ผลของปุ๋ยอินทรีย์จากศูนย์ปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลัง

Effect of Organic Fertilizer from Central Waste Water Treatment of Saha Group Industrial Park on Growth and Increasing Yield of Cassava

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

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

Abstract: This study investigated the effect of organic fertilizer (OF) from Central Waste Water Treatment of Saha Group Industrial Park on growth, increasing yield of cassava (var. *H*uay Bong 60) and some soil properties planted in Kamphaeng Saen series. The experimental design was arranged in Randomized Complete Block (RCB) with 3 replications and consisted of 10 treatments. The results showed that the application of OF-B of 350 kg/rai in combinations with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 350 kg/rai of the OF-B provided the highest of plant height, branches/plant, leaf greenness (SPAD reading), fresh root yield, average weight/root, starch content, starch yield and concentration of N in fresh root which was not significantly different from the application of OF-B of 700 kg/rai and the application of OF-D of 350 kg/rai in combinations with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 350 kg/rai of the OF-D. After experiment, it was found that all treatments that applied chemical fertilizers or OF both single use or in combination with chemical fertilizers as well as the control treatment effected on chemical properties of soil: a) soil pH was slightly alkaline to moderately alkaline; b) the electrical conductivity (ECe) $_{o}$f soil was non-saline; c) the organic matter of soil was low to moderately; d) the available P of soil was very high; and e) the exchangeable K of soil was moderately to high. Furthermore, the application of OF-B of 700 kg/rai provided the highest of exchangeable Na of soil which was not significantly different from the application of OF-D and OF-C of 700 kg/rai.

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

วิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 2 (2) : 91-105 (2562)

บทคัดย่อ: ศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์จากศูนย์ปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ต่อการเจริญเติบโต การเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 รวมทั้งสมบัติของดินบางประการ ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 10 ตำรับทดลอง ผลการศึกษา พบว่า การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 350 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 350 กก./ไร่ มีผลให้ความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น ค่าความเขียวของใบ ผลผลิตหัวสด น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว เปอร์เซ็นต์แป้ง ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ และปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 700 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 350 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 350 กก./ไร่ ภายหลังการทดลอง พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตรต่างๆ อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว รวมทั้งตำรับควบคุม (control) มีผลให้ค่า pH ของดินเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับเป็นด่างเล็กน้อยถึงด่างปานกลาง ค่า EC_e ของดินเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูงมาก ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับปานกลางถึงระดับสูง นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 700 กก./ไร่ มีผลให้ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 700 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 700 กก./ไร่

คำสำคัญ: ปุ๋ยอินทรีย์, มันสำปะหลัง, วัสดุเหลือใช้

คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย โดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2560) รายงานว่าประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 8.92 ล้านไร่ พื้นที่เก็บเกี่ยว 8.71 ล้านไร่ ได้ผลผลิตหัวมันสด 30.50 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ 3.50 ตัน/ไร่ ปัจจุบันมันสำปะหลังมีการขยายการส่งออกในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป และการเปิดตลาดกับประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ทำให้มีโอกาสเพิ่มการส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังได้มากขึ้น ประกอบกับรัฐบาลไทยได้อนุมัติและสนับสนุนการสร้างโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 ส่งผลให้ความต้องการผลผลิตหัวสดมันสำปะหลังมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) โรงงานอุตสาหกรรมโดยมากมักมีผลพลอยได้เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก เช่น กากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสียและขี้เถ้าลอยจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ กากตะกอนยีสต์ และน้ำวีแนสจากโรงงานผลิตเอทานอล ผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) กากมันสำปะหลัง และเปลือกมันหมักจากโรงงานผลิตแป้งมัน เป็นต้น โดยผลพลอยได้ดังกล่าวมีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย จึงอาจก่อให้เกิดปัญหากระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาวได้ (Thongjoo *et al*., 2005) ที่ผ่านมามีรายงานเกี่ยวกับการนำผลพลอยได้ชนิดต่างๆ มาใช้ประโยชน์ในแง่ปุ๋ยกับมันสำปะหลังค่อนข้างน้อย เช่น การใช้ผลพลอยได้จากโรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) (ธนูชัย, 2550; ภาณุพงศ์ และคณะ, 2557) วัสดุอินทรีย์ผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีแนส (พงษ์นรินทร์ และคณะ, 2556; ทิพวรรณ และคณะ, 2557) วัสดุอินทรีย์ผสมระหว่างผลพลอยได้จากโรงงานผงชูรสและขี้เถ้าลอย (ธีรยุทธ และคณะ, 2560) เป็นต้น การเพิ่มอินทรียวัตถุในดินโดยการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ที่ได้จากกากตะกอน (activated sludge) จากระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม มีรายงานวิจัยพบว่ากากตะกอนน้ำเสียเหล่านั้น สามารถใช้ทดแทนปุ๋ยเคมี หรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีกับพืชเศรษฐกิจชนิดต่างๆ ได้เป็นอย่างดี เช่น อ้อย (ชัยสิทธิ์ และคณะ, 2560; ปิยพงศ์ และคณะ, 2560) ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

