IF_{OMM-1000}$	9.6-10.3-10.1
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}+IFO_{MM-500}	9.6-10.3-10.1
T_5	the application of OMM of 2,000 kg/rai	OMM_{2000}	19.2-20.6-20.2
T_6	the application of chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 2,000 kg/rai of the OMM	$IF_{OMM-2000}$	19.2-20.6-20.2
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}+IFO-MM-1000	19.2-20.6-20.2
T_8	the application of chemical fertilizer based on soil chemical analysis	IF_{DOA}	16-0-8

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

Properties	Soil	Properties	Ami-ami	Fly ash	OMM (1:1 by volume/weight)
pH (1:1 water)	6.10	pH (3:50)	4.00	10.21	7.46
EC_e (dS/m)	0.44	EC 1:10 (dS/m)	30.14	4.14	10.64
Organic matter (%)[1/]	0.77	Organic matter (%)	15.12	0.08	7.49
Available P (mg/kg)[2/]	34.14	Total N (%)	4.32	0.04	0.96
Exchangeable K (mg/kg)[3/]	42.84	Total P2O5 (%)	1.53	0.12	1.03
Exchangeable Ca (mg/kg)[3/]	873	Total K2O (%)	4.11	0.64	1.01
Exchangeable Mg (mg/kg)[3/]	59.71	Total Ca (%)	0.02	5.14	1.58
Exchangeable Na (mg/kg)	6.45	Total Mg (%)	0.12	0.91	0.64
Available moisture capacity (% by mass)[4/]	12.79	Total Na (%)	2.24	0.72	1.78
Texture[5/]	loamy sand				

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/] = ภาควิชาปฐพีวิทยา (2551)

[5/] = Pipette method (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2558)

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง และสมบัติของดินบางประการ ในช่วงเดือนเมษายน 2556-เดือนมีนาคม พ.ศ. 2557 (ปีที่ 1) และช่วงเดือนเมษายน 2557-เดือนมีนาคม พ.ศ. 2558 (ปีที่ 2) ปรากฏผลดังนี้

1. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง

1.1 น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว และผลผลิตหัวสด

การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว และผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3) กล่าวคือ การปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM\text{-}1000}$) มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังมากที่สุด (0.56 และ 0.60 กก./หัว ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM\text{-}2000}$) นอกจากนี้ การปลูกครั้งที่ 1 พบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM\text{-}1000}$) มีผลให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (11.88 ตัน/ไร่) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM\text{-}2000}$) ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) ส่วนการปลูกครั้งที่ 2 พบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM\text{-}1000}$) มีผลให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (12.21 ตัน/ไร่) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM\text{-}2000}$) และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ (OMM_{500}+$IF_{OMM\text{-}500}$) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวและผลผลิตหัวสดน้อยที่สุดในการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 (0.31 และ 0.26 กก./หัว, 5.89 และ 4.32 ตัน/ไร่ ตามลำดับ)

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว และผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่ปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 (Table 3) พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM\text{-}1000}$) และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM\text{-}1000}$) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}) การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ (OMM_{500}+$IF_{OMM\text{-}500}$) และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) นอกจากนี้ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังลดลงโดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

Table 3 Two years data of average weight/root and fresh root yield of cassava.

Treatments	Average weight/root (kg)		t-test	Fresh root yield (ton/rai)		t-test
	1st year	2nd year		1st year	2nd year	
T_1 = control	0.31$^{c\ 1/}$	0.26$^{c\ 1/}$	ns	5.89$^{d\ 1/}$	4.32$^{e\ 1/}$	**
T_2 = OMM_{1000}	0.41^{bc}	0.43^{b}	ns	8.61^{c}	8.75^{cd}	**
T_3 = $IF_{OMM-1000}$	0.43^{b}	0.44^{b}	ns	8.73^{c}	8.86^{cd}	*
T_4 = OMM_{500}+$IF_{OMM-500}$	0.44^{b}	0.45^{b}	ns	8.80^{c}	9.21^{c}	**
T_5 = OMM_{2000}	0.42^{bc}	0.46^{b}	ns	9.12^{bc}	9.45^{c}	**
T_6 = $IF_{OMM-2000}$	0.55^{a}	0.5^{7a}	ns	10.29^{b}	10.46^{b}	ns
T_7 = OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$	0.56^{a}	0.60^{a}	ns	11.88^{a}	12.21^{a}	*
T_8 = IF_{DOA}	0.40^{bc}	0.41^{b}	ns	8.10^{c}	8.32^{d}	ns
F-test	**	**		**	**	
C.V. (%)	13.73	10.22		16.81	14.82	

