การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย

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

ภูเบศ กุลศิริ[1] ชัยสิทธิ์ ทองจู[1*] ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย[1] และอัญธิชา พรมเมืองคุก[1]

Phubes Kulsiri[1] Chaisit Thongjoo[1*] Tawatchai Inboonchuay[1] and Aunthicha Phommuangkhuk[1]

Received: September 13, 2023
Revised: October 24, 2023
Accepted: October 26, 2023

Abstract: The aim of this study was to investigate the utilization of by-product from tanning industry (BPTI) on growth and yield of sugarcane (var. Kamphaeng Saen 01-4-29) 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 the application of chemical fertilizers (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) resulted in the highest of plant height and sugar yield which were not significantly 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). While, all treatments that applied of CF based on soil chemical analysis or the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI provided the highest leaf greenness (SPAD unit), yield, weight/stalk, stalk height, stalk diameter, CCS and concentrations of total N, P and K in stalk,they were significantly different from the control treatment (control, T_1) that resulted in the lowest leaf greenness (SPAD unit), yield, weight/stalk, stalk height, stalk diameter, CCS and concentrations of total N, P and K in stalk.

Keywords: by-product from tanning industry (BPTI), sugar yield, sugarcane

บทคัดย่อ: ศึกษาผลของการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-4-29 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 8 ตำรับทดลอง ผลการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (2) อัตรา 3.2 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{3.2\ l/rai}$, T_8) มีผลให้ความสูงต้น และผลผลิตน้ำตาลของอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (1) อัตรา 3.2 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{3.2\ l/rai}$, T_6) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่

[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

(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 หรือการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ มีผลให้ค่าความเขียวของใบ ผลผลิตอ้อยสด น้ำหนักเฉลี่ยต่อลำ ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ค่า commercial cane sugar (CCS) ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในท่อนลำอ้อยใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control, T_1) ซึ่งมีผลให้ค่าความเขียวของใบ ผลผลิตอ้อยสด น้ำหนักเฉลี่ยต่อลำ ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ค่า CCS ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในท่อนลำอ้อยน้อยที่สุด

คำสำคัญ: ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนัง, ผลผลิตน้ำตาล, อ้อย