(จันจิรา และคณะ, 2552; ธนศมณท์ และคณะ, 2555; ธนศมณท์ และคณะ, 2561) มันสำปะหลัง (พงษ์นรินทร์ และคณะ, 2556; ทิพวรรณ และคณะ, 2557; ธีรยุทธ และคณะ, 2560) ข้าว (นฤพน และคณะ, 2556) ยูคาลิปตัส (ชัยสิทธิ์ และคณะ, 2553; ชัยสิทธิ์ และธนัตศรี, 2553; ชัยสิทธิ์ และคณะ, 2555; ธวัชชัย และคณะ, 2555) กระถินเทพา (จีรนันท์ และคณะ, 2561) เป็นต้นอีกทั้งการเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของดินจะช่วยให้ดินมีความเหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืชมากขึ้น ส่งผลให้พืชมีผลผลิตและมวลชีวภาพเพิ่มขึ้น และยังช่วยปรับสภาพทางฟิสิกส์ของดินให้ดีขึ้นอีกด้วย (ยงยุทธ, 2528) จากประโยชน์ที่กล่าวมาข้างต้นแสดงให้เห็นว่าปุ๋ยอินทรีย์มีความสำคัญสำหรับการเกษตรกรรมอย่างยิ่ง ดังนั้น จึงเกิดแนวคิดในการศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์จากศูนย์ปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังตลอดจนผลของปุ๋ยอินทรีย์ดังกล่าวต่อสมบัติของดินบางประการ ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำผลพลอยได้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมแล้ว ยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งของผลพลอยได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์จากศูนย์ปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 รวมทั้งสมบัติของดินบางประการ ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2560-เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 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 30 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 10 ตำรับทดลอง โดยรายละเอียดของตำรับทดลองได้แสดงไว้ใน Table 1 ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 ซม. เพื่อวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ค่า pH (1:1 water) ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (EC_e) ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมและโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ และเนื้อดิน สำหรับสมบัติบางประการของดินก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน Table 2

การใส่ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21 %N) ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (42 %P_2O_5) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 %K_2O) โดยแบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งอัตราในแต่ละตำรับทดลองที่อายุ 2 และ 4 เดือนหลังปลูก ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับมันสำปะหลัง คือ 16 และ 4 กก. N และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2553) สำหรับปุ๋ยอินทรีย์ที่ใช้ในการทดลองมาจากโครงการพัฒนาวิชาการระหว่าง บริษัท สหพัฒนาอินเตอร์โฮลดิ้ง จำกัด (มหาชน) และภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน ภายใต้โครงการวิจัยเรื่อง “การใช้ประโยชน์จากกากตะกอนเพื่อผลิตปุ๋ยอินทรีย์ตามมาตรฐานของกรมวิชาการ เกษตร” โดยแบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งอัตราในแต่ละตำรับทดลองที่อายุ 2 และ 4 เดือนหลังปลูก สำหรับสมบัติบางประการของปุ๋ยอินทรีย์ก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน Table 3

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และค่าความเขียวของใบ (SPAD reading) (วัดตำแหน่งใบที่ 3-5 จากปลายยอด) โดยใช้เครื่อง chlorophyll meter (Minolta Co., Ltd., JAPAN: SPAD-502 model) สำหรับการเก็บผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง

ที่อายุ 12 เดือน ได้แก่ ผลผลิตหัวสด น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว เปอร์เซ็นต์แป้ง ส่วนหัวสด (ใช้เครื่อง Remain Scale) ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในผลผลิตหัวสด นอกจากนี้ ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตที่ 12 เดือน ดำเนินการเก็บ ตัวอย่างดินในแต่ละตำรับทดลองเพื่อวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ค่า pH (1:1) ค่า EC_e ปริมาณ อินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ข้อมูลผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และสมบัติบางประการของดินที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-test หากข้อมูลแสดงความแตกต่างทางสถิติ จะนำมาเปรียบเทียบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT (Duncan's Multiple Range Test)

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 OF treatment	control	0-0-0
T_2	the application of chemical fertilizer based on soil chemical analysis	IF_{DOA}	16-0-4
T_3	the application of OF-A of 700 kg/rai	$OF\text{-}A_{700}$	15.54-14.77-7.91
T_4	the application of OF-A of 350 kg/rai in combinations with chemical fertilizers containing all major elements (N, P, K) equivalent to 350 kg/rai of the OF-A	$OF\text{-}A_{350}+IF_{OF\text{-}A\text{-}350}$	15.54-14.77-7.91
T_5	the application of OF-B of 700 kg/rai	$OF\text{-}B_{700}$	17.57-12.46-8.47
T_6	tthe application of OF-B of 350 kg/rai in combinations with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 350 kg/rai of the OF-B	$OF\text{-}B_{350}+IF_{OF\text{-}B\text{-}350}$	17.57-12.46-8.47
T_7	the application of OF-C of 700 kg/rai	$OF\text{-}C_{700}$	15.05-13.58-8.89
T_8	the application of OF-C of 350 kg/rai in combinations with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 350 kg/rai of the OF-C	$OF\text{-}C_{350}+IF_{OF\text{-}C\text{-}350}$	15.05-13.58-8.89
T_9	tthe application of OF-D of 700 kg/rai	$OF\text{-}D_{700}$	15.96-12.88-9.24
T_{10}	the application of OF-D of 350 kg/rai in combinations with chemical fertilizers containing all major elements equivalent to 350 kg/rai of the OF-D	$OF\text{-}D_{350}+IF_{OF\text{-}D\text{-}350}$	15.96-12.88-9.24

Table 2 Chemical and physical properties of soil before the experiment.

