การใช้ผลพลอยได้จากโรงงานน้ำตาลเป็นแหล่งโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง

Utilization of By-product from Sugar Factory as Sources of Potassium on Growth and Yield of Cassava

รุ่งนภา จำปาทอง[1] ชัยสิทธิ์ ทองจู[1*] ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย[1] อัญธิชา พรมเมืองคุก[1] จุฑามาศ ร่มแก้ว[2] พงษ์เพชร พงษ์ศิวาภัย[1] ณัชชา ศรหิรัญ[1] และธีรยุทธ คล้ำชื่น[3]

Rungnapa Jampathong[1], Chaisit Thongjoo[1*], Tawatchai Inboonchuay[1], Aunthicha Phommuangkhuk[1], Jutamas Romkaew[2], Pongpet Pongsivapai[1], Natcha Sornhiran[1] and Teerayut Klumchaun[3]

Received: December 6, 2022
Revised: February 31, 2023
Accepted: February 13, 2023

Abstract: This study investigated the utilization of by-product from sugar factory (venasses powder, VP) as sources of potassium on growth and yield of cassava (var. Huay Bong 60) planted in Kamphaeng Saen soil series. The experiment was arranged in Randomized Complete Block Design (RCBD) with 3 replications and consisted of 7 treatments. The results showed that the application of VP of 64.15 kg/rai in combination with chemical fertilizer (CF) grade 21-0-0 and 0-46-0 of 69.33 and 8.52 kg/rai, respectively ($VP_{8\%\ K2O}$, T_7) provided the highest plant height and leaf greenness (SPAD unit) which were not significantly different from the application of CF based on soil chemical analysis plus 100% of the K fertilizer from the original rate ($CF_{DOA}+K_{100\%}$, T_4), the application of VP of 48.12 kg/rai in combination with CF grade 21-0-0 and 0-46-0 of 71.05 and 8.57 kg/rai, respectively ($VP_{6\%\ K2O}$, T_6) and the application of CF based on soil chemical analysis plus 50% of the K fertilizer from the original rate ($CF_{DOA}+K_{50\%}$, T_3). While, all treatments that applied CF or VP in combination with CF effected insignificantly on fresh root yield, average weight/root, root width, root length, starch content, starch yield/unit area and concentration of N and P in fresh root but significantly different when comparing with the control treatment (control, T_1) that had the lowest fresh root yield, average weight/root, root width, root length, starch content, starch yield/unit area and concentration of N and P in fresh root.

Keywords: venasses powder, cassava, by-product

---

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

[2] ภาควิชาพืชไร่นา 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, Nakhon Pathom, 73140.

[2] Department of Agronomy, 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 and thongjuu@yahoo.com

Agricultural Science and Management J. 6 (2) : 112-123 (2023)

บทคัดย่อ: ศึกษาผลของการใช้ผลพลอยได้จากโรงงานน้ำตาล (ผงกากส่า) เป็นแหล่งโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 7 ตำรับทดลอง ผลการศึกษา พบว่า การใส่ผงกากส่าอัตรา 64.15 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 และ 0-46-0 อัตรา 69.33 และ 8.52 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ($VP_{8\% K2O}$, T_7) มีผลให้ความสูงต้นและค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมอีก 100 เปอร์เซ็นต์จากอัตราเดิม ($CF_{DOA}+K_{100\%}$, T_4) การใส่ผงกากส่าอัตรา 48.12 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 และ 0-46-0 อัตรา 71.05 และ 8.57 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ($VP_{6\% K2O}$, T_6) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมอีก 50 เปอร์เซ็นต์จากอัตราเดิม ($CF_{DOA}+K_{50\%}$, T_3) ขณะที่ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี มีผลให้ผลผลิตหัวสด น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความกว้างและความยาวหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control, T_1) ซึ่งมีผลให้ผลผลิตหัวสด น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความกว้างและความยาวหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังน้อยที่สุด

