ผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง และสมบัติของดิน

Effects of organic mixed material (OMM) from by-product of monosodium glutamate (ami-ami) factory and fly ash on yield of cassava and soil properties

ธีรยุทธ คล้ำชื่น[1], ชัยสิทธิ์ ทองจู[1*], ทศพล พรพรหม[2] และ ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย[1]

Teerayut Klumchaun[1], Chaisit Thongjoo[1*], Tosapon Pornprom[2] and Tawatchai Inboonchuay[1]

บทคัดย่อ: ศึกษาผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และสมบัติของดิน โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ผลการทดลอง พบว่า การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ มีผลให้ผลผลิตหัวสด และปริมาณแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังมากที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ นอกจากนี้ การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ยังมีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว และปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ภายหลังการทดลอง พบว่า การใส่วัสดุผสมอย่างเดียวในอัตราสูง มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่าพีเอช ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ และค่า available water capacity (AWCA) ของดิน

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

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 on yield of cassava *var.* Huay Bong 60 and soil properties. Experimental design was randomized complete block (RCBD) consisted of 8 treatments. The study revealed that the application of OMM of 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 fresh tuberous root and starch yield, followed by that the applications of chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 2,000 kg/rai of the OMM. Furthermore, the application of OMM of 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/tuberous root and concentrations of N, P, K in tuberous root yield which were not different from the applications of chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 2,000 kg/rai of the OMM and the application of OMM of 2,000 kg/rai. After experiment, it was found that the OMM single used at the high rate increases the pH, EC_e, organic matter, available P, exchangeable K, Na and available water capacity (AWCA) of soil.

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

[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] ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140
Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom 73140

* Corresponding author: thongjuu@yahoo.com

บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญอย่างมากชนิดหนึ่งของประเทศไทย โดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2558) รายงานว่าประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลังประมาณ 9.32 ล้านไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยวประมาณ 8.96 ล้านไร่ ได้ผลผลิตหัวมันสดประมาณ 32.36 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ประมาณ 3.61 ตัน/ไร่ ปัจจุบันมันสำปะหลังได้กระจายการปลูกเกือบทุกภูมิภาคของประเทศไทย เนื่องจากมีการขยายการส่งออกในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป และการเปิดตลาดกับประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ซึ่งเป็นสมาชิกองค์การการค้าโลก ทำให้มีโอกาสเพิ่มการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังไปยังจีนได้มากขึ้น นอกจากนี้ รัฐบาลไทยได้อนุมัติและสนับสนุนการสร้างโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ส่งผลให้ความต้องการผลผลิตหัวสดมันสำปะหลังในปัจจุบันและอนาคตมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) โรงงานอุตสาหกรรมโดยมากมักมีผลพลอยได้เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก เช่น กากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสีย เปลือกไม้ และขี้เถ้าลอยจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ กากตะกอนยีสต์ และน้ำวีแนสจากโรงงานผลิตเอทานอล กากมันสำปะหลัง และเปลือกมันหมักจากโรงงานผลิตแป้งมัน ผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) เป็นต้น โดยผลพลอยได้ดังกล่าวมีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย จึงมักถูกทิ้งไว้ในแหล่งผลิตหรือบริเวณข้างเคียง ซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหากระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางดิน 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 โดยพิจารณาจากผลของวัสดุอินทรีย์ผสมดังกล่าวที่มีต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง รวมทั้งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติของดินบางประการ ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำผลพลอยได้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมแล้ว ยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งของผลพลอยได้ อีกทั้งยังช่วยลดมลภาวะที่อาจเกิดจากผลพลอยได้ดังกล่าวในระยะยาวได้อีกด้วย

วิธีการศึกษา

ศึกษาผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อผลผลิตองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 และสมบัติของดิน ในช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2556-เดือนมีนาคม พ.ศ. 2557 ณ แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ. กำแพงแสน จ.นครปฐม ซึ่งเป็นชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen soil series, Ks; Typic Haplustalfs; fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic, Soil Survey Staff, 2003) งานทดลองนี้ประกอบด้วย 24 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 6 เมตร จำนวน 5 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 1 เมตร เก็บข้อมูลผลผลิตของมันสำปะหลังเฉพาะ 3 แถวกลาง เว้นหัวและท้ายแถวประมาณ 1 เมตร โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยเท่ากับ 4 x 4 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) ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ 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/ไร่ ตามลำดับ ตำรับทดลองที่ 4 ใส่อัตรา 4.8, 5.15 และ 5.05 กก.N, P_2O_5 และ K_2O/ไร่ ตามลำดับ ตำรับทดลองที่ 6 ใส่อัตรา 19.2, 20.6 และ 20.2 กก.N, P_2O_5 และ K_2O/ไร่ ตามลำดับ และตำรับทดลองที่ 8 ใส่อัตรา 16 และ 8 กก.N และ K_2O/ไร่ ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) 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 จำนวนหัวเฉลี่ย/ต้น น้ำหนักเฉลี่ย/หัว ความกว้างและความยาวของหัว เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด ปริมาณแป้ง/พื้นที่ และปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในหัวสดของมันสำปะหลัง นอกจากนี้ ภายหลังการเก็บเกี่ยวที่ระยะ 1 ปี ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินในแต่ละตำรับทดลองเพื่อวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ค่า pH (1:1) ค่า EC_e ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียมและโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ และค่า AWCA

