การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลัง

Utilization of By-Product from Tanning Industry on Growth and Yield of Cassava

ชญาณี บุตรครุธ[1] ชัยสิทธิ์ ทองจู[1*] ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย[1] และอัญธิชา พรมเมืองคุก[1]

Chayanee Butkhrut[1], Chaisit Thongjoo[1*], Tawatchai Inboonchuay[1] and Aunthicha Phommuangkhuk[1]

Received: October 24, 2023
Revised: January 4, 2024
Accepted: January 8, 2024

Abstract: The aim of this study was to investigate the utilization of by-product from tanning industry (BPTI) on growth and yield of cassava (var. Huay Bong 60) planted in Kamphaeng Saen soil series. The experimental design was arranged in Randomized Complete Block (RCB) with 3 replications and consisted of 8 treatments. The results of this study revealed that all treatments that applied of chemical fertilizer (CF) based on soil chemical analysis or the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI provided the highest plant height, leaf greenness (SPAD unit), fresh root yield, average weight/root, root length, starch content and concentrations of N, P and K in fresh root but significantly different when comparing with the control treatment (control, T_1), which resulted in the lowest plant height, leaf greenness, fresh root yield, average weight/root, root length, starch content and concentrations of N, P and K in fresh root. Furthermore, the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI (N_2) of 3.2 l/rai (CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{3.2\ l/rai}$, T_8) provided the highest root width and starch yield which was not marked different from the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI (N_1) of 3.2 l/rai (CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{3.2\ l/rai}$, T_6), the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI (N_2) of 1.6 l/rai (CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{1.6\ l/rai}$, T_7) and the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI (N_1) of 1.6 l/rai (CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{1.6\ l/rai}$, T_5).

Keywords: by-product from tanning industry (BPTI), starch yield, cassava

บทคัดย่อ: ศึกษาผลของการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 8 ตำรับทดลอง ผลการศึกษา พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ มีผลให้ความสูงต้น ค่าความเขียวของใบ ผลผลิตหัวสด น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความยาวหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในส่วนหัวสด

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

[1] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140

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

ใกล้เคียงกัน แต่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control : T_1) ซึ่งมีผลให้ความสูงต้น ค่าความเขียวของใบ ผลผลิตหัวสด น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว ความยาวหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังน้อยที่สุด นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (2) อัตรา 3.2 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{3.2\ l/rai}$, T_8) มีผลให้ความกว้างหัวสด และผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (1) อัตรา 3.2 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{3.2\ l/rai}$, T_6) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (2) อัตรา 1.6 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{1.6\ l/rai}$, T_7) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (1) อัตรา 1.6 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{1.6\ l/rai}$, T_5)

คำสำคัญ: ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนัง, ผลผลิตแป้ง, มันสำปะหลัง