คำสำคัญ: ผงกากส่า, มันสำปะหลัง, ผลพลอยได้

คำนำ

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2564) รายงานว่าประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 10.92 ล้านไร่ ได้ผลผลิตหัวมันสด 35.09 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ 3.21 ตัน/ไร่ ปัจจุบันมันสำปะหลังมีการส่งออกและการเปิดตลาดในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรปและสาธารณรัฐประชาชนจีนมากขึ้น ประกอบกับรัฐบาลไทยได้สนับสนุนการสร้างโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อใช้ทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551 จึงส่งผลให้ความต้องการผลผลิตหัวสดมันสำปะหลังเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) โรงงานอุตสาหกรรมมักมีผลพลอยได้เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก เช่น กากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสียและเปลือกไม้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ ผลพลอยได้จากโรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) กากมันสำปะหลังจากโรงงานผลิตแป้งมัน เป็นต้น โดยผลพลอยได้ดังกล่าวมีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อยและมักก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาวได้ (Thongjoo *et al*., 2005) ที่ผ่านมามีรายงานเกี่ยวกับการนำผลพลอยได้มาใช้ประโยชน์ในแง่ปุ๋ยกับมันสำปะหลังค่อนข้างน้อย เช่น การใช้วัสดุอินทรีย์ผสมระหว่างผลพลอยได้จากโรงงานผงชูรสและขี้เถ้าลอย (ธีรยุทธ และคณะ, 2560) กากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสีย (ณิชากร และคณะ, 2562) ปุ๋ยอินทรีย์จากผลพลอยได้ของเครื่องกำจัดเศษขยะ (อริศชา และคณะ, 2563) ปุ๋ยอินทรีย์จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ (เสฏฐวุฒิ และคณะ, 2563) เป็นต้น โพแทสเซียม (K) มีความสำคัญต่อการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรตจากส่วนใบและต้นไปยังราก ประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ของธาตุโพแทสเซียมที่ดูดจากดินจะสะสมอยู่ในหัว หากดินมีปริมาณโพแทสเซียมต่ำเมื่อปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันอาจมีผลให้ธาตุโพแทสเซียมในดินไม่เพียงพอ (ชาญ และคณะ, 2537) และส่งผลให้ผลผลิตของหัวลดต่ำลงอย่างชัดเจน (โชติ และคณะ, 2529) ผงกากส่า (venasses powder, VP) จากโรงงานน้ำตาลมีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลดำ

เกิดจากกระบวนการกำจัดน้ำกากส่าที่มีค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์และปริมาณของโพแทสเซียมสูง โดยการเผาด้วยการระเหยแห้ง (slop evaporator) และนำไปเผาต่อด้วยเครื่อง incinerator ซึ่งผลพลอยได้จากกระบวนการดังกล่าว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในแง่การทดแทนปุ๋ยและลดผลกระทบด้านการจัดการกากอุตสาหกรรมได้อีกทางหนึ่ง (ThaiBev, 2557) อย่างไรก็ตาม ผงกากส่าแม้ว่าจะมีปริมาณโพแทสเซียมสูง (12-24 เปอร์เซ็นต์) แต่มีข้อจำกัดในด้าน pH ที่เป็นด่างจัดมาก (pH > 9) และค่าการนำไฟฟ้าที่สูงมาก (120-156 เดซิซีเมนต่อเมตร) (ชัยสิทธิ์ และคณะ, 2564) จึงเกิดแนวคิดในการศึกษาผลของการใช้ผงกากส่าเป็นแหล่งโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำผลพลอยได้มาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเหมาะสมแล้ว ยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลังในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งของผลพลอยได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของการใช้ผงกากส่าเป็นแหล่งโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2564 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 ณ แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ซึ่งเป็นชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen soil series, Ks; Typic Haplustalfs; fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic, Soil Survey Staff, 2003) งานทดลองนี้ประกอบด้วย 21 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 6 เมตร ยาว 8 เมตร ระยะปลูก 1 x 1 เมตร เก็บข้อมูลผลผลิตของมันสำปะหลังเฉพาะ 3 แถวกลาง เว้นหัวและท้ายแถว 1 เมตร วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 3 ซ้ำ 7 ตำรับทดลอง โดยรายละเอียดของตำรับทดลองได้แสดงไว้ใน (Table 1) ดำเนินการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน ซึ่งใช้วิธีการวิเคราะห์ดินตามหลักคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542) ได้แก่ ค่า pH (1:1 water) ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (EC_e) ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ และเนื้อดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2558) สำหรับสมบัติบางประการของดินก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน (Table 2)

ปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21 %N) ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (46 %P_2O_5) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 %K_2O) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับมันสำปะหลัง (ตำรับทดลองที่ 2) คือ 16, 4 และ 4 กิโลกรัม N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2553) ตำรับการทดลองที่ 3 และ 4 มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและมีการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมอีก 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์จากอัตราเดิม ส่วนตำรับทดลองที่ 5, 6 และ 7 มีการใส่ผงกากส่าอัตรา 32.08, 48.12 และ 64.15 กิโลกรัม/ไร่ ซึ่งเทียบเท่าธาตุโพแทสเซียมอัตรา 4, 6 และ 8 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตและปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตเพื่อปรับให้ปริมาณธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเท่ากับอัตรา 16 และ 4 กิโลกรัม N และ P_2O_5 ต่อไร่ ตามลำดับ (Table 1) สำหรับสมบัติบางประการของผงกากส่าก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน (Table 3)

Table 1 Detail of treatments.

Treatments	Descriptions	Symbols	Quantity of major elements (kgN-P_2O_5-K_2O per rai)
T_1	no fertilizer treatment	control	0-0-0
T_2	the application of chemical fertilizer (CF) based on soil chemical analysis	CF_{DOA}	16-4-4
T_3	the application of CF based on soil chemical analysis and add 50% of the K fertilizer from the original rate	$CF_{DOA}+K_{50\%}$	16-4-6
T_4	the application of CF based on soil chemical analysis and add 100% of the K fertilizer from the original rate	$CF_{DOA}+K_{100\%}$	16-4-8
T_5	the application of venasses powder (VP) of 32.08 kg/rai in combination with CF grade 21-0-0 and 0-46-0 of 72.76 and 8.61 kg/rai, respectively	$VP_{4\% K2O}$	16-4-4
T_6	the application of VP of 48.12 kg/rai in combination with CF grade 21-0-0 and 0-46-0 of 71.05 and 8.57 kg/rai, respectively	$VP_{6\% K2O}$	16-4-6
T_7	the application of VP of 64.15 kg/rai in combination with CF grade 21-0-0 and 0-46-0 of 69.33 and 8.52 kg/rai, respectively	$VP_{8\% K2O}$	16-4-8

Table 2 Chemical and physical properties of soil (0-30 cm layer) before the experiment.

Properties	Results	Rating
pH (1:1)	6.59	neutral
EC_e (dS/m)	0.50	non-saline
Organic matter (%)	0.74	low
Available P (mg/kg)	28.53	high
Exchangeable K (mg/kg)	63.74	moderate
Exchangeable Ca (mg/kg)	785	high
Exchangeable Mg (mg/kg)	66.46	moderate
Exchangeable Na (mg/kg)	117.56	-
Soil texture	sandy loam	-

Table 3 Chemical and physical properties of venasses powder (VP).