Properties	Results (0-30 cm)	Rating
pH (1:1)	7.90	moderately alkaline
EC_e (dS/m)	0.61	non-saline
Organic matter (%)[1/]	0.95	low
Available P (mg/kg)[2/]	78.03	very high
Exchangeable K (mg/kg)[3/]	68.94	moderately
Exchangeable Ca (mg/kg)[3/]	1,263	high
Exchangeable Mg (mg/kg)[3/]	118.56	moderately
Exchangeable Na (mg/kg)	28.58	-
Soil texture[4/]	sandy loam	-

Note [1/] = Walkley and Black method (Walkley and Black, 1934) [2/] = Bray II method (Bray and Kurtz, 1945)
[3/] = Extracted with NH4OAc pH 7.0 (Pratt, 1965) [4/] = Pipette method (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2558)

Table 3 Chemical and physical properties of organic fertilizer (OF) before the experiment.

Properties	Results			
	OF-A	OF-B	OF-C	OF-D
pH (3:50)	6.93	6.64	6.67	7.14
EC 1:10 (dS/m)	7.89	9.22	9.42	8.23
Organic matter (%)	32.22	31.41	32.29	31.41
Organic carbon (%)	18.69	18.22	18.83	18.22
C:N ratio	8.42	7.26	8.71	7.99
Total N (%)	2.22	2.51	2.15	2.28
Total P_2O_5 (%)	2.11	1.78	1.94	1.84
Total K_2O (%)	1.13	1.21	1.27	1.32
Total primary nutrients (%)	5.46	5.50	5.36	5.44
Total Na (%)	0.46	0.59	0.56	0.58
Germination index (%)	84.29	83.84	88.18	81.78
Moisture (%)	7.89	8.35	8.64	8.78

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์จากศูนย์ปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 รวมทั้งสมบัติของดินบางประการ ปรากฏผลดังนี้

1. การเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

1.1 ความสูงต้น

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือ ที่อายุ 3 เดือนหลังปลูก พบว่า OF-B_{350}+$IF_{OF-B-350}$ มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังมากที่สุด (167.59 ซม.) ไม่แตกต่างกับ OF-B_{700} และ OF-D_{350}+$IF_{OF-D-350}$ ที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก พบว่า OF-B_{350}+$IF_{OF-B-350}$ มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังมากที่สุด (262.34 ซม.) ไม่แตกต่างกับ OF-B_{700}, OF-D_{350}+$IF_{OF-D-350}$, OF-D_{700} และ OF-A_{350}+$IF_{OF-A-350}$ ส่วนที่อายุ 9 และ 12 เดือนหลังปลูก พบว่า OF-B_{350}+$IF_{OF-B-350}$ มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับ OF-B_{700}

Table 4 Plant height of cassava at different stages.

Treatments	Plant height (cm)			
	3 MAP[1/]	6 MAP[1/]	9 MAP[1/]	12 MAP[1/]
T_1 = control	123.61^{e} [2/]	183.29^{d} [2/]	264.14^{f} [2/]	288.21^{h} [2/]
T_2 = IF_{DOA}	140.79^{d}	236.24^{c}	286.05^{e}	317.53^{g}
T_3 = OF-A_{700}	151.78^{bc}	248.39^{b}	317.14^{c}	346.53^{de}
T_4 = OF-A_{350}+$IF_{OF-A-350}$	151.95^{bc}	253.61^{ab}	320.39^{c}	349.87^{cd}
T_5 = OF-B_{700}	159.35^{ab}	260.51^{a}	360.75^{a}	375.78^{ab}
T_6 = OF-B_{350}+$IF_{OF-B-350}$	167.59^{a}	262.34^{a}	364.50^{a}	388.94^{a}
T_7 = OF-C_{700}	146.36^{cd}	245.80^{bc}	297.40^{d}	320.85^{fg}
T_8 = OF-C350+$IF_{OF-C-350}$	147.01^{cd}	247.66^{b}	303.88^{d}	334.03^{ef}
T_9 = OF-D_{700}	157.36^{b}	256.15^{ab}	323.78^{c}	351.23^{cd}
T_{10} = OF-D_{350}+$IF_{OF-D-350}$	158.66^{ab}	256.67^{ab}	336.84^{b}	362.54^{bc}
F-test	**	**	**	**
CV (%)	13.34	12.57	14.02	13.39