คำนำ

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2565) รายงานว่าประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกมันสำปะหลัง 10.86 ล้านไร่ ได้ผลผลิตหัวมันสด 34.07 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ 3.43 ตัน/ไร่ โดยมันสำปะหลังมีการขยายการเปิดตลาดในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรปและสาธารณรัฐประชาชนจีน ทำให้มีโอกาสเพิ่มการส่งออกได้มากขึ้น ประกอบกับรัฐบาลไทยได้สนับสนุนการสร้างโรงงานผลิตเอทานอล จึงส่งผลให้ความต้องการผลผลิตหัวสดมันสำปะหลังเพิ่มขึ้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2556) โรงงานอุตสาหกรรมมักมีผลพลอยได้เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก เช่น กากตะกอนยีสต์ และน้ำวีแนสจากโรงงานผลิตเอทานอล กากมันสำปะหลังจากโรงงานผลิตแป้งมัน กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) เป็นต้น โดยผลพลอยได้ดังกล่าวมีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย และมักก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว (Thongjoo *et al*., 2005) ที่ผ่านมามีรายงานเกี่ยวกับการนำผลพลอยได้มาใช้ประโยชน์ในแง่ปุ๋ยกับมันสำปะหลังค่อนข้างน้อย เช่น การใช้ผลพลอยได้จากโรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) (ธีรยุทธ และคณะ, 2555; ภาณุพงศ์ และคณะ, 2557) วัสดุอินทรีย์ผสมระหว่างกากตะกอนยีสต์และน้ำวีแนส (ทิพวรรณ และคณะ, 2557; ณัฐวุฒิ และคณะ, 2565) วัสดุอินทรีย์ผสมระหว่างผลพลอยได้จากโรงงานผงชูรสและขี้เถ้าลอย (ธีรยุทธ และคณะ, 2560) กากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสีย (ณิชากร และคณะ, 2562) กากตะกอนจากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ (เสฏฐวุฒิ และคณะ, 2563) เป็นต้น ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนัง (by-product from tanning industry, BPTI) เกิดจากกระบวนการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) เพื่อแยกสารประกอบโปรตีนออกจากเศษของหนังสัตว์ มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้ม กลิ่นเหม็นรุนแรง (Cooman *et al*., 2003; Zhao *et al*., 2022) มีปริมาณไนโตรเจนในช่วง 5-7 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณอินทรียวัตถุในช่วง 25-30 เปอร์เซ็นต์ ค่า pH ในช่วง 8-9 และค่าการนำไฟฟ้าในช่วง 8-10 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร (ชัยสิทธิ์ และคณะ, 2565) จึงเกิดแนวคิดว่าหากมีการนำผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังมาผลิตเป็นปุ๋ยชนิดเหลวและหาแนวทางการใช้ประโยชน์โดยการฉีดพ่นทางใบร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยพิจารณาจากผลของปุ๋ยชนิดเหลว ดังกล่าวที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำผลพลอยได้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมแล้ว ยังเป็นทางเลือกสำหรับเกษตรกรที่ปลูกมันสำปะหลัง และช่วยลดมลภาวะที่อาจเกิดจากผลพลอยได้ดังกล่าวในระยะยาวได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนัง (BPTI) ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง 60 ณ แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ซึ่งเป็นชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen soil series, Ks; Typic Haplustalfs; fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic, Soil Survey Staff, 2003) โดยเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน ซึ่งใช้วิธีการวิเคราะห์ดินตามหลักคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542) ได้แก่ ค่า pH (1:1) ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (ECe) ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณเหล็ก สังกะสี และโบรอนที่สกัดได้ รวมทั้งเนื้อดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2558) สำหรับสมบัติบางประการของดินก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน (Table 1) ปลูกมันสำปะหลังในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2566 จำนวน 24 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 5 เมตร และยาว 7 เมตร จำนวน 5 แถว ทำการเก็บเกี่ยวเฉพาะ 3 แถวกลาง เว้นหัวและท้ายแถวประมาณ 1 เมตร โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยเท่ากับ 3 x 5 ตารางเมตร มีระยะห่างระหว่างต้น 1 เมตร และระยะห่างระหว่างแถว 1 เมตร วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 3 ซ้ำ 8 ตำรับทดลอง โดยรายละเอียดของตำรับทดลองได้แสดงไว้ใน (Table 2)

ปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21 %N) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 %K_2O) โดยแบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งอัตรา ในแต่ละตำรับทดลองที่อายุ 2 และ 4 เดือนหลังปลูก ยกเว้น ตำรับควบคุม (control) อัตราการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับมันสำปะหลังคือ 16 และ 4 กิโลกรัม N และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2553) สำหรับปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนัง (BPTI) ที่ใช้ในการทดลองมาจากโครงการพัฒนาวิชาการ ระหว่างบริษัท อินเตอร์ กรีน จำกัด และภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภายใต้โปรแกรมสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรม (ITAP) สวทช. ประกอบด้วย 3 สูตร คือ 1) สูตรดั้งเดิม (by-product from tanning industry (original); BPTI (O)) 2) สูตร BPTI (N_1) ประกอบด้วย BPTI (O) จำนวน 1,000 มิลลิลิตร และเติม $ZnSO_4$, $FeSO_4$ และ $Na_2[B_4O_5(OH)_4].8H_2O$ (sodium borate) จำนวน 5, 5 และ 5 กรัม ตามลำดับ และ 3) สูตร BPTI (N_2) ประกอบด้วย BPTI (O) จำนวน 1,000 มิลลิลิตร และเติม $ZnSO_4$, $FeSO_4$ และ $Na_2[B_4O_5(OH)_4].8H_2O$ จำนวน 10, 10 และ 10 กรัม ตามลำดับ โดยสมบัติบางประการของปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังทั้ง 3 สูตร ได้แสดงไว้ใน (Table 3) (วิเคราะห์ตามวิธีการของสำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, 2548) การฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังกระทำ 2 ครั้ง ที่อายุ 2 และ 4 เดือนหลังปลูก กล่าวคือ ตำรับทดลองที่ 3, 5 และ 7 ตวงปุ๋ยชนิดเหลวสูตร BPTI (O), BPTI (N_1) และ BPTI (N_2) จำนวน 200 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร โดยการฉีดพ่นแต่ละครั้งดำเนินการฉีดพ่น 4 ถัง/ไร่ (1.6 ลิตร/ไร่) ส่วนตำรับทดลองที่ 4, 6 และ 8 ตวงปุ๋ยชนิดเหลวสูตร BPTI (O), BPTI (N_1) และ BPTI (N_2) จำนวน 400 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร โดยการฉีดพ่นแต่ละครั้งดำเนินการฉีดพ่น 4 ถัง/ไร่ (3.2 ลิตร/ไร่)

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก (จำนวน 10 ต้น/แปลงย่อย) ได้แก่ ความสูงต้น และค่าความเขียวของใบ (SPAD unit) (วัดตำแหน่งใบที่ 3-5 จากปลายยอด) โดยใช้เครื่อง chlorophyll meter (Minolta Co., Ltd., JAPAN: SPAD-502 model) สำหรับการเก็บผลผลิตและองค์ประกอบ ผลผลิตของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือน (จำนวน 10 ต้น/แปลงย่อย) ได้แก่ ผลผลิตหัวสด น้ำหนักเฉลี่ยต่อหัว

ความกว้างและความยาวหัวสด เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสด (ใช้เครื่อง Remain Scale) ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในผลผลิตหัวสด จากนั้นนำข้อมูลการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ DMRT (Duncan's multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม Statistical Package for the Social Science for Windows (SPSS) version 22

Table 1 Chemical and physical properties of soil (0-30 cm) before the experiment.

Properties	Results	Rating
pH (1:1)	7.32	neutral
EC_e (dS/m)	1.37	non-saline
Organic matter (%)	0.81	low
Available P (mg/kg)	71.52	very high
Exchangeable K (mg/kg)	100.36	high
Exchangeable Ca (mg/kg)	1,152	high
Exchangeable Mg (mg/kg)	78.56	moderate
Exchangeable Na (mg/kg)	38.74	-
Extractable Fe (mg/kg)	8.51	low
Extractable Zn (mg/kg)	0.66	low
Extractable B (mg/kg)	0.80	moderate
Texture	sandy loam	-

Table 2 Detail of treatments.

Treatments	Descriptions	Symbols	Quantity of major elements	
			From chemical fertilizer (kgN-P_2O_5-K_2O per rai)	From by-product of tanning industry (BPTI) (gN-P_2O_5-K_2O per rai)
T_1	no fertilizer and no spraying with by-product from tanning industry (BPTI) treatment	control	0-0-0	0-0-0
T_2	the application of chemical fertilizers (CF) based on soil chemical analysis	CF_{DOA}	16-0-4	0-0-0
T_3	the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI (O) of 1.6 l/rai	CF_{DOA}+BPTI $(O)_{1.6\ l/rai}$	16-0-4	86.72-0-0
T_4	the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI (O) of 3.2 l/rai	CF_{DOA}+BPTI $(O)_{3.2\ l/rai}$	16-0-4	173.44-0-0
T_5	the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI (N_1) of 1.6 l/rai	CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{1.6\ l/rai}$	16-0-4	107.68-0-0

Table 2 (continued).