Properties	Results
pH (1:2)	10.36
EC (1:10, dS/m)	35.12
Organic matter (%)	54.84
Humic acid (%)	36.58
Total N (%)	2.24
Available P_2O_5 (%)	0.12
Exchangeable K_2O (%)	12.47
Total Ca (%)	0.23
Total Mg (%)	1.85
Total S (%)	0.36
Total Na (%)	0.67
Total Cl (mg/kg)	0.54
Total Fe (mg/kg)	348
Total Zn (mg/kg)	158
Total B (mg/kg)	6
Moisture (%)	7.89

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก ได้แก่ ความสูงต้นและค่าความเขียวของใบ (SPAD unit) (วัดตำแหน่งใบที่ 3-5 จากปลายยอด) โดยใช้เครื่อง chlorophyll meter (Minolta Co., Ltd., JAPAN: SPAD-502 model) ส่วนการเก็บข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน ได้แก่ ผลผลิตหัวสด น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความกว้างและความยาวหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด (ใช้เครื่อง Remain Scale) ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในผลผลิตหัวสด (ทัศนีย์ และ จงรักษ์, 2542) จากนั้น นำข้อมูลการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT (Duncan's multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม Statistical Package for the Social Science for Windows (SPSS) version 22

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของการใช้ผลพลอยได้จากโรงงานน้ำตาล (ผงกากส่า) เป็นแหล่งโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน ปรากฏผลดังนี้

1. การเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

1.1 ความสูงต้น

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี รวมทั้งตำรับควบคุม (control, T_1) มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือ ที่อายุ 3 เดือนหลังปลูก พบว่า การใส่ผงกากส่าอัตรา 64.15 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร

21-0-0 และ 0-46-0 อัตรา 69.33 และ 8.52 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ($VP_{8\%\ K2O}$, T_7) มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังมากที่สุด (115.74 เซนติเมตร) ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมอีก 100 เปอร์เซ็นต์จากอัตราเดิม ($CF_{DOA}+K_{100\%}$, T_4) ที่อายุ 6 และ 9 เดือนหลังปลูก พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังใกล้เคียงกัน ส่วนที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก พบว่า การใส่ผงกากส่าอัตรา 64.15 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 และ 0-46-0 อัตรา 69.33 และ 8.52 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ($VP_{8\%\ K2O}$, T_7) มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังมากที่สุด (318.49 เซนติเมตร) ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมอีก 100 เปอร์เซ็นต์จากอัตราเดิม ($CF_{DOA}+K_{100\%}$, T_4) การใส่ผงกากส่าอัตรา 48.12 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 และ 0-46-0 อัตรา 71.05 และ 8.57 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ($VP_{6\%\ K2O}$, T_6) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมอีก 50 เปอร์เซ็นต์จากอัตราเดิม ($CF_{DOA}+K_{50\%}$, T_3) อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอัตราเท่ากัน (ตำรับทดลองที่ 2-7) มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังโดยภาพรวมใกล้เคียงกัน

1.2 ค่าความเขียวของใบ

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี รวมทั้งตำรับควบคุม (control, T1) มีผลให้ค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5) กล่าวคือ ที่อายุ 3, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี มีผลให้ค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังใกล้เคียงกัน ส่วนที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก พบว่า การใส่ผงกากส่าอัตรา 64.15 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 และ 0-46-0 อัตรา 69.33 และ 8.52 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ($VP_{8\%\ K2O}$, T_7) มีผลให้ค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมอีก 100 เปอร์เซ็นต์จากอัตราเดิม ($CF_{DOA}+K_{100\%}$, T_4) การใส่ผงกากส่าอัตรา 48.12 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 และ 0-46-0 อัตรา 71.05 และ 8.57 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ($VP_{6\%\ K2O}$, T_6) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมอีก 50 เปอร์เซ็นต์จากอัตราเดิม ($CF_{DOA}+K_{50\%}$, T_3) โดยมีข้อสังเกตว่าค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังที่อายุ 6 เดือนหลังปลูกมีค่าสูงที่สุด และมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาของการศึกษา สอดคล้องกับอริศชา และคณะ (2563) ที่ทดลองกับมันสำปะหลัง ทั้งนี้เนื่องจากชุดดินกำแพงแสนมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ และการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ใส่จะลดลงตามระยะเวลา จึงส่งผลให้ค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังลดลง ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคลอโรฟิลล์ (ยงยุทธ, 2528) อย่างไรก็ตาม ตำรับควบคุม (control, T_1) มีผลให้ความสูงต้น และค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังน้อยที่สุดในทุกระยะการเจริญเติบโต

Table 4 Plant height of cassava at different ages.