คำนำ

อ้อยเป็นพืชที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมน้ำตาลของประเทศ โดยสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล (2564) รายงานว่าเนื้อที่เพาะปลูกอ้อยทั้งประเทศมีประมาณ 11.02 ล้านไร่ ให้ผลผลิตอ้อยสด 105.94 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ย 9.66 ตัน/ไร่ เกษตรกรผู้ปลูกอ้อยส่วนใหญ่ของประเทศประสบปัญหาต้นทุนการผลิตที่สูงและส่งผลให้รายได้ลดลง (นาวา และคณะ, 2562) แนวทางหนึ่งที่ส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตของอ้อย คือ การเพิ่มผลผลิตอ้อยต่อหน่วยพื้นที่ให้สูงขึ้น ซึ่งกระทำได้หลายวิธี เช่น การศึกษาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสม (ยศวดี และคณะ, 2561; ณัชชา และคณะ, 2566) รวมทั้งการลดต้นทุนการผลิตโดยใช้ผลพลอยได้จากภาคเกษตร หรือภาคอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อทดแทนปุ๋ยเคมี หรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี (Thongjoo *et al*., 2005) เป็นต้น ที่ผ่านมามีรายงานวิจัยเกี่ยวกับการนำผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมมาช่วยเพิ่มผลผลิตของอ้อย เช่น กากตะกอนอ้อย (ชาลินี และคณะ, 2561) กากตะกอนเยื่อกระดาษ (จุฑามาศ และคณะ, 2553) กากตะกอนยีสต์และน้ำวีแนส (สันติภาพ และคณะ, 2557) น้ำกากส่าและน้ำเสียบำบัดจากโรงงานผลิตเอทานอล (อัจฉริกา และคณะ, 2565) กากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) (ชัยสิทธิ์ และคณะ, 2560) ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมสัตว์ปีก (น้ำผึ้ง และคณะ, 2565) เป็นต้น โรงงานอุตสาหกรรมมักมีผลพลอยได้เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก โดยผลพลอยได้ดังกล่าวมีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย จึงอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมทางดิน น้ำ และอากาศในระยะยาวได้ (Thongjoo *et al*., 2005) ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนัง (by-product from tanning industry, BPTI) เกิดจากกระบวนการไฮโดรไลซิส (hydrolysis) เพื่อแยกสารประกอบโปรตีนออกจากเศษของหนังสัตว์ มีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลเข้ม กลิ่นเหม็นรุนแรง (Cooman *et al*., 2003; Zhao *et al*., 2022) มีปริมาณไนโตรเจน และปริมาณอินทรียวัตถุสูง (5-7 และ 25-30 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) มีค่า pH ในช่วง 8-9 และมีค่าการนำไฟฟ้าประมาณ 8-10 เดซิซีเมนส์ต่อเมตร (ชัยสิทธิ์ และคณะ, 2565) จึงเกิดแนวคิดว่าหากมีการนำผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังมาผลิตเป็นปุ๋ยชนิดเหลว และหาแนวทางการใช้ประโยชน์โดยการฉีดพ่นทางใบร่วมกับปุ๋ยเคมี โดยพิจารณาจากผลของปุ๋ยชนิดเหลวดังกล่าวที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำผลพลอยได้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมแล้ว ยังเป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรที่ปลูกอ้อย อีกทั้งยังช่วยลดมลภาวะที่อาจเกิดจากผลพลอยได้ดังกล่าวในระยะยาวได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนัง (BPTI) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-4-29 บริเวณแปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ซึ่งเป็นชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen soil series, Ks; Typic Haplustalfs; fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic, Soil Survey Staff, 2003) เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน ตามวิธีการของทัศนีย์ และจงรักษ์ (2542) ได้แก่ ค่า pH (1:1 water) ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (EC_e) ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณเหล็ก สังกะสี และโบรอนที่สกัดได้ รวมทั้งเนื้อดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2558) สำหรับสมบัติบางประการของดินก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน (Table 1) ปลูกอ้อยในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2565 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2566 จำนวน 24 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 7.5 เมตร ยาว 8.0 เมตร จำนวน 5 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 1.5 เมตร เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยเฉพาะ 3 แถวกลาง เว้นหัวและท้ายแถวประมาณ 1 เมตร โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยเท่ากับ 4.5 x 6.0 ตารางเมตร วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 3 ซ้ำ 8 ตำรับทดลอง โดยรายละเอียดของตำรับทดลองได้แสดงไว้ใน (Table 2)

ปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21 %N) ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (46 %P_2O_5) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 %K_2O) โดยแบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งอัตรา ในแต่ละตำรับทดลองที่อายุ 2 และ 4 เดือนหลังปลูก ยกเว้น ตำรับควบคุม (control) อัตราการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อย คือ 12, 3 และ 6 กิโลกรัม N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2553) สำหรับปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนัง (BPTI) ที่ใช้ในการทดลองมาจากโครงการพัฒนาวิชาการ ระหว่างบริษัท อินเตอร์ กรีน จำกัด ร่วมกับภาควิชาปฐพีวิทยา 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 Boron 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 Boron 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 โดยการฉีดพ่นแต่ละครั้งดำเนินการฉีดพ่นอัตรา 4 ถัง/ไร่ (0.8 ลิตร/ไร่) ส่วนตำรับทดลองที่ 4, 6 และ 8 ตวงปุ๋ยชนิดเหลวสูตร BPTI (O), BPTI (N_1) และ BPTI (N_2) จำนวน 400 มิลลิลิตร/น้ำ 20 ลิตร โดยการฉีดพ่นแต่ละครั้งดำเนินการฉีดพ่นอัตรา 4 ถัง/ไร่ (1.6 ลิตร/ไร่)