Treatments	Descriptions	Symbols	Quantity of major elements	
			From chemical fertilizer (kgN-P_2O_5-K_2O per rai)	From by-product of tanning industry (BPTI) (gN-P_2O_5-K_2O per rai)
T_6	the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI (N_1) of 3.2 l/rai	CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{3.2\ l/rai}$	16-0-4	215.36-0-0
T_7	the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI (N_2) of 1.6 l/rai	CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{1.6\ l/rai}$	16-0-4	114.24-0-0
T_8	the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI (N_2) of 3.2 l/rai	CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{3.2\ l/rai}$	16-0-4	228.48-0-0

Note
- BPTI (O) of 1.6 l/rai = 18.32, 6.14 and 1.60 mgFe, Zn and B per rai, respectively.
- BPTI (O) of 3.2 l/rai = 36.64, 12.28 and 3.20 mgFe, Zn and B per rai, respectively.
- BPTI (N_1) of 1.6 l/rai = 423.12, 1,721.6 and 442.75 mgFe, Zn and B per rai, respectively.
- BPTI (N_1) of 3.2 l/rai = 846.24, 3,443.2 and 885.5 mgFe, Zn and B per rai, respectively.
- BPTI (N_2) of 1.6 l/rai = 617.68, 2,489.6 and 778.96 mgFe, Zn and B per rai, respectively.
- BPTI (N_2) of 3.2 l/rai = 1,235.36, 4,979.2 and 1,557.92 mgFe, Zn and B per rai, respectively.

Table 3 Properties of by-product from tanning industry (BPTI) before the experiment.

Properties	Results		
	BPTI (O)	BPTI (N_1)	BPTI (N_2)
pH	8.96	8.76	8.61
EC (dS/m)	10.02	9.92	9.98
Organic matter (%)	27.28	27.46	27.60
Total N (%)	5.42	6.73	7.14
Total P (%)	n.d.	n.d.	n.d.
Total K (%)	0.01	n.d.	0.01
Total Ca (%)	1.76	1.79	1.17
Total Mg (%)	0.01	n.d.	n.d.
Total S (%)	0.12	0.10	0.09
Total Na (%)	1.27	0.34	0.34
Total Cl (%)	0.76	0.78	0.75
Total Mn (mg/l)	0.61	1.08	3.63
Total Cu (mg/l)	4.05	n.d.	n.d.
Total Fe (mg/l)	11.45	264.45	386.05
Total Zn (mg/l)	3.84	1,076	1,556
Total B (mg/l)	1.00	276.72	486.85

Note
- n.d. = not detected
- BPTI (O) = by-product from tanning industry (original)
- BPTI (N_1) = BPTI (O) 1,000 ml + $ZnSO_4$ 5 g + $FeSO_4$ 5 g + $Na_2[B4O_5(OH)_4].8H_2O$ 5 g
- BPTI (N_2) = BPTI (O) 1,000 ml + $ZnSO_4$ 10 g + $FeSO_4$ 10 g + $Na_2[B_4O_5(OH)_4].8H_2O$ 10 g

ผลการทดลองและวิจารณ์

การศึกษาการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของมันสำปะหลัง ปรากฏผลดังนี้

1. การเจริญเติบโตของมันสำปะหลัง

1.1 ความสูงต้น

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ รวมทั้งตำรับควบคุม (control : T_1) มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ มีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังใกล้เคียงกัน แต่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control : T_1) ซึ่งมีผลให้ความสูงต้นของมันสำปะหลังน้อยที่สุดในทุกระยะการเจริญเติบโต

Table 4 Plant height of cassava (var. Huay Bong 60) at different ages.