Treatments	Plant height (cm)			
	3 MAP[1/]	6 MAP	9 MAP	12 MAP
T_1 = control	63.55[f2/]	111.69[f2/]	154.85[e2/]	179.38[e2/]
T_2 = CF_{DOA}	94.76[e]	165.53[e]	243.44[d]	287.59[d]
T_3 = CF_{DOA}+$K_{50\%}$	103.64[cd]	173.62[cd]	253.52[bc]	306.57[c]
T_4 = CF_{DOA}+$K_{100\%}$	113.51[a]	183.62[ab]	260.66[ab]	314.59[ab]
T_5 = $VP_{4\% K2O}$	96.67[de]	168.48[de]	247.53[cd]	291.53[d]
T_6 = $VP_{6\% K2O}$	106.38[bc]	176.77[bc]	255.37[abc]	310.56[bc]
T_7 = $VP_{8\% K2O}$	115.74[a]	185.42[a]	263.49[a]	318.49[a]
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	14.27	12.44	11.98	13.18

[1/] Months after planting

[2/] means within the same column followed by the same letter indicate no statistical difference by using DMRT

** indicated significant difference at P< 0.01

Table 5 Leaf greenness (SPAD unit) of cassava at different ages.

Treatments	SPAD unit			
	3 MAP[1/]	6 MAP	9 MAP	12 MAP
T_1 = control	38.58[c2/]	36.59[c2/]	33.68[c2/]	31.56[c2/]
T_2 = CF_{DOA}	42.48[b]	46.32[b]	44.34[b]	42.38[b]
T_3 = CF_{DOA}+$K_{50\%}$	44.47[ab]	50.57[a]	48.32[ab]	44.31[ab]
T_4 = CF_{DOA}+$K_{100\%}$	46.42[a]	52.30[a]	50.25[a]	46.23[ab]
T_5 = $VP_{4\% K2O}$	42.57[b]	46.48[b]	44.55[b]	43.47[ab]
T_6 = $VP_{6\% K2O}$	44.62[ab]	50.67[a]	48.45[ab]	45.29[ab]
T_7 = $VP_{8\% K2O}$	46.45[a]	52.49[a]	50.36[a]	47.23[a]
F-test	*	**	**	**
C.V. (%)	12.42	11.47	11.84	12.51

[1/] Months after planting

[2/] means within the same column followed by the same letter indicate no statistical difference by using DMRT

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

2. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง

2.1 ผลผลิตหัวสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี รวมทั้งตำรับควบคุม (control, T_1) มีผลให้ผลผลิตหัวสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 6) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี มีผลให้ผลผลิตหัวสดและน้ำหนักเฉลี่ย

ต่อหัวของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 11.12-11.83 ตัน/ไร่ และ 0.43-0.61 กิโลกรัม/หัว ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control, T_1) ซึ่งมีผลให้ผลผลิตหัวสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (3.41 ตัน/ไร่ และ 0.21 กิโลกรัม/หัว ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่เพิ่มขึ้น (4-8 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่) ไม่ได้มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตหัวสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวแตกต่างกันในทางสถิติ ทั้งนี้เป็นเพราะดินที่ใช้ปลูกมันสำปะหลังมีปริมาณธาตุโพแทสเซียมในระดับปานกลาง (Table 2) ซึ่งหากดินมีธาตุโพแทสเซียมในระดับต่ำจะส่งผลให้ผลผลิตหัวสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวต่ำลงอย่างชัดเจนได้ (โชติ และคณะ, 2529)

2.2 ความกว้างและความยาวหัวสด

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี รวมทั้งตำรับควบคุม (control, T_1) มีผลให้ความกว้างและความยาวหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 6) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี มีผลให้ความกว้างและความยาวหัวสดของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 5.32-5.73 และ 22.76-23.42 เซนติเมตร ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control, T_1) ซึ่งมีผลให้ความกว้างและความยาวหัวสดของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (3.72 และ 15.43 เซนติเมตร ตามลำดับ)

Table 6 Fresh root yield, average weight/root, root width and root length of cassava at 12 MAP[1/].