ข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-test พร้อมทั้งเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT (Duncan's multiple range test)

Table 1 Detail of treatments

Treatments	Describes	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 (N, P, K) equivalent to 500 kg/rai of the OMM	$OMM_{500}+IF_{OMM-500}$	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 (N, P, K) 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 (N, P, K) equivalent to 1,000 kg/rai of the OMM	$OMM_{1000}+IF_{OMM-1000}$	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 waste material 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 (g/kg)[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 P_2O_5 (%)	1.53	0.12	1.03
Exchangeable Ca (mg/kg)[3/]	873	Total K_2O (%)	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
Field capacity (% by mass)[4/]	16.86	Total Na (%)	2.24	0.72	1.78
Permanent wilting point (% by mass)[4/]	4.07				
Available moisture capacity (% by mass)[4/]	12.79				
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 NH_4OAc pH 7.0 (Pratt, 1965) [4/] = ภาควิชาปฐพีวิทยา (2551)
[5/] = Pipette method (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2558)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง และสมบัติของดิน ในช่วงเดือนเมษายน 2556-เดือนมีนาคม พ.ศ. 2557 ปรากฏผลดังนี้

1. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง

1.1 ผลผลิตหัวสด จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้น และน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว

การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ผลผลิตหัวสด และน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (**Table 3**) กล่าวคือ การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) มีผลให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (11.88 ตัน/ไร่) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM-2000}$) ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) นอกจากนี้ การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) ยังมีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังมากที่สุด (0.56 กก./หัว) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM-2000}$) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ผลผลิตหัวสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวน้อยที่สุด (5.89 ตัน/ไร่ และ 0.31 กก./หัว ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม ทุกตำรับทดลองมีผลให้จำนวนหัวเฉลี่ยต่อต้นใกล้เคียงกันในช่วง 11.67-13.47 หัว (**Table 3**)

Table 3 Fresh tuberous root yield, tuberous root/plant and average tuber weight of cassava at 12 months after planting.

Treatments	Fresh tuberous root yield (tons/rai)[1/]	Tuberous root/plant[1/]	Average tuber weight (kg/tuber)[1/]
T_1 = control	5.89^{d}	11.80	0.31^{c}
T_2 = OMM_{1000}	8.61^{c}	13.20	0.41^{bc}
T_3 = $IF_{OMM-1000}$	8.73^{c}	12.57	0.43^{b}
T_4 = OMM_{500} +$IF_{OMM-500}$	8.80^{c}	12.63	0.44^{b}
T_5 = OMM_{2000}	9.12^{bc}	13.47	0.42^{bc}
T_6 = $IF_{OMM-2000}$	10.29^{b}	11.67	0.55^{a}
T_7 = OMM_{1000} +$IF_{OMM-1000}$	11.88^{a}	13.17	0.56^{a}
T_8 = IF_{DOA}	8.10^{c}	12.73	0.40^{bc}
F-test	**	ns	**
CV (%)	16.81	8.05	13.73

[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<0.01

1.2 ความกว้างของหัว ความยาวของหัว เปอร์เซ็นต์แป้ง ปริมาณแป้งต่อพื้นที่

การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ความกว้างของหัว เปอร์เซ็นต์แป้ง และปริมาณแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 4**) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ความกว้างของหัวและเปอร์เซ็นต์แป้งของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 4.07-4.78 ซม. และ 27.10-28.73 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) มีผลให้ปริมาณแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังมากที่สุด (3.41 ตัน/ไร่) รองลงมาคือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM-2000}$) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ความกว้างของหัว เปอร์เซ็นต์แป้ง และปริมาณแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังน้อยที่สุด คือ 3.70 ซม. 22.77 เปอร์เซ็นต์ และ 1.34 ตัน/ไร่ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ทุกตำรับทดลองมีผลให้ความยาวของหัวมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 23.51-27.08 ซม. (**Table 4**)