Treatments	Plant height (cm)			
	3 MAP [1/]	6 MAP	9 MAP	12 MAP
T_1 = control	52.64^{e} [2/]	106.75^{f} [2/]	156.49^{g} [2/]	181.14^{e} [2/]
T_2 = CF_{DOA}	85.34^{d}	151.69^{e}	215.70^{f}	294.30^{d}
T_3 = CF_{DOA}+BPTI (O)$_{1.6\ l/rai}$	87.23^{cd}	155.50^{de}	218.52^{ef}	297.64^{d}
T_4 = CF_{DOA}+BPTI (O)$_{3.2\ l/rai}$	89.65^{cd}	157.62^{cde}	221.54^{de}	300.78^{cd}
T_5 = CF_{DOA}+BPTI (N_1)$_{1.6\ l/rai}$	92.58^{bc}	160.45^{bcd}	225.56^{cd}	308.55^{bc}
T_6 = CF_{DOA}+BPTI (N_1)$_{3.2\ l/rai}$	98.49^{a}	166.45^{ab}	232.60^{ab}	316.45^{ab}
T_7 = CF_{DOA}+BPTI (N_2)$_{1.6\ l/rai}$	96.26^{ab}	164.67^{abc}	228.49^{bc}	312.49^{ab}
T_8 = CF_{DOA}+BPTI (N_2)$_{3.2\ l/rai}$	100.49^{a}	168.49^{a}	234.64^{a}	318.66^{a}
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	14.36	13.27	14.14	12.78

[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.

1.2 ค่าความเขียวของใบ

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ รวมทั้งตำรับควบคุม (control : T_1) มีผลให้ค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังที่อายุ 3, 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ มีผลให้ค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังใกล้เคียงกัน แต่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control : T_1) ซึ่งมีผลให้ค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังน้อยที่สุดในทุกระยะการเจริญเติบโต โดยมีข้อสังเกตว่าค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังที่อายุ 6 เดือนหลังปลูกมีค่าสูงที่สุด และมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาของการศึกษา สอดคล้องกับ ณิชากร และคณะ (2562) ที่ทดลองกับมันสำปะหลัง ทั้งนี้เนื่องจากชุดดินกำแพงแสนมีปริมาณอินทรียวัตถุ

ในระดับต่ำ ดังนั้น ปริมาณปุ๋ยที่ปลดปล่อยไนโตรเจนลดลงตามระยะเวลา จึงส่งผลให้ค่าความเขียวของใบมันสำปะหลังลดลง ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคลอโรฟิลล์นั่นเอง (ยงยุทธ, 2528)

Table 5 Leaf greenness (SPAD unit) of cassava (var. Huay Bong 60) at different ages.

Treatments	SPAD unit			
	3 MAP [1/]	6 MAP	9 MAP	12 MAP
T_1 = control	38.71[b 2/]	36.75[c 2/]	34.76[c 2/]	32.81[c 2/]
T_2 = CF_{DOA}	42.36[a]	46.25[b]	44.69[b]	42.74[b]
T_3 = CF_{DOA}+BPTI $(O)_{1.6\ l/rai}$	42.41[a]	46.57[ab]	45.46[ab]	43.23[ab]
T_4 = CF_{DOA}+BPTI $(O)_{3.2\ l/rai}$	42.47[a]	46.76[ab]	45.65[ab]	43.31[ab]
T_5 = CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{1.6\ l/rai}$	43.65[a]	48.63[ab]	47.37[ab]	45.35[ab]
T_6 = CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{3.2\ l/rai}$	44.53[a]	49.33[a]	47.41[ab]	45.41[ab]
T_7 = CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{1.6\ l/rai}$	44.45[a]	49.27[a]	47.41[ab]	45.39[ab]
T_8 = CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{3.2\ l/rai}$	44.58[a]	49.45[a]	47.62[a]	45.47[a]
F-test	*	**	**	**
C.V. (%)	12.38	11.35	12.18	12.32

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

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ รวมทั้งตำรับควบคุม (control : T_1) มีผลให้ผลผลิตหัวสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 6) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ มีผลให้ผลผลิตหัวสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 11.76-12.56 ตัน/ไร่ และ 0.41-0.51 กิโลกรัม แต่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control : T_1) ซึ่งมีผลให้ผลผลิตหัวสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อหัวของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (3.56 ตัน/ไร่ และ 0.23 กิโลกรัม ตามลำดับ)