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของอ้อยที่อายุ 3, 6, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก ได้แก่ ความสูงต้น และค่าความเขียวของใบ (SPAD unit) (วัดตำแหน่งใบที่ 3-5 จากปลายยอด) โดยใช้เครื่อง chlorophyll meter (Minolta Co., Ltd., JAPAN: SPAD-502 model) ส่วนการเก็บข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยที่อายุ 12 เดือน ได้แก่ ผลผลิตอ้อยสด น้ำหนักต่อลำ ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ค่า CCS และผลผลิตน้ำตาล นอกจากนี้วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในท่อนลำ ได้แก่ ความเข้มข้นธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ตามวิธีการของทัศนีย์ และจงรักษ์ (2542) จากนั้น นำข้อมูลการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตที่ได้จากการ ทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของ ค่าเฉลี่ยโดยใช้ 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)	7.19	neutral
ECe (dS/m)	1.47	non-saline
Organic matter (%)	1.21	moderately low
Available P (mg/kg)	51.24	very high
Exchangeable K (mg/kg)	118.41	high
Exchangeable Ca (mg/kg)	1,156	high
Exchangeable Mg (mg/kg)	94.51	moderate
Exchangeable Na (mg/kg)	33.89	-
Extractable Fe (mg/kg)	7.18	low
Extractable Zn (mg/kg)	0.67	low
Extractable B (mg/kg)	0.52	low
Soil 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 spray 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}	12-3-6	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 $(O)_{1.6\ l/rai}$	12-3-6	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 $(O)_{3.2\ l/rai}$	12-3-6	173.44-0-0
T_5	the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI (N1) of 1.6 l/rai	CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{1.6\ l/rai}$	12-3-6	107.68-0-0
T_6	the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI (N1) of 3.2 l/rai	CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{3.2\ l/rai}$	12-3-6	215.36-0-0
T_7	the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI (N2) of 1.6 l/rai	CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{1.6\ l/rai}$	12-3-6	114.24-0-0
T_8	the application of CF based on soil chemical analysis and spray with BPTI (N2) of 3.2 l/rai	CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{3.2\ l/rai}$	12-3-6	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 (N1) of 1.6 l/rai = 423.12, 1,721.6 and 442.75 mgFe, Zn and B per rai, respectively.
- BPTI (N1) of 3.2 l/rai = 846.24, 3,443.2 and 885.5 mgFe, Zn and B per rai, respectively.
- BPTI (N2) of 1.6 l/rai = 617.68, 2,489.6 and 778.96 mgFe, Zn and B per rai, respectively.
- BPTI (N2) 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 (N1) = BPTI (O) 1,000 ml + $ZnSO_4$ 5 g + $FeSO_4$ 5 g + Boron 5 g
- BPTI (N2) = BPTI (O) 1,000 ml + $ZnSO_4$ 10 g + $FeSO_4$ 10 g + Boron 10 g

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน ปรากฏผลดังนี้

1. การเจริญเติบโตของอ้อย

1.1 ความสูงต้น

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ รวมทั้งตำรับควบคุม (control : T_1) มีผลให้ความสูงต้นของอ้อยที่อายุ 3, 6, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือ ที่อายุ 3 เดือนหลังปลูก พบว่าทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ มีผลให้ความสูงต้นของอ้อยใกล้เคียงกัน ส่วนที่อายุ 6, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (2) อัตรา 3.2 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{3.2\ l/rai}$, T_8) มีผลให้ความสูงต้นของอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (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) ขณะที่ตำรับควบคุม (control, T_1) มีผลให้ความสูงต้นของอ้อยน้อยที่สุดในทุกระยะการเจริญเติบโต