Treatments	Fresh root yield (ton/rai)	Average weight/root (kg)	Root width (cm)	Root length (cm)
T_1 = control	3.41[b2/]	0.21[e2/]	3.72[b2/]	15.43[b2/]
T_2 = CF_{DOA}	11.12[a]	0.43[d]	5.32[a]	22.76[a]
T_3 = CF_{DOA}+$K_{50\%}$	11.59[a]	0.49[cd]	5.64[a]	23.18[a]
T_4 = CF_{DOA}+$K_{100\%}$	11.79[a]	0.58[ab]	5.71[a]	23.38[a]
T_5 = $VP_{4\% K2O}$	11.32[a]	0.45[d]	5.38[a]	23.00[a]
T_6 = $VP_{6\% K2O}$	11.64[a]	0.52[bc]	5.68[a]	23.21[a]
T_7 = $VP_{8\% K2O}$	11.83[a]	0.61[a]	5.73[a]	23.42[a]
F-test	**	**	**	*
C.V. (%)	14.59	8.37	9.34	10.68

[1/] Months after planting

[2/] means within the same column followed by the same letter indicate no statistical difference by using DMRT

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

2.3 เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดและผลผลิตแป้งต่อพื้นที่

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี รวมทั้งตำรับควบคุม (control, T_1) มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดและผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 7) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด

และผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 28.64-29.63 เปอร์เซ็นต์ และ 3.18-3.51 ตัน/ไร่ ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control, T_1) ซึ่งมีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดและผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (23.52 เปอร์เซ็นต์ และ 0.80 ตัน/ไร่ ตามลำดับ)

Table 7 Starch content and starch yield of cassava at 12 MAP[1/].

Treatments	Starch content (%)	Starch yield (ton/rai)
T_1 = control	23.52[b2/]	0.80[d2/]
T_2 = CF_{DOA}	28.64[a]	3.18[c]
T_3 = CF_{DOA}+$K_{50\%}$	29.13[a]	3.38[ab]
T_4 = CF_{DOA}+$K_{100\%}$	29.57[a]	3.49[a]
T_5 = $VP_{4\% K2O}$	28.72[a]	3.25[bc]
T_6 = $VP_{6\% K2O}$	29.24[a]	3.40[a]
T_7 = $VP_{8\% K2O}$	29.63[a]	3.51[a]
F-test	*	**
C.V. (%)	9.39	10.56

[1/] Months after planting

[2/] means within the same column followed by the same letter indicate no statistical difference by using DMRT

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

2.4 ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในผลผลิตหัวสด

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี รวมทั้งตำรับควบคุม (control, T_1) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 8) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 0.326-0.338 และ 0.271-0.283 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะการทดลองนี้ (ตำรับทดลองที่ 2-7) มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอัตราเท่ากัน คือ 16 และ 4 กิโลกรัม N และ P_2O_5 ต่อไร่ ตามลำดับ จึงส่งผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสมในส่วนหัวสดไม่แตกต่างกัน ส่วนการใส่ผงกากส่าอัตรา 64.15 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 และ 0-46-0 อัตรา 69.33 และ 8.52 กิโลกรัม/ไร่ (VP8% K_2O, T_7) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (1.489 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมอีก 100 เปอร์เซ็นต์จากอัตราเดิม (CF_{DOA}+$K_{100\%}$, T_4) ขณะที่ตำรับควบคุม (control, T1) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (0.128, 0.095 และ 0.765 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