2.2 ความกว้างและความยาวหัวสด

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ รวมทั้งตำรับควบคุม (control : T_1) มีผลให้ความกว้างและความยาวหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 6) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (2) อัตรา 3.2 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{3.2\ l/rai}$, T_8) มีผลให้ความกว้างหัวสดของมันสำปะหลังมากที่สุด (5.85 เซนติเมตร) ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (1) อัตรา 3.2 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{3.2\ l/rai}$, T_6) การ

ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (2) อัตรา 1.6 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{1.6\ l/rai}$, T_7) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (1) อัตรา 1.6 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{1.6\ l/rai}$, T_5) ขณะที่ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ มีผลให้ความยาวหัวสดของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 26.81-27.56 เซนติเมตร ส่วนตำรับควบคุม (control : T_1) มีผลให้ความกว้างและความยาวหัวสดของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (3.56 และ 15.54 เซนติเมตร ตามลำดับ)

Table 6 Fresh root yield, average weight/root, root width and root length of cassava (var. Huay Bong 60) at 12 MAP [1/]

Treatments	Fresh root yield (ton/rai)	Average weight/root (kg)	Root width (cm)	Root length (cm)
T_1 = control	3.72$^{b\ 2/}$	0.23$^{e\ 2/}$	3.56$^{d\ 2/}$	15.54$^{d\ 2/}$
T_2 = CF_{DOA}	11.76^{a}	0.41^{d}	4.51^{c}	21.31^{c}
T_3 = CF_{DOA}+BPTI $(O)_{1.6\ l/rai}$	12.31^{a}	0.43^{cd}	4.62^{c}	21.48^{c}
T_4 = CF_{DOA}+BPTI $(O)_{3.2\ l/rai}$	12.38^{a}	0.45^{bcd}	4.78^{c}	21.57^{bc}
T_5 = CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{1.6\ l/rai}$	12.42^{a}	0.47^{abc}	5.36^{b}	23.69^{ab}
T_6 = CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{3.2\ l/rai}$	12.51^{a}	0.50^{a}	5.63^{ab}	24.39^{a}
T_7 = CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{1.6\ l/rai}$	12.47^{a}	0.49^{ab}	5.45^{b}	23.71^{ab}
T_8 = CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{3.2\ l/rai}$	12.56^{a}	0.51^{a}	5.85^{a}	24.60^{a}
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	14.45	10.65	12.42	10.54

[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.

2.3 เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดและผลผลิตแป้งต่อพื้นที่

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ รวมทั้งตำรับควบคุม (control : T_1) มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดและผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ตามลำดับ (Table 7) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 26.81-27.56 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่(2)อัตรา3.2ลิตร/ไร่(CF_{DOA}+BPTI$(N_2)_{3.2l/rai}$,T_8) มีผลให้ผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังมากที่สุด (3.46 ตัน/ไร่) ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (1) อัตรา 3.2 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{3.2\ l/rai}$, T_6) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการ

ฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรม ฟอกหนังสูตรใหม่ (2) อัตรา 1.6 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{1.6\ l/rai}$, T_7) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (1) อัตรา 1.6 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{1.6\ l/rai}$, T_5) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรดั้งเดิมอัตรา 3.2 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI $(O)_{3.2\ l/rai}$, T_4) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรดั้งเดิมอัตรา 1.6 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI $(O)_{1.6\ l/rai}$, T_3) ขณะที่ตำรับควบคุม (control : T_1) มีผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งส่วนหัวสดและผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (22.83 เปอร์เซ็นต์ และ 0.85 ตัน/ไร่ ตามลำดับ)

Table 7 Starch contents and starch yield of cassava (var. Huay Bong 60) at 12 MAP [1/].