1.2 ค่าความเขียวของใบ

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ รวมทั้งตำรับควบคุม (control : T_1) มีผลให้ค่าความเขียวของใบอ้อยที่อายุ 3, 6, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ มีผลให้ค่าความเขียวของใบอ้อยใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control, T_1) ซึ่งมีผลให้ค่าความเขียวของใบอ้อยน้อยที่สุดในทุกระยะการเจริญเติบโต โดยมีข้อสังเกตว่าค่าความเขียวของใบอ้อยที่อายุ 6 เดือนหลังปลูกมีค่าสูงที่สุดและมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาของการศึกษา สอดคล้องกับอัจฉริกา และคณะ (2565) และณัชชา และคณะ (2566) ที่ทดลองกับอ้อยที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน ซึ่งมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ-ค่อนข้างต่ำ และการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ใส่จะลดลงตามระยะเวลา จึงส่งผลให้ค่าความเขียวของใบอ้อยลดลง ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคลอโรฟิลล์ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541)

Table 4 Plant height of sugarcane at different ages.

Treatments	Plant height (cm)			
	3 MAP[1/]	6 MAP	8 MAP	9 MAP
T_1 = control	65.78$^{e\ 2/}$	111.45$^{d\ 2/}$	149.55$^{e\ 2/}$	180.57$^{d\ 2/}$
T_2 = CF_{DOA}	112.92^{d}	158.67^{c}	250.61^{d}	283.62^{c}
T_3 = CF_{DOA}+BPTI $(O)_{1.6\ l/rai}$	114.69^{d}	162.84^{c}	253.53^{cd}	285.49^{c}
T_4 = CF_{DOA}+BPTI $(O)_{3.2\ l/rai}$	118.56^{cd}	164.47^{c}	256.78^{c}	290.60^{c}
T_5 = CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{1.6\ l/rai}$	122.49^{bc}	173.64^{b}	273.66^{b}	305.75^{b}
T_6 = CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{3.2\ l/rai}$	128.58^{ab}	180.38^{ab}	278.60^{ab}	312.56^{ab}
T_7 = CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{1.6\ l/rai}$	125.59^{ab}	175.49^{ab}	275.78^{ab}	308.46^{ab}
T_8 = CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{3.2\ l/rai}$	130.58^{a}	182.57^{a}	280.32^{a}	315.42^{a}
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	14.31	12.68	12.09	13.54

[1/] Months after planting

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

** indicated significant difference at P< 0.01.

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

Treatments	Plant height (cm)			
	3 MAP[1/]	6 MAP	8 MAP	9 MAP
T_1 = control	38.82$^{b\ 2/}$	36.85$^{b\ 2/}$	34.66$^{b\ 2/}$	32.62$^{b\ 2/}$
T_2 = CF_{DOA}	43.22^{a}	48.50^{a}	45.33^{a}	42.47^{a}
T_3 = CF_{DOA}+BPTI $(O)_{1.6\ l/rai}$	43.31^{a}	48.84^{a}	45.45^{a}	42.49^{a}

Agricultural Science and Management J. 7 (3) : 61-71 (2024)

Table 5 (continued).

Treatments	Plant height (cm)			
	3 MAP[1/]	6 MAP	8 MAP	9 MAP
T_4 = CF_{DOA}+BPTI $(O)_{3.2\ l/rai}$	43.37[a]	49.51[a]	45.49[a]	42.62[a]
T_5 = CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{1.6\ l/rai}$	43.57[a]	49.69[a]	45.63[a]	42.68[a]
T_6 = CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{3.2\ l/rai}$	44.73[a]	50.57[a]	46.51[a]	43.54[a]
T_7 = CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{1.6\ l/rai}$	44.59[a]	50.56[a]	46.41[a]	43.47[a]
T_8 = CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{3.2\ l/rai}$	44.74[a]	50.65[a]	46.75[a]	43.61[a]
F-test	*	**	**	**
C.V. (%)	12.27	11.89	13.34	11.36