Table 8 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[b2/]	0.095[b2/]	0.765[d2/]
T_2 = CF_{DOA}	0.326[a]	0.271[a]	1.328[c]
T_3 = CF_{DOA}+$K_{50\%}$	0.330[a]	0.276[a]	1.395[b]
T_4 = CF_{DOA}+$K_{100\%}$	0.336[a]	0.281[a]	1.483[a]
T_5 = $VP_{4\% K2O}$	0.328[a]	0.274[a]	1.331[c]
T_6 = $VP_{6\% K2O}$	0.333[a]	0.278[a]	1.396[b]
T_7 = $VP_{8\% K2O}$	0.338[a]	0.283[a]	1.489[a]
F-test	**	**	**
C.V. (%)	11.23	10.36	11.12

[1/] Months after planting

[2/] means within the same column followed by the same letter indicate no statistical difference by using DMRT

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

จากผลการทดลองทั้งหมดข้างต้น ให้ข้อสังเกตว่าตำรับทดลองที่มีปริมาณธาตุอาหารหลัก (กิโลกรัม $N\text{-}P_2O_5\text{-}K_2O$ ต่อไร่) เท่ากัน พบว่าตำรับทดลองที่มีการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี (ตำรับทดลองที่ 5, 6 และ 7) มีแนวโน้มให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังโดยภาพรวมดีกว่าตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว (ตำรับทดลองที่ 2, 3 และ 4) ทั้งนี้เป็นเพราะผงกากส่ามีปริมาณอินทรียวัตถุ กรดฮิวมิก ธาตุรอง และจุลธาตุเป็นส่วนประกอบ (Table 3) จึงมีส่วนในการส่งเสริมให้มันสำปะหลังมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดีกว่าตำรับทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว แสดงให้เห็นว่าผงกากส่าจากโรงงานน้ำตาลสามารถใช้เป็นแหล่งของปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับมันสำปะหลังได้ แต่ต้องมีการใส่ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเพิ่มเติมเนื่องจากธาตุดังกล่าวมีปริมาณน้อยในผงกากส่า สำหรับข้อจำกัดของผงกากส่าที่มีสมบัติเป็นด่างจัดมากและค่าการนำไฟฟ้าที่สูงมาก แต่ในการทดลองนี้กลับพบว่าการใช้ผงกากส่าไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง ทั้งนี้เป็นเพราะปริมาณผงกากส่าที่ใช้อาจไม่มากพอ (ช่วงอัตรา 30-65 กิโลกรัม/ไร่) ที่จะส่งผลกระทบเชิงลบต่อการปลูกมันสำปะหลังในปีแรกได้ อย่างไรก็ตาม ควรศึกษาผลของผงกากส่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินบางประการด้วย โดยเฉพาะผลต่อค่า pH และค่า EC_e ของดิน ซึ่งอาจเป็นข้อควรระวังหากมีการนำผงกากส่าไปใช้ในระยะยาว

สรุป

การใส่ผงกากส่าอัตรา 64.15 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 และ 0-46-0 อัตรา 69.33 และ 8.52 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ($VP_{8\% K2O}$, T_7) มีผลให้ความสูงต้นและค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมอีก 100 เปอร์เซ็นต์จากอัตราเดิม (CF_{DOA}+$K_{100\%}$, T_4) การใส่ผงกากส่าอัตรา 48.12 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 และ 0-46-0 อัตรา 71.05 และ 8.57 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ ($VP_{6\% K2O}$, T_6) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมอีก 50 เปอร์เซ็นต์จากอัตราเดิม (CF_{DOA}+$K_{50\%}$, T_3) ขณะที่ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี มีผลให้ผลผลิตหัวสด

น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความกว้างและความยาวหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันและแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control, T_1) ซึ่งมีผลให้ผลผลิตหัวสด น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความกว้างและความยาวหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังน้อยที่สุด

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 100 น.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2558. คู่มือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน ระบบโสตทัศนูปกรณ์. คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 174 น.