Treatments	Starch contents (%)	Starch yield (ton/rai)
T_1 = control	22.83[b 2/]	0.85[d 2/]
T_2 = CF_{DOA}	26.81[a]	3.15[c]
T_3 = CF_{DOA}+BPTI $(O)_{1.6\ l/rai}$	26.89[a]	3.31[b]
T_4 = CF_{DOA}+BPTI $(O)_{3.2\ l/rai}$	27.18[a]	3.36[ab]
T_5 = CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{1.6\ l/rai}$	27.32[a]	3.39[ab]
T_6 = CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{3.2\ l/rai}$	27.53[a]	3.44[a]
T_7 = CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{1.6\ l/rai}$	27.51[a]	3.43[ab]
T_8 = CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{3.2\ l/rai}$	27.56[a]	3.46[a]
F-test	*	**
C.V. (%)	9.51	11.19

[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

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ รวมทั้งตำรับควบคุม (control : T_1) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในผลผลิตหัวสดของมันสำปะหลังที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 8) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังใกล้เคียงกันในช่วง 0.224-0.242, 0.125-0.142 และ 1.363-1.386 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขณะที่ตำรับควบคุม (control : T_1) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในส่วนหัวสดของมันสำปะหลังน้อยที่สุด (0.143, 0.092 และ 0.873 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

Table 8 Concentrations of total N, P and K in fresh root of cassava (var. Huay Bong 60) at 12 MAP [1/]

Treatments	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)
T_1 = control	0.143$^{e\ 2/}$	0.092$^{d\ 2/}$	0.873$^{c\ 2/}$
T_2 = CF_{DOA}	0.224^{d}	0.125^{c}	1.363^{b}
T_3 = CF_{DOA}+BPTI (O)$_{1.6\ l/rai}$	0.227^{cd}	0.128^{bc}	1.368^{ab}
T_4 = CF_{DOA}+BPTI (O)$_{3.2\ l/rai}$	0.233^{bc}	0.133^{abc}	1.373^{ab}
T_5 = CF_{DOA}+BPTI (N_1)$_{1.6\ l/rai}$	0.236^{ab}	0.135^{abc}	1.378^{ab}
T_6 = CF_{DOA}+BPTI (N_1)$_{3.2\ l/rai}$	0.241^{ab}	0.141^{a}	1.384^{ab}
T_7 = CF_{DOA}+BPTI (N_2)$_{1.6\ l/rai}$	0.238^{ab}	0.138^{ab}	1.381^{ab}
T_8 = CF_{DOA}+BPTI (N_2)$_{3.2\ l/rai}$	0.242^{a}	0.142^{a}	1.386^{a}
F-test	**	**	**
C.V. (%)	10.28	11.47	12.08

[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.

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น ให้ข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ มีแนวโน้มให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินแต่เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เป็นเพราะปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนัง อาจมีสมบัติเป็นสารกระตุ้นเชิงชีวภาพของพืช (bio-stimulants) เนื่องจากจัดอยู่ในกลุ่มของสารฮิวมิก ผลิตภัณฑ์ที่มีฮอร์โมน และกรดอะมิโน ซึ่งมีการใช้ในปริมาณน้อยโดยการฉีดพ่นทางใบ (ยงยุทธ, 2560) แต่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารพืช นอกจากนี้ ปุ๋ยชนิดเหลวดังกล่าว มีธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน) และจุลธาตุผสมอยู่ด้วยโดยเฉพาะธาตุเหล็ก สังกะสี และโบรอน (Table 3) ประกอบกับแปลงทดลองที่ปลูกมันสำปะหลังมีปริมาณเหล็ก และสังกะสีที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำ ส่วนโบรอนที่สกัดได้อยู่ในระดับปานกลาง (Table 1) ดังนั้น การฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนัง จึงส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของมันสำปะหลังโดยภาพรวมดีขึ้นได้ นอกจากนี้ ผลการทดลองครั้งนี้ยังสอดคล้องกับน้ำผึ้ง และคณะ (2565) ที่รายงานว่าการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมสัตว์ปีก ทั้งการคลุกผสมกับปุ๋ยเคมี หรือการฉีดพ่นส่วนเหนือดินของพืช มีผลให้ผลผลิตอ้อยสด และค่า commercial cane sugar (CCS) มากที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อีกทั้งยังสอดคล้องกับผลการวิจัยที่รายงานว่าการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับสังกะสี (วรัญญา และคณะ, 2562) และโบรอน (ยศวดี และคณะ, 2561) มีแนวโน้มให้ผลผลิตองค์ประกอบผลผลิต ความเข้มข้นของธาตุสังกะสี และโบรอนที่สะสมในท่อนลำอ้อยมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว โดยผลการทดลองจะเด่นชัดเมื่อมีการปลูกทดสอบกับพืชในดินที่มีปริมาณสังกะสีและโบรอนในระดับต่ำ