[1/] Months after planting

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

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

2. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย

2.1 ผลผลิตอ้อยสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อลำ

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ รวมทั้งตำรับควบคุม (control : T_1) มีผลให้ผลผลิตอ้อยสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อลำของอ้อยที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 6) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ มีผลให้ผลผลิตอ้อยสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อลำของอ้อยใกล้เคียงกันในช่วง 21.73-23.86 ตัน/ไร่ และ 2.13-2.26 กิโลกรัม/ลำ ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control, T_1) ซึ่งมีผลให้ผลผลิตอ้อยสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อลำของอ้อยน้อยที่สุด (13.56 ตัน/ไร่ และ 1.31 กิโลกรัม/ลำ ตามลำดับ)

2.2 ความยาวลำและเส้นผ่านศูนย์กลางลำ

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ รวมทั้งตำรับควบคุม (control : T_1) มีผลให้ความยาวลำและเส้นผ่านศูนย์กลางลำของอ้อยที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 6) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ มีผลให้ความยาวลำและเส้นผ่านศูนย์กลางลำของอ้อยใกล้เคียงกันในช่วง 268.57-285.58 และ 3.42-3.59 เซนติเมตร ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control, T_1) ซึ่งมีผลให้ความยาวลำและเส้นผ่านศูนย์กลางลำของอ้อยน้อยที่สุด (143.61 และ 2.31 เซนติเมตร ตามลำดับ)

2.3 ค่า CCS และผลผลิตน้ำตาล

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ รวมทั้งตำรับควบคุม (control : T_1) มีผลให้ค่า CCS และผลผลิตน้ำตาลของอ้อยที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 6) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ มีผลให้ค่า CCS ของอ้อยใกล้เคียงกันในช่วง 12.65-13.33 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (2) อัตรา 3.2 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{3.2\ l/rai}$, T_8) มีผลให้ผลผลิตน้ำตาล

ของอ้อยมากที่สุด (3.18 ตัน/ไร่) 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) ขณะที่ตำรับควบคุม (control, T_1) มีผลให้ค่า CCS และผลผลิตน้ำตาลของอ้อยน้อยที่สุด (8.73 เปอร์เซ็นต์ และ 1.18 ตัน/ไร่ ตามลำดับ)

2.4 ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในท่อนลำของอ้อย

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ รวมทั้งตำรับควบคุม (control : T_1) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในท่อนลำของอ้อยที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 7) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในท่อนลำอ้อยใกล้เคียงกันในช่วง 0.264-0.283, 0.051-0.063 และ 0.633-0.654 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control, T_1) ซึ่งมีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในท่อนลำอ้อยน้อยที่สุด (0.118, 0.033 และ 0.289 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

Table 6 Yield, weight/stalk, stalk height, stalk diameter, CCS and sugar yield of sugarcane at 12 MAP[1/].

Treatments	Yield (ton/rai)	Weight/stalk (kg)	Stalk height (cm)	Stalk diameter (cm)	CCS (%)	Sugar yield (ton/rai)
T_1 = control	13.56$^{c\ 2/}$	1.31$^{b\ 2/}$	143.61$^{e\ 2/}$	2.31$^{b\ 2/}$	8.73$^{b\ 2/}$	1.18$^{d\ 2/}$
T_2 = CF_{DOA}	21.73^{b}	2.13^{a}	268.57^{d}	3.42^{a}	12.65^{a}	2.75^{c}
T_3 = CF_{DOA}+BPTI $(O)_{1.6\ l/rai}$	22.42^{ab}	2.15^{a}	270.63^{cd}	3.44^{a}	12.73^{a}	2.85^{bc}
T_4 = CF_{DOA}+BPTI $(O)_{3.2\ l/rai}$	22.68^{ab}	2.17^{a}	274.57^{bcd}	3.48^{a}	12.86^{a}	2.92^{b}
T_5 = CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{1.6\ l/rai}$	23.42^{ab}	2.19^{a}	276.51^{bc}	3.51^{a}	13.13^{a}	3.08^{a}
T_6 = CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{3.2\ l/rai}$	23.73^{ab}	2.24^{a}	283.56^{a}	3.56^{a}	13.27^{a}	3.15^{a}
T_7 = CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{1.6\ l/rai}$	23.65^{ab}	2.22^{a}	280.49^{ab}	3.53^{a}	13.25^{a}	3.13^{a}
T_8 = CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{3.2\ l/rai}$	23.86^{a}	2.26^{a}	285.58^{a}	3.58^{a}	13.33^{a}	3.18^{a}
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	13.84	10.16	11.39	9.26	11.43	8.95