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

** indicated significant difference at p< 0.01

ns =non-significant

1.2 เปอร์เซ็นต์แป้งและผลผลิตแป้งต่อพื้นที่

การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ เปอร์เซ็นต์แป้ง และผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือ การปลูกครั้งที่ 1 พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 27.10-28.73 เปอร์เซ็นต์ ยกเว้น การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) ส่วนการปลูกครั้งที่ 2 พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 27.07-28.93 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ การปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 พบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) มีผลให้ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังมากที่สุด (3.41 และ 3.53 ตัน/ไร่ ตามลำดับ) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM-2000}$) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้ง และผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังน้อยที่สุดในการปลูกครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 (22.77 และ 22.03 เปอร์เซ็นต์, 1.34 และ 0.95 ตัน/ไร่ ตามลำดับ)

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์แป้งและผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังที่ปลูกครั้งที่ 1 กับครั้งที่ 2 (Table 3) พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ (OMM_{500}+$IF_{OMM-500}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM-2000}$) และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในตำรับทดลองที่มี

การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}) การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM-1000}$) การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) นอกจากนี้ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางทางสถิติ ในตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ (OMM_{500}+$IF_{OMM-500}$) และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งและผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังลดลง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ

Table 4 Two years data of starch contents and starch yield of cassava.

Treatments	Starch contents (%)		t-test	Starch yield (ton/rai)		t-test
	1st year	2nd year		1st year	2nd year	
T_1 = control	22.77$^{c\ 1/}$	22.03$^{b\ 1/}$	**	1.34$^{e\ 1/}$	0.95$^{f\ 1/}$	**
T_2 = OMM_{1000}	27.10^{ab}	27.97^{a}	**	2.33^{c}	2.45^{d}	ns
T_3 = $IF_{OMM-1000}$	27.40^{ab}	28.00^{a}	**	2.39^{c}	2.48^{d}	ns
T_4 = OMM_{500}+$IF_{OMM-500}$	27.43^{ab}	28.30^{a}	*	2.41^{c}	2.61^{cd}	**
T_5 = OMM_{2000}	27.50^{ab}	28.33^{a}	**	2.51^{c}	2.68^{c}	ns
T_6 = $IF_{OMM-2000}$	28.00^{ab}	28.40^{a}	*	2.88^{b}	2.97^{b}	ns
T_7 = OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$	28.73^{a}	28.93^{a}	ns	3.41^{a}	3.53^{a}	**
T_8 = IF_{DOA}	26.20^{b}	27.07^{a}	**	2.12^{d}	2.25^{e}	ns
F-test	**	**		**	**	
C.V. (%)	13.52	14.56		14.58	13.59	

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

** indicated significant difference at p< 0.01

ns =non-significant

2. สมบัติของดินบางประการ ภายหลังการใช้วัสดุอินทรีย์ผสมสำหรับการปลูกมันสำปะหลัง

2.1 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC_e) ของดิน

การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ค่า pH และ EC_e ของดิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 5) กล่าวคือ ภายหลังการเก็บเกี่ยวปีที่ 1 พบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) มีผลให้ค่า pH ของดินมากที่สุด (pH 7.11) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}) และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ (OMM_{500}+$IF_{OMM-500}$) ส่วนภายหลังการเก็บเกี่ยวปีที่ 2 พบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) มีผลให้ค่า pH ของดินมากที่สุด (pH 7.32) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่

(OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) นอกจากนี้ ภายหลังการเก็บเกี่ยวปีที่ 1 พบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) มีผลให้ค่า EC_e ของดินมากที่สุด (1.86 dS/m) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}) และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ (OMM_{500}+$IF_{OMM-500}$) ส่วนภายหลังการเก็บเกี่ยวปีที่ 2 พบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) มีผลให้ค่า EC_e ของดินมากที่สุด (2.23 dS/m) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM1000) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ค่า pH และ EC_e ของดินต่ำที่สุดภายหลังการเก็บเกี่ยวปีที่ 1 และปีที่ 2 (pH 6.21 และ pH 6.24, 0.62 และ 0.67 dS/m ตามลำดับ)

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบค่า pH และ EC_e ของดิน ภายหลังการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังปีที่ 1 กับปีที่ 2 (Table 5) พบว่า ตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM-1000}$) การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM-2000}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) มีผลให้ค่า pH ของดินลดลงโดยไม่แตกต่างกันทางสถิติ ขณะที่ทุกตำรับทดลองมีผลให้ค่า EC_e ของดินเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000})

Table 5 pH and EC_e of soil after two years of planting cassava.