ชาญ ถิรพร และโชติ สิทธิบุศย์. 2537. ดินและการใช้ปุ๋ยอย่างมีประสิทธิภาพกับมันสำปะหลัง, น.128-141. *ใน* เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง. ศูนย์วิจัยพืชไร่ระยอง, สถาบันวิจัยพืชไร่, กรมวิชาการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, ระยอง.

ชัยสิทธิ์ ทองจู, สิรินภา ช่วงโอภาส, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, ธีรยุทธ คล้ำชื่น, สุชาดา กรุณา, เกวลิน ศรีจันทร์, ชาลินี คงสุด และธรรมธวัช แสงงาม. 2564. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง “การใช้ประโยชน์ของสารปรับปรุงดินโพแทสเซียมฮิวเมทสำหรับการเพิ่มผลผลิตของพืช”. นครปฐม. 188 น.

โชติ สิทธิบุศย์, ชุมพล นาควิโรจน์, กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ และชัยโรจน์ วงศ์วิวัฒน์ชัย. 2529. การปลูกพืชหมุนเวียนและการใช้ปุ๋ยเพื่อการผลิตมันสำปะหลังระยะยาว, น. 63-74. *ใน* เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 4 เรื่อง “เราจะพัฒนาดินอีสานกันอย่างไร” จัดโดยสมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย ณ ห้องประชุมกรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.

ณิชากร ทองมี, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, สิรินภา ช่วงโอภาส, เกวลิน ศรีจันทร์, อัญธิชา พรมเมืองคุก, สุชาดา กรุณา, ศิริสุดา บุตรเพชร, ชาลินี คงสุด, ธรรมธวัช แสงงาม และธีรยุทธ คล้ำชื่น. 2562. ผลของปุ๋ยอินทรีย์จากศูนย์ปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียของสวนอุตสาหกรรมเครือสหพัฒน์ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 2 (2): 91-105.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 108 น.

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

ยงยุทธ โอสถสภา. 2528. หลักการผลิตและการใช้ปุ๋ย. สำนักพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ. 274 น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2556. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2554-2556. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 237 น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2564. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2562-2564. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 242 น.

เสฏฐวุฒิ อภิวัฒน์ตั้งสกุล, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, จุฑามาศ ร่มแก้ว, สิรินภา ช่วงโอภาส, เกวลิน ศรีจันทร์, อัญธิชา พรมเมืองคุก, สุชาดา กรุณา, ศิริสุดา บุตรเพชร, ชาลินี คงสุด, ธรรมธวัช แสงงาม

และธีรยุทธ คล้ำชื่น. 2563. ผลของปุ๋ยอินทรีย์ชนิดผง ชนิดอัดเม็ด และชนิดปั้นเม็ดจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 3 (2): 34-46.

อริศชา สิงหมงคล, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, จุฑามาศ ร่มแก้ว, เกวลิน ศรีจันทร์, สิรินภา ช่วงโอภาส, อัญธิชา พรมเมืองคุก, สุชาดา กรุณา, ศิริสุดา บุตรเพชร, ชาลินี คงสุด, ธรรมธวัช แสงงาม และธีรยุทธ คล้ำชื่น. 2563. ผลของปุ๋ยอินทรีย์จากผลพลอยได้ของเครื่องกำจัดเศษขยะต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง และสมบัติของดินบางประการ, น. 333-342. *ใน* การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 17 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

ThaiBev. 2557. การบริหารจัดการน้ำเสีย. (ระบบออนไลน์). แหล่งข้อมูล: http://www.thaibev.com/th08/aboutus.aspx?sublv1gID=39, (19 พฤศจิกายน 2565).

Soil Survey Staff. 2003. Key to Soil Taxonomy: Ninth Edition. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 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 Production Science 8(4): 475-481.