[1/] Months after planting

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

** indicated significant difference at P< 0.01.

Table 7 Concentrations of total N, P and K in stalk of sugarcane at 12 MAP[1/].

Treatments	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)
T_1 = control	0.118[e 2/]	0.033[e 2/]	0.289[b 2/]
T_2 = CF_{DOA}	0.264[d]	0.051[d]	0.633[a]
T_3 = CF_{DOA}+BPTI $(O)_{1.6\ l/rai}$	0.268[cd]	0.053[cd]	0.637[a]
T_4 = CF_{DOA}+BPTI $(O)_{3.2\ l/rai}$	0.272[bcd]	0.055[bcd]	0.640[a]
T_5 = CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{1.6\ l/rai}$	0.276[abc]	0.057[abcd]	0.643[a]
T_6 = CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{3.2\ l/rai}$	0.281[ab]	0.062[ab]	0.651[a]
T_7 = CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{1.6\ l/rai}$	0.279[ab]	0.060[abc]	0.648[a]
T_8 = CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{3.2\ l/rai}$	0.283[a]	0.063[a]	0.654[a]
F-test	**	**	**
C.V. (%)	12.24	10.73	11.19

[1/] Months after planting

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

** indicated significant difference at P< 0.01.

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น ให้ข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรต่างๆ มีแนวโน้มให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินแต่เพียงอย่างเดียว ทั้งนี้เป็นเพราะปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนัง อาจมีสมบัติเป็นสารกระตุ้นเชิงชีวภาพของพืช (bio-stimulants) เนื่องจากจัดอยู่ในกลุ่มของสารฮิวมิก ผลิตภัณฑ์ที่มีฮอร์โมน และกรดอะมิโน ซึ่งมีการใช้ในปริมาณน้อยโดยการฉีดพ่นทางใบ (ยงยุทธ, 2560) แต่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้ธาตุอาหารพืช นอกจากนี้ ปุ๋ยชนิดเหลวดังกล่าว มีธาตุอาหารหลัก (ไนโตรเจน) และจุลธาตุผสมอยู่ด้วยโดยเฉพาะธาตุเหล็ก สังกะสี และโบรอน (Table 3) ประกอบกับแปลงทดลองที่ปลูกอ้อยมีปริมาณเหล็ก สังกะสี และโบรอนที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำ (Table 1) จึงส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยโดยภาพรวมดีขึ้นได้ สอดคล้องกับน้ำผึ้ง และคณะ (2565) ที่รายงานว่าการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมสัตว์ปีก ทั้งการคลุกผสมกับปุ๋ยเคมี หรือการฉีดพ่นส่วนเหนือดินของพืช มีผลให้ผลผลิตอ้อยสด และค่า CCS มากที่สุด รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน อีกทั้งยังสอดคล้องกับผลการวิจัยที่รายงานว่าการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับสังกะสี (วรัญญา และคณะ, 2562) และโบรอน (ยศวดี และคณะ, 2562) มีแนวโน้มให้ผลผลิตองค์ประกอบผลผลิต ความเข้มข้นของธาตุสังกะสี และโบรอนที่สะสมในท่อนลำอ้อยมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว โดยผลการทดลองจะเด่นชัดเมื่อมีการปลูกทดสอบกับอ้อยในดินที่มีปริมาณสังกะสีและโบรอนในระดับต่ำ

สรุป

จากการศึกษาผลของการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมฟอกหนังต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย สามารถสรุปผลได้ดังนี้ คือ การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (2) อัตรา