Treatments	pH		t-test	EC_e (dS/m)		t-test
	1st year	2nd year		1st year	2nd year	
T_1 = control	6.21$^{d\,1/}$	6.24$^{d\,1/}$	ns	0.62$^{d\,1/}$	0.67$^{f\,1/}$	ns
T_2 = OMM_{1000}	6.91^{ab}	6.98^{b}	ns	1.66^{ab}	1.78^{bc}	ns
T_3 = $IF_{OMM-1000}$	6.44^{cd}	6.38^{cd}	ns	1.22^{c}	1.37^{d}	ns
T_4 = OMM_{500}+$IF_{OMM-500}$	6.85^{abc}	6.92^{b}	ns	1.56^{abc}	1.65^{c}	ns
T_5 = OMM_{2000}	7.11^{a}	7.32^{a}	ns	1.86^{a}	2.23^{a}	**
T_6 = $IF_{OMM-2000}$	6.67^{bc}	6.60^{c}	ns	1.35^{bc}	1.44^{d}	ns
T_7 = OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$	6.95^{ab}	7.10^{ab}	ns	1.75^{a}	1.95^{b}	ns
T_8 = IF_{DOA}	6.59^{bcd}	6.56^{c}	ns	0.86^{d}	0.96^{e}	ns
F-test	**	**		**	**	
C.V. (%)	13.34	12.05		15.00	9.16	

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

** indicated significant difference at p< 0.01

ns =non-significant

2.2 ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน

การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 6) กล่าวคือ ภายหลังการเก็บเกี่ยวปีที่ 1 พบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมากที่สุด (1.76 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}) ส่วนภายหลังการเก็บเกี่ยวปีที่ 2 พบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินมากที่สุด (1.97 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) นอกจากนี้ ภายหลังการเก็บเกี่ยวปีที่ 1 และปีที่ 2 พบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) มีผลให้ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินมากที่สุด (32.27 และ 48.53 mg/kg ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุและปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินต่ำที่สุดภายหลังการเก็บเกี่ยวปีที่ 1 และปีที่ 2 (12.44 และ 14.72 mg/kg ตามลำดับ)

อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน ภายหลังการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังปีที่ 1 กับปีที่ 2 (Table 6) พบว่า ทุกตำรับทดลองมีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุในดินเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) ขณะที่ทุกตำรับทดลองมีผลให้ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินเพิ่มขึ้น โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}) การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ (OMM_{500}+$IF_{OMM-500}$) การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$)

2.3 ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (AWCA)

การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ความจุความชื้นที่เป็นประโยชน์ (AWCA) ของดิน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 7) กล่าวคือ ภายหลังการเก็บเกี่ยวปีที่ 1 พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ AWCA ของดินใกล้เคียงกันในช่วง 15.83-17.12 เปอร์เซ็นต์โดยมวล) ยกเว้น การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA}) ส่วนภายหลังการเก็บเกี่ยวปีที่ 2 พบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) มีผลให้ AWCA ของดินมากที่สุด (18.65 เปอร์เซ็นต์โดยมวล) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}) และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ (OMM_{500}+$IF_{OMM-500}$) อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบ AWCA ของดิน ภายหลังการเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังปีที่ 1 กับปีที่ 2 (Table 6) พบว่า ทุกตำรับทดลองมีผลให้ AWCA ของดินเพิ่มขึ้น โดยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

นอกจากนี้ มีข้อสังเกตว่าการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียวมีแนวโน้มให้ค่า pH, ECe ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ และ AWCA ของดินสูงกว่าการใส่วัสดุอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะ

วัสดุอินทรีย์ผสมมีค่า pH เป็นด่างเล็กน้อย ค่า EC_e อยู่ในระดับเค็มมาก ปริมาณอินทรียวัตถุในระดับสูงมาก และมีปริมาณโซเดียมทั้งหมดประมาณ 2 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) จึงส่งผลให้ค่า pH, EC_e ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินสูงกว่าตำรับทดลองอื่นๆ โดยผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของชัยสิทธิ์ และคณะ (2560) ที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียวกับอ้อยในอัตราสูง พบว่า มีผลให้ค่า EC_e และปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินภายหลังการทดลองเพิ่มขึ้น

Table 6 Organic matter and exch. Na of soil after two years of planting cassava.