[1/] Months after planting

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

** indicated significant difference at p< 0.01

1.2 จำนวนกิ่งต่อต้น

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้จำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 5) กล่าวคือ ที่อายุ 3 และ 6 เดือนหลังปลูก พบว่า OF-B_{350}+$IF_{OF-B-350}$ มีผลให้จำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับ OF-B_{700} ส่วนที่อายุ 9 และ 12 เดือนหลังปลูก พบว่า OF-B_{350}+$IF_{OF-B-350}$ มีผลให้จำนวนกิ่งต่อต้นของมันสำปะหลังมากที่สุด รองลงมา คือ OF-B_{700} ซึ่งไม่แตกต่างกับ OF-D_{350}+$IF_{OF-D-350}$

Table 5 Branches/plant of cassava at different stages.

Treatments	Branches/plant			
	3 MAP[1/]	6 MAP[1/]	9 MAP[1/]	12 MAP[1/]
T_1 = control	1.63^{e} [2/]	1.81^{h} [2/]	1.84^{g} [2/]	1.95^{g} [2/]
T_2 = IF_{DOA}	1.73^{de}	1.97^{g}	2.00^{f}	2.10^{fg}
T_3 = OF-A_{700}	1.88^{bcd}	2.17^{ef}	2.24^{de}	2.38^{de}
T_4 = OF-A_{350}+$IF_{OF-A-350}$	1.93^{bc}	2.28^{de}	2.36^{cd}	2.48^{d}
T_5 = OF-B_{700}	2.12^{a}	2.54^{ab}	2.67^{b}	2.86^{b}
T_6 = OF-B_{350}+$IF_{OF-B-350}$	2.22^{a}	2.65^{a}	2.89^{a}	3.11^{a}
T_7 = OF-C_{700}	1.78^{cde}	2.02^{g}	2.10^{ef}	2.14^{f}
T_8 = OF-C350+$IF_{OF-C-350}$	1.82^{bcd}	2.08^{fg}	2.12^{ef}	2.26^{ef}
T_9 = OF-D_{700}	1.94^{b}	2.37^{cd}	2.41^{c}	2.67^{c}
T_{10} = OF-D_{350}+$IF_{OF-D-350}$	1.97^{b}	2.43^{bc}	2.56^{b}	2.78^{bc}
F-test	**	**	**	**
CV (%)	14.46	13.54	13.76	12.65

[1/] Months after planting

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

** indicated significant difference at p< 0.01

1.3 ค่าความเขียวของใบ

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 6) กล่าวคือ ที่อายุ 3 เดือนหลังปลูก พบว่า OF-B_{350}+$IF_{OF-B-350}$ มีผลให้ค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับ OF-B_{700}, OF-D_{350}+$IF_{OF-D-350}$, OF-D_{700}, OF-A_{350}+$IF_{OF-A-350}$ และ OF-A_{700} ที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก พบว่า OF-B_{350}+$IF_{OF-B-350}$ มีผลให้ค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับ OF-B_{700}, OF-D_{350}+$IF_{OF-D-350}$, OF-D_{700}, OF-A_{350}+$IF_{OF-A-350}$, OF-A_{700} และ OF-C_{350}+$IF_{OF-C-350}$ ส่วนที่อายุ 9 และ 12 เดือน หลังปลูก พบว่า OF-B_{350}+$IF_{OF-B-350}$ มีผลให้ค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับ OF-B_{700} และ OF-D_{350}+$IF_{OF-D-350}$ โดยมีข้อสังเกตว่าค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังที่อายุ 6 เดือนหลังปลูกมีค่าสูงที่สุด และมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาของการศึกษา สอดคล้องกับจีรนันท์ และคณะ (2561)

ที่ทดลองกับกระถินเทพา และภูวดล และคณะ (2562) ที่ทดลองกับยูคาลิปตัส ทั้งนี้เนื่องจากชุดดินกำแพงแสน มีปริมาณอินทรียวัตถุในระดับต่ำ ดังนั้นปริมาณปุ๋ยที่ปลดปล่อยไนโตรเจนลดลงตามระยะเวลา จึงส่งผลให้ค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังลดลง ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคลอโรฟิลล์นั่นเอง (ยงยุทธ, 2528) อย่างไรก็ตาม ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังน้อยที่สุดในทุกระยะการเจริญเติบโต

Table 6 Leaf greenness (SPAD reading) of cassava at different stages.