สรุป

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (2) อัตรา 3.2 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI (N_2)$_{3.2\ l/rai}$, T_8) มีผลให้ความกว้างหัวสด และผลผลิตแป้งต่อพื้นที่ของมันสำปะหลังมากที่สุด ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลว จากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (1) อัตรา 3.2 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI (N_1)$_{3.2\ l/rai}$, T_6) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจาก

ผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (2) อัตรา 1.6 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI ($N_{2\ 1.6\ l/rai}$, T_7) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (1) อัตรา 1.6 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI ($N_{1\ 1.6\ l/rai}$, T_5)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการพัฒนาวิชาการ ระหว่าง บริษัท อินเตอร์ กรีน จำกัด และภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ภายใต้โปรแกรมสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรม (ITAP) สวทช.

เอกสารอ้างอิง

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

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2558. คู่มือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน ระบบโสตทัศนูปกรณ์. คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 174 น.

ชัยสิทธิ์ ทองจู สิรินภา ช่วงโอภาส อัญธิชา พรมเมืองคุก สุชาดา กรุณา เกวลิน ศรีจันทร์ ธีรยุทธ คล้ำชื่น ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย ชาลินี คงสุด และธรรมธวัช แสงงาม. 2565. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง “การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืชเศรษฐกิจ และสมบัติของดินบางประการ”, นครปฐม. 322 น.

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.

ณัฐวุฒิ อ่อนเฉียบ ชัยสิทธิ์ ทองจู ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย อัญธิชา พรมเมืองคุก และธีรยุทธ คล้ำชื่น. 2565. การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากโรงงานผลิตเอทานอลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 5 (2): 16-27.

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

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

ธีรยุทธ คล้ำชื่น ชัยสิทธิ์ ทองจู ศุภชัย อำคา ชาลินี คงสุด และวิชญ์ ชินธรรมมิตร. 2555. ผลของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของมันสำปะหลัง, หน้า 1222-1234. *ใน* การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

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

น้ำผึ้ง แสงใส ชัยสิทธิ์ ทองจู ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย และจุฑามาศ ร่มแก้ว. 2565. การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมสัตว์

ปีกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย. วารสารผลิตกรรมการเกษตร 4 (2): 27-39.

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

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

ยงยุทธ โอสถสภา. 2560. การใช้ปุ๋ยและสารเร่งทางใบ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 348 น.

ยศวดี เม่งเอียด ชัยสิทธิ์ ทองจู ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย จุฑามาศ ร่มแก้ว ธรรมธวัช แสงงาม และธีรยุทธ คล้ำชื่น. 2561. ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับโบรอนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยตอ (ปีที่ 1) ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 1 (2): 80-94.

วรัญญา เอมถมยา นัฐพร กลิ่นหอม ชัยสิทธิ์ ทองจู ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย จุฑามาศ ร่มแก้ว ชาลินี คงสุด ธรรมธวัช แสงงาม และธีรยุทธ คล้ำชื่น. 2562. การจัดการปุ๋ยร่วมกับสังกะสีต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, น. 69-82. *ใน* การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 6 “ดิน: กำเนิดของอาหารเพื่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม”, นครปฐม. น. 69-82.

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.

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

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2565. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2563-2565. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 224 น.

สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน. 2548. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า เล่มที่ 2. กรมพัฒนาที่ดิน, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 254 น.

Cooman, K., M. Gajardo, J. Nieto, C. Bornhardt and G. Vidal. 2003. Tannery wastewater characterization and toxicity effects on *Daphnia spp*. Environmental Toxicology 18 (1) : 45–51.

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.

Zhao, J., Q. Wu, Y. Tang, J. Zhou, and H. Guo. 2022. Tannery wastewater treatment: conventional and promising processes, an updated 20-year review. Journal of Leather Science and Engineering 4 (1): 1-22.