Treatments	Organic matter (%)		t-test	Exch. Na (mg/kg)		t-test
	1st year	2nd year		1st year	2nd year	
T_1 = control	0.78$^{e\ 1/}$	0.81$^{f\ 1/}$	ns	12.44$^{e\ 1/}$	14.72$^{e\ 1/}$	ns
$T_2 = OMM_{1000}$	1.56^{abc}	1.67^{bc}	ns	26.52^{bc}	38.72^{b}	**
$T_3 = IF_{OMM\text{-}1000}$	1.12^{d}	1.22^{e}	ns	18.59^{d}	22.65^{d}	ns
$T_4 = OMM_{500}+IF_{OMM\text{-}500}$	1.45^{bc}	1.53^{cd}	ns	24.60^{c}	34.56^{b}	**
$T_5 = OMM_{2000}$	1.76^{a}	1.97^{a}	*	32.27^{a}	48.53^{a}	**
$T_6 = IF_{OMM\text{-}2000}$	1.33^{cd}	1.38^{de}	ns	21.40^{cd}	28.76^{c}	ns
$T_7 = OMM_{1000}+IF_{OMM\text{-}1000}$	1.66^{ab}	1.78^{ab}	ns	30.32^{ab}	45.56^{a}	**
$T_8 = IF_{DOA}$	0.87^{e}	0.95^{f}	ns	16.43^{de}	19.72^{d}	ns
F-test	**	**		**	**	
C.V. (%)	11.25	8.45		13.41	11.71	

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

Table 7 AWCA of soil after two years of planting cassava.

Treatments	AWCA (% by weight)		t-test
	1st year	2nd year	
T_1 = control	13.67$^{c\ 1/}$	14.30$^{c\ 1/}$	ns
$T_2 = OMM_{1000}$	16.35^{a}	18.13^{a}	ns
$T_3 = IF_{OMM\text{-}1000}$	15.83^{ab}	17.06^{b}	ns
$T_4 = OMM_{500}+IF_{OMM\text{-}500}$	16.18^{a}	17.71^{ab}	ns
$T_5 = OMM_{2000}$	17.12^{a}	18.65^{a}	ns
$T_6 = IF_{OMM\text{-}2000}$	15.87^{ab}	17.12^{b}	ns
$T_7 = OMM_{1000}+IF_{OMM\text{-}1000}$	16.97^{a}	18.34^{a}	ns
$T_8 = IF_{DOA}$	14.56^{bc}	16.86^{b}	ns
F-test	**	**	
C.V. (%)	25.22	31.82	

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

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น ให้ข้อสังเกตว่าการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมร่วมกับปุ๋ยเคมี มีแนวโน้มให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว หรือการใส่วัสดุผสมแต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของพงษ์นรินทร์ และคณะ (2556) ทิพวรรณ และคณะ (2557) และ ภาณุพงศ์ และคณะ (2557) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปุ๋ยเคมีสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับมันสำปะหลังได้อย่างรวดเร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต ขณะที่วัสดุอินทรีย์ผสมจะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตเมื่อระยะเวลานานขึ้น ในทางตรงกันข้ามพบว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและวัสดุอินทรีย์ผสม (control) มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังต่ำที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะการปลูกพืชที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยในระยะยาวจะมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดน้อยลง และไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืช (ทิพวรรณ และคณะ, 2557; ภาณุพงศ์ และคณะ, 2557) นอกจากนี้ การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราสูง มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่า pH, ECe และปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ดังนั้น การนำวัสดุอินทรีย์ผสมดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร จึงควรคำนึงถึงค่า pH และ ECe ที่สูงขึ้นหรือปริมาณการสะสมของโซเดียมในดินระยะยาวด้วย

สรุป

จากการศึกษาผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง และสมบัติของดินบางประการ ในช่วงเดือนเมษายน 2556-เดือนมีนาคม พ.ศ. 2557 (ปีที่ 1) และช่วงเดือนเมษายน 2557-เดือนมีนาคม พ.ศ. 2558 (ปีที่ 2) สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ มีผลให้ผลผลิตหัวสด และผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังมากที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ นอกจากนี้ การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ยังมีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่

2. การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ มีผลให้ค่า pH, EC_e และปริมาณอินทรียวัตถุของดินมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ขณะที่การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ มีผลให้ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาวิชาการ ระหว่างภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับ บริษัท อายิโนะโมะโต๊ะ (ประเทศไทย) จำกัด

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

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

ชัยสิทธิ์ ทองจู, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ศุภชัย อำคา และ ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. 2560. ผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากผลพลอยได้ของโรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตอ้อย และสมบัติของดิน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 6 (1) : 21-32.

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, นครปฐม.

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

ธนูชัย กองแก้ว. 2550. การประยุกต์ใช้กากน้ำตาลผงชูรส (น้ำอามิ-อามิ) เป็นปุ๋ยสำหรับมันสำปะหลัง. วารสารแก่นเกษตร 35 (4): 411-418.

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

ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2551. คู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินทางฟิสิกส์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

ภาณุพงศ์ ชลชลา, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ธงชัย มาลา, ศุภชัย อำคา, วิภาวรรณ ท้ายเมือง, ชาลินี คงสุด, ธีรยุทธ คล้ำชื่น, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์ และศิริสุดา บุตรเพชร. 2557. ผลของการใช้กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง, 67-80 น. ใน การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 11 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2554-2556. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

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., 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.