Treatments	SPAD reading			
	3 MAP[1/]	6 MAP[1/]	9 MAP[1/]	12 MAP[1/]
T_1 = control	39.36c [2/]	37.57^{c} [2/]	36.21^{f} [2/]	33.42^{f} [2/]
$T_2 = IF_{DOA}$	41.97^{b}	43.80^{b}	40.23^{e}	36.47^{e}
$T_3 = OF\text{-}A_{700}$	42.67^{ab}	45.16^{ab}	43.12^{cd}	39.23^{cd}
$T_4 = OF\text{-}A_{350} + IF_{OF\text{-}A\text{-}350}$	43.01^{ab}	45.16^{ab}	43.21^{cd}	39.45^{cd}
$T_5 = OF\text{-}B_{700}$	44.94^{a}	47.07^{ab}	46.36^{ab}	42.36^{ab}
$T_6 = OF\text{-}B_{350} + IF_{OF\text{-}B\text{-}350}$	45.00^{a}	48.60^{a}	47.23^{a}	44.23^{a}
$T_7 = OF\text{-}C_{700}$	42.26^{b}	43.88^{b}	42.12^{de}	37.55^{de}
$T_8 = OF\text{-}C350 + IF_{OF\text{-}C\text{-}350}$	42.31^{b}	44.81^{ab}	42.36^{de}	37.84^{cde}
$T_9 = OF\text{-}D_{700}$	43.26^{ab}	45.50^{ab}	44.75^{bc}	40.23^{bc}
$T_{10} = OF\text{-}D_{350} + IF_{OF\text{-}D\text{-}350}$	43.70^{ab}	46.60^{ab}	45.12^{abc}	41.85^{ab}
F-test	**	**	**	**
CV (%)	13.22	14.06	12.85	13.39

[1/] Months after planting

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

** indicated significant difference at p< 0.01

2. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง

2.1 ผลผลิตหัวสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ผลผลิตหัวสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 7) กล่าวคือ $OF\text{-}B_{350} + IF_{OF\text{-}B\text{-}350}$ มีผลให้ผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (12.76 ตัน/ไร่) ไม่แตกต่างกับ OF-B700, $OF\text{-}D_{350} + IF_{OF\text{-}D\text{-}350}$, $OF\text{-}A_{350} + IF_{OF\text{-}A\text{-}350}$, $OF\text{-}D_{700}$ และ $OF\text{-}A_{700}$ นอกจากนี้ $OF\text{-}B_{350} + IF_{OF\text{-}B\text{-}350}$ มีผลให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังมากที่สุด (0.63 กก.) ไม่แตกต่างกับ $OF\text{-}B_{700}$ และ $OF\text{-}D_{350} + IF_{OF\text{-}D\text{-}350}$ ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ผลผลิตหัวสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (3.65 ตัน/ไร่ และ 0.22 กก. ตามลำดับ)

Table 7 Fresh root yield and average weight/root of cassava at 12 MAP[1/].

Treatments	Fresh root yield (ton/rai)	Average weight/root (kg)
T_1 = control	3.65[d 2/]	0.22[f 2/]
$T_2 = IF_{DOA}$	8.72[c]	0.40[e]
$T_3 = OF\text{-}A_{700}$	12.11[a]	0.50[d]
$T_4 = OF\text{-}A_{350} + IF_{OF\text{-}A\text{-}350}$	12.35[a]	0.52[cd]
$T_5 = OF\text{-}B_{700}$	12.53[a]	0.61[ab]
$T_6 = OF\text{-}B_{350} + IF_{OF\text{-}B\text{-}350}$	12.76[a]	0.6[3a]
$T_7 = OF\text{-}C_{700}$	10.76[b]	0.46[d]
T_8 = OF-C350+$IF_{OF\text{-}C\text{-}350}$	10.83[b]	0.47[d]
$T_9 = OF\text{-}D_{700}$	12.32[a]	0.56[bc]
$T_{10} = OF\text{-}D_{350} + IF_{OF\text{-}D\text{-}350}$	12.48[a]	0.58[ab]
F-test	**	**
CV (%)	14.17	13.67

[1/] Months after planting

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

** indicated significant difference at $p< 0.01$

2.2 เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดและผลผลิตแป้งต่อพื้นที่

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดและผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 8) กล่าวคือ $OF\text{-}B_{350} + IF_{OF\text{-}B\text{-}350}$ มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (30.12 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับ $OF\text{-}B_{700}$, $OF\text{-}D_{350} + IF_{OF\text{-}D\text{-}350}$, $OF\text{-}D_{700}$, $OF\text{-}A_{350} + IF_{OF\text{-}A\text{-}350}$, $OF\text{-}A_{700}$, $OF\text{-}C_{350} + IF_{OF\text{-}C\text{-}350}$ และ $OF\text{-}C_{700}$ นอกจากนี้ $OF\text{-}B_{350} + IF_{OF\text{-}B\text{-}350}$ มีผลให้ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังมากที่สุด (3.84 ตัน/ไร่) ไม่แตกต่างกับ $OF\text{-}B_{700}$ และ $OF\text{-}D_{350} + IF_{OF\text{-}D\text{-}350}$ ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดและผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (22.84 เปอร์เซ็นต์ และ 0.83 ตัน/ไร่ ตามลำดับ)

Table 8 Starch contents and starch yield of cassava at 12 MAP[1/].