1.3 ปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในหัวสด

การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในหัวสดของมันสำปะหลังที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (**Table 5**) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่สะสมในหัวสดใกล้เคียงกันในช่วง 0.265-0.305 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในหัวสดมากที่สุด (0.153 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM-2000}$) และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) นอกจากนี้ การใส่วัสดุอินทรีย์ผสม

อัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) ยังมีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในหัวสดมากที่สุด (1.523 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM-2000}$) การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ (OMM_{500}+$IF_{OMM-500}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM-1000}$) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในหัวสดน้อยที่สุด (0.142, 0.101 และ 0.785 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

Table 4 Tuber width, tuber length, starch content and starch yield of cassava at 12 months after planting.

Treatments	Tuber width (cm)[1/]	Tuber length (cm)[1/]	Starch content (%)[1/]	Starch yield (ton/rai)[1/]
T_1 = control	3.70^{b}	23.51	22.77^{c}	1.34^{e}
T_2 = OMM_{1000}	4.18^{ab}	25.60	27.10^{ab}	2.33^{c}
T_3 = $IF_{OMM-1000}$	4.22^{ab}	25.60	27.40^{ab}	2.39^{c}
T_4 = OMM_{500}+$IF_{OMM-500}$	4.34^{ab}	26.44	27.43^{ab}	2.41^{c}
T_5 = OMM_{2000}	4.70^{a}	26.89	27.50^{ab}	2.51^{c}
T_6 = $IF_{OMM-2000}$	4.78^{a}	27.01	28.00^{ab}	2.88^{b}
T_7 = OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$	4.78^{a}	27.08	28.73^{a}	3.41^{a}
T_8 = IF_{DOA}	4.07^{ab}	25.57	26.20^{b}	2.12^{d}
F-test	*	ns	**	**
CV (%)	8.66	9.55	13.52	14.58

[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 5 Concentrations of plant nutrient in tuberous root yields of cassava at 12 months after planting.

Treatments	Total N (%)[1/]	Total P (%)[1/]	Total K (%)[1/]
T_1 = control	0.142^{b}	0.101^{c}	0.785^{d}
T_2 = OMM_{1000}	0.265^{a}	0.120^{bc}	1.256^{bc}
T_3 = $IF_{OMM-1000}$	0.278^{a}	0.120^{bc}	1.325^{abc}
T_4 = OMM_{500}+$IF_{OMM-500}$	0.289^{a}	0.129^{b}	1.365^{ab}
T_5 = OMM_{2000}	0.290^{a}	0.136^{ab}	1.425^{ab}
T_6 = $IF_{OMM-2000}$	0.301^{a}	0.141^{ab}	1.444^{ab}
T_7 = OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$	0.305^{a}	0.153^{a}	1.523^{a}
T_8 = IF_{DOA}	0.265^{a}	0.118^{bc}	1.152^{c}
F-test	**	**	**
CV (%)	10.46	10.21	8.69

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

** indicated significant difference at P< 0.01

2. สมบัติของดินบางประการ ภายหลังการใช้วัสดุอินทรีย์ผสมสำหรับการปลูกมันสำปะหลัง

การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ค่า pH, EC_e, ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมและโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ รวมทั้งค่า AWCA ของดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 6**) กล่าวคือ การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) มีผลให้ค่า pH, EC_e และปริมาณอินทรียวัตถุของดินมากที่สุด (pH 7.11, 1.86 dS/m และ 1.76 g/kg ตามลำดับ) 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}+$IF_{OMM-500}$) นอกจากนี้ การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) ยังมีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินมากที่สุด (62.55 mg/kg) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ($IF_{OMM-2000}$) และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}) ส่วนทุกตำรับทดลองที่มีการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และค่า AWCA ของดินใกล้เคียงกันในช่วง 53.25-65.23 mg/kg และ 15.83-17.12 เปอร์เซ็นต์โดยมวล ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ (OMM_{2000}) มีผลให้ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินมากที่สุด (32.27 mg/kg) ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ (OMM_{1000}+$IF_{OMM-1000}$) โดยเป็นที่สังเกตว่าการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียวมีแนวโน้มให้ค่า pH, EC_e ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมและโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินสูงกว่าการใส่วัสดุอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะวัสดุอินทรีย์ผสมมีค่า 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 ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ค่า EC_e ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ รวมทั้งค่า AWCA ของดินต่ำที่สุด (0.62 dS/m, 0.78 g/kg, 37.45 mg/kg, 44.35 mg/kg, 12.44 mg/kg และ 13.67 เปอร์เซ็นต์โดยมวล ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน (IF_{DOA})

Table 6 Properties of soil after 1 year of planting cassava.

Treatments	pH (1:1 water)[1/]	EC_e (dS/m)[1/]	OM (g/kg)[1/]	Avail. P (mg/kg)[1/]	Exch. K (mg/kg)[1/]	Exch. Na (mg/kg)[1/]	AWCA (% by weight)[1/]
before experiment	6.10	0.44	0.77	34.14	42.84	6.45	12.79
T_1 = control	6.21^{d}	0.62^{d}	0.78^{e}	37.45^{d}	44.35^{c}	12.44^{e}	13.67^{c}
T_2 = OMM_{1000}	6.91^{ab}	1.66^{ab}	1.56^{abc}	52.32^{abc}	58.52^{ab}	26.52^{bc}	16.35^{a}
T_3 = $IF_{OMM-1000}$	6.44^{cd}	1.22^{c}	1.12^{d}	48.65^{bc}	53.25^{abc}	18.59^{d}	15.83^{ab}
T_4 = OMM_{500} + $IF_{OMM-500}$	6.85^{abc}	1.56^{abc}	1.45^{bc}	49.52^{bc}	56.42^{abc}	24.60^{c}	16.18^{a}
T_5 = OMM_{2000}	7.11^{a}	1.86^{a}	1.76^{a}	62.55^{a}	65.23^{a}	32.27^{a}	17.12^{a}
T_6 = $IF_{OMM-2000}$	6.67^{bc}	1.35^{bc}	1.33^{cd}	55.74^{abc}	61.32^{ab}	21.40^{cd}	15.87^{ab}
T_7 = OMM_{1000} + $IF_{OMM-1000}$	6.95^{ab}	1.75^{a}	1.66^{ab}	58.82^{ab}	63.59^{a}	30.32^{ab}	16.97^{a}
T_8 = IF_{DOA}	6.59^{bcd}	0.86^{d}	0.87^{e}	45.26^{cd}	48.71^{bc}	16.43^{de}	14.56^{bc}
F-test	**	**	**	**	*	**	**
CV (%)	13.34	15.00	11.25	11.54	12.46	13.41	25.22

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

* indicated significant difference at P<0.05 ** indicated significant difference at P< 0.01

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น ให้ข้อสังเกตว่าการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมร่วมกับปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว หรือการใส่วัสดุผสมแต่เพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของ พงษ์นรินทร์ และคณะ (2556) ทิพวรรณ และคณะ (2557) และ ภาณุพงศ์ และคณะ (2557) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปุ๋ยเคมีสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับมันสำปะหลังได้อย่างรวดเร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต ขณะที่วัสดุอินทรีย์ผสมจะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตเมื่อระยะเวลานานขึ้น ในทางตรงกันข้ามพบว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและวัสดุอินทรีย์ผสม (control) มีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังต่ำที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะการปลูกพืชที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยในระยะยาวจะมีผลให้ ปริมาณธาตุอาหารในดินลดน้อยลง และไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืช (พงษ์นรินทร์ และคณะ, 2556; ทิพวรรณ และคณะ, 2557; ภาณุพงศ์ และคณะ, 2557) นอกจากนี้ การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมีในอัตราสูง มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่า pH, EC_e และปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน ดังนั้น การนำวัสดุอินทรีย์ผสมดังกล่าวไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตร จึงควรคำนึงถึงค่า pH และ EC_e ที่สูงขึ้นหรือปริมาณการสะสมของโซเดียมในดินระยะยาวด้วย

สรุป

จากการศึกษาผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง และสมบัติของดิน สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ มีผลให้ผลผลิตหัวสด และปริมาณแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังมากที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ นอกจากนี้ การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบ

เท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ยังมีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว และปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด 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 การใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ และการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 500 กก./ไร่ โดยการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 กก./ไร่ ยังมีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่วัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 1,000 กก./ไร่ การใส่ปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในวัสดุอินทรีย์ผสมอัตรา 2,000 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. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. น.21-24. ใน: เอกสารวิชาการลำดับที่ 8/2548, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2558. คู่มือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน ระบบโสตทัศนูปกรณ์. คณะเกษตรกำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

ชัยสิทธิ์ ทองจู, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ศุภชัย อำคา และธวัชชัย 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. น.53-66. ใน: การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 11 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

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

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

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

ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2551. คู่มือปฏิบัติการการวิเคราะห์ดินทางฟิสิกส์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

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

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

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2556-2558. 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. pp. 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.