Treatments	Starch contents (%)	Starch yield (ton/rai)
T_1 = control	22.84[c 2/]	0.83[f 2/]
$T_2 = IF_{DOA}$	26.38[b]	2.30[e]
$T_3 = OF\text{-}A_{700}$	28.76[ab]	3.48[c]
$T_4 = OF\text{-}A_{350} + IF_{OF\text{-}A\text{-}350}$	28.93[a]	3.57[c]
$T_5 = OF\text{-}B_{700}$	30.08[a]	3.77[ab]
$T_6 = OF\text{-}B_{350} + IF_{OF\text{-}B\text{-}350}$	30.12[a]	3.84[a]
$T_7 = OF\text{-}C_{700}$	28.26[ab]	3.04[d]
$T_8 = OF\text{-}C350 + IF_{OF\text{-}C\text{-}350}$	28.42[ab]	3.08[d]
$T_9 = OF\text{-}D_{700}$	29.14[a]	3.59[bc]
$T_{10} = OF\text{-}D_{350} + IF_{OF\text{-}D\text{-}350}$	29.23[a]	3.65[abc]
F-test	**	**
CV (%)	14.62	13.48

[1/] Months after planting

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

** indicated significant difference at $p< 0.01$

2.3 ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในผลผลิตหัวสด

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 9) กล่าวคือ $OF\text{-}B_{350} + IF_{OF\text{-}B\text{-}350}$ มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (0.228 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับ $OF\text{-}B_{700}$ และ $OF\text{-}D_{350} + IF_{OF\text{-}D\text{-}350}$ ส่วน $OF\text{-}A_{350} + IF_{OF\text{-}A\text{-}350}$ มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัสที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (0.178 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับ $OF\text{-}A_{700}$, $OF\text{-}C_{350} + IF_{OF\text{-}C\text{-}350}$, $OF\text{-}C_{700}$, $OF\text{-}D_{350} + IF_{OF\text{-}D\text{-}350}$ และ $OF\text{-}D_{700}$ ขณะที่ $OF\text{-}D_{350} + IF_{OF\text{-}D\text{-}350}$ มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (1.287 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับ $OF\text{-}D_{700}$, $OF\text{-}C_{350} + IF_{OF\text{-}C\text{-}350}$, $OF\text{-}C_{700}$, $OF\text{-}B_{350} + IF_{OF\text{-}B\text{-}350}$ และ $OF\text{-}B_{700}$ อย่างไรก็ตาม ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (0.128, 0.098 และ 1.015 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

Agricultural Science and Management J. 2 (2) : 91-105 (2019)

Table 9 Concentrations of total N, P and K in fresh root of cassava at 12 MAP[1/].

Treatments	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)
T_1 = control	0.128[f 2/]	0.098[e 2/]	1.015[d 2/]
$T_2 = IF_{DOA}$	0.188[e]	0.116[d]	1.228[c]
$T_3 = OF\text{-}A_{700}$	0.206[cd]	0.174[ab]	1.250[b]
$T_4 = OF\text{-}A_{350} + IF_{OF\text{-}A\text{-}350}$	0.211[bc]	0.178[a]	1.253[b]
$T_5 = OF\text{-}B_{700}$	0.223[ab]	0.156[c]	1.275[a]
$T_6 = OF\text{-}B_{350} + IF_{OF\text{-}B\text{-}350}$	0.228[a]	0.158[bc]	1.277[a]
$T_7 = OF\text{-}C_{700}$	0.193[e]	0.168[abc]	1.278[a]
$T_8 = OF\text{-}C350 + IF_{OF\text{-}C\text{-}350}$	0.198[de]	0.171[abc]	1.281[a]
$T_9 = OF\text{-}D_{700}$	0.214[bc]	0.164[abc]	1.284[a]
$T_{10} = OF\text{-}D_{350} + IF_{OF\text{-}D\text{-}350}$	0.217[abc]	0.166[abc]	1.287[a]
F-test	**	**	**
CV (%)	11.38	12.59	12.72

[1/] Months after planting

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

** indicated significant difference at $p< 0.01$

3.สมบัติของดินบางประการ ภายหลังการการปลูกมันสำปะหลัง

การใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว มีผลให้ค่า pH, EC_e, ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมและโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 10) กล่าวคือ $OF\text{-}D_{700}$ มีผลให้ค่า pH ของดินมากที่สุด (pH 7.98) ไม่แตกต่างกับ $OF\text{-}D_{350} + IF_{OF\text{-}D\text{-}350}$ ส่วน $OF\text{-}B_{700}$ มีผลให้ค่า EC_e ของดินมากที่สุด (1.63 dS/m) ไม่แตกต่างกับ $OF\text{-}A_{700}$ และ $OF\text{-}D_{700}$ ส่วน $OF\text{-}C_{700}$ มีผลให้ปริมาณอินทรียวัตถุของดินมากที่สุด (1.59 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับ $OF\text{-}A_{700}$, $OF\text{-}B_{700}$ และ OF-D700 ขณะที่ $OF\text{-}A_{350} + IF_{OF\text{-}A\text{-}350}$ มีผลให้ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ของดินมากที่สุด (138.26 mg/kg) ไม่แตกต่างกับ $OF\text{-}A_{700}$, $OF\text{-}C_{350} + IF_{OF\text{-}C\text{-}350}$, $OF\text{-}C_{700}$, $OF\text{-}D_{350} + IF_{OF\text{-}D\text{-}350}$ และ $OF\text{-}D_{700}$ ส่วน $OF\text{-}D_{350} + IF_{OF\text{-}D\text{-}350}$ มีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินมากที่สุด (118.72 mg/kg) ไม่แตกต่างกับ $OF\text{-}D_{700}$, $OF\text{-}C_{350} + IF_{OF\text{-}C\text{-}350}$, $OF\text{-}C_{700}$, $OF\text{-}B_{350} + IF_{OF\text{-}B\text{-}350}$, $OF\text{-}B_{700}$, $OF\text{-}A_{350} + IF_{OF\text{-}A\text{-}350}$ และ $OF\text{-}A_{700}$ นอกจากนี้ $OF\text{-}B_{700}$ มีผลให้ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินมากที่สุด (43.59 mg/kg) ไม่แตกต่างกับ $OF\text{-}D_{700}$ และ $OF\text{-}C_{700}$ อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์อย่างเดียวมีแนวโน้มให้ค่า EC_e ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินสูงกว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะปุ๋ยอินทรีย์มีค่า EC_e อยู่ในระดับเค็มปานกลาง (4-8 dS/m)-เค็มมาก (8-16 dS/m) ปริมาณอินทรียวัตถุในระดับสูงมาก และมีปริมาณโซเดียมทั้งหมดประมาณ 0.5 เปอร์เซ็นต์ (Table 3) จึงส่งผลให้ค่า EC_e ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินสูงกว่าตำรับ

ทดลองอื่นๆ โดยผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของธีรยุทธ และคณะ (2560) ที่รายงานว่าการใส่วัสดุผสมอย่างเดียวในอัตราสูง มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของค่า EC_e ปริมาณอินทรียวัตถุ และปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดิน ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ค่า EC_e, ปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมและโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ของดินน้อยที่สุด (0.63 dS/m, 0.98 เปอร์เซ็นต์, 79.12, 68.71 และ 26.43 mg/kg ตามลำดับ)

Table 10 Properties of soil after 1 year of planting cassava.

Treatments	pH (1:1 water)	EC_e (dS/m)	OM (%)	Avail. P (mg/kg)	Exch. K (mg/kg)	Exch. Na (mg/kg)
before experiment	7.90	0.61	0.95	78.03	68.94	28.58
T_1 = control	7.87^{b}	0.63^{g}	0.98^{f}	79.12^{d}	68.71^{c}	26.43^{e}
$T_2 = IF_{DOA}$	7.46^{e}	1.21^{f}	1.23^{e}	82.48^{d}	78.59^{b}	29.34^{e}
$T_3 = OF\text{-}A_{700}$	7.89^{b}	1.61^{ab}	1.57^{ab}	137.83^{a}	112.89^{a}	40.23^{bc}
$T_4 = OF\text{-}A_{350} + IF_{OF\text{-}A\text{-}350}$	7.86^{b}	1.47^{de}	1.46^{cd}	138.26^{a}	113.26^{a}	32.53^{d}
$T_5 = OF\text{-}B_{700}$	7.54^{d}	1.63^{a}	1.53^{abc}	131.23^{c}	115.32^{a}	43.59^{a}
$T_6 = OF\text{-}B_{350} + IF_{OF\text{-}B\text{-}350}$	7.52^{de}	1.51^{cde}	1.43^{cd}	132.15^{bc}	115.76^{a}	37.63^{c}
$T_7 = OF\text{-}C_{700}$	7.63^{c}	1.54^{bcd}	1.59^{a}	136.14^{abc}	116.43^{a}	42.64^{ab}
$T_8 = OF\text{-}C350 + IF_{OF\text{-}C\text{-}350}$	7.61^{c}	1.43^{e}	1.48^{bcd}	136.43^{ab}	116.58^{a}	33.48^{d}
$T_9 = OF\text{-}D_{700}$	7.98^{a}	1.58^{abc}	1.52^{abc}	133.78^{abc}	117.23^{a}	43.12^{ab}
$T_{10} = OF\text{-}D_{350} + IF_{OF\text{-}D\text{-}350}$	7.96^{a}	1.45^{e}	1.41^{d}	134.69^{abc}	118.72^{a}	34.62^{d}
F-test	**	**	**	**	**	**
CV (%)	12.40	13.46	14.11	12.17	13.36	13.76

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

** indicated significant difference at $p< 0.01$

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น ให้ข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังโดยภาพรวมดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์หรือการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว ซึ่งเป็นไปในทิศทางเดียวกับงานวิจัยของพงษ์นรินทร์ และคณะ (2556) ทิพวรรณ และคณะ (2557) และธีรยุทธ และคณะ (2560) ทั้งนี้เป็นไปได้ว่าปุ๋ยเคมีสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารให้กับมันสำปะหลังได้อย่างอย่างรวดเร็วในระยะแรกของการเจริญเติบโต ขณะที่ปุ๋ยอินทรีย์จะค่อยๆ ปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาเป็นประโยชน์ต่อการเจริญเติบโตเมื่อระยะเวลานานขึ้น ในทางตรงกันข้ามพบว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและปุ๋ยอินทรีย์ (control) มีผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังต่ำที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะการปลูกพืชที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยในระยะยาวจะมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดน้อยลง และไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืช

สรุป

1. การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 350 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 350 กก./ไร่ มีผลให้ความสูงต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 700 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 350 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 350 กก./ไร่

2. การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 350 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 350 กก./ไร่ มีผลให้ผลผลิตหัวสด น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว เปอร์เซ็นต์แป้ง ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ และปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 700 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 350 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีเทียบเท่าธาตุอาหารหลักในปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 350 กก./ไร่

3. ภายหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตของมันสำปะหลัง พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตรต่างๆ อย่างเดียว หรือการใส่ร่วมกับปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว รวมทั้งตำรับควบคุม (control) มีผลให้ค่า pH ของดินเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับเป็นด่างเล็กน้อยถึงด่างปานกลาง ค่า EC_e ของดินเปลี่ยนแปลงอยู่ในระดับที่ไม่เค็ม ปริมาณอินทรียวัตถุในดินอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินอยู่ในระดับสูงมาก ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินอยู่ในระดับปานกลางถึงระดับสูง นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร B อัตรา 700 กก./ไร่ มีผลให้ปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร D อัตรา 700 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยอินทรีย์สูตร C อัตรา 700 กก./ไร่

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาวิชาการระหว่างภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และบริษัท สหพัฒนาอินเตอร์โฮลดิ้ง จำกัด (มหาชน) รวมทั้งบริษัท วาย.วี.พี เฟอร์ติไลเซอร์ จำกัด ที่สนับสนุนปุ๋ยเคมีตลอดระยะการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2558. คู่มือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน ระบบโสตทัศนูปกรณ์. คณะเกษตร กำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม.

จีรนันท์ นิติเศรษฐ์, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, จุฑามาศ ร่มแก้ว, ธรรมธวัช แสงงาม และธีรยุทธ คล้ำชื่น. 2561. ผลของปุ๋ยอินทรีย์จากศูนย์ปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มมวลชีวภาพของกระถินเทพา. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 1 (2): 54-65.

จันจิรา แสงสีเหลือง, ชัยสิทธิ์ ทองจู, จุฑามาศ ร่มแก้ว และเกรียงไกร แก้วตระกูลพงษ์. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, น. 19-28. ในการประชุมทางวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. นครปฐม.

ชัยสิทธิ์ ทองจู, กานต์ การะเวก และปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์. 2553. ผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินยางตลาด. วารสารดินและปุ๋ย 32 (3): 170-179.

ชัยสิทธิ์ ทองจู และธนัตศรี สอนจิตร. 2553. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดิน

กำแพงแสน. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 28 (1) : 99-109.

ชัยสิทธิ์ ทองจู, ธนัตศรี สอนจิตร, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ธนศมณท์ กุลการัณย์เลิศ,ระวิวรรณ โชติพันธ์, ธีรยุทธ คล้ำชื่น และรุจิกร ศรีแม้นม่วง. 2555. ผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในดินชุดดินกำแพงแสน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 1 (1) : 14-28.

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, 53-66 น. ใน การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 11 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

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

ธนศมณท์ กุลการัณย์เลิศ, ชัยสิทธิ์ ทองจู, จุฑามาศ ร่มแก้ว และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. 2561. การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 36 (1): 40-49.

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

ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, ชัยสิทธิ์ ทองจู, กานต์ การะเวก, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ระวิวรรณ โชติพันธ์ และรุจิกร ศรี แม้นม่วง. 2555. ผลของกากตะกอนเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตมวลชีวภาพของยูคาลิปตัสที่ปลูกในชุดดินยางตลาด. วารสารแก่นเกษตร 40 (3): 217-228.

ธีรยุทธ คล้ำชื่น, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ทศพล พรพรหม และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. 2560. ผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อผลผลิตของมันสำปะหลัง และสมบัติของดิน. วารสารแก่นเกษตร 45 (4): 711-720.

นฤพน รักขยัน, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ศุภชัย อำคา, จุฑามาศ ร่มแก้ว และ ศิริสุดา บุตรเพชร. 2556. การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตของข้าว, น. 100-110. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ. นครปฐม.

ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ศุภชัย อำคา, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย และพงษ์เพชร พงษ์ศิวาภัย. 2560. ผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อสมบัติดิน ผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิตอ้อยปลูกและอ้อยตอ 1. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 35 (3): 19-28.

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

ภูวดล แท่นทอง, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, วนิดา สืบสายพรหม, ธรรมธวัช แสงงาม และธีรยุทธ คล้ำชื่น. 2562. ผลของปุ๋ยอินทรีย์จากศูนย์ปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ต่อการเจริญเติบโตและการเพิ่มมวลชีวภาพของยูคาลิปตัส. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 2 (1): in press.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2528. หลักการผลิตและการใช้ปุ๋ย. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ.

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

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2558-2560. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

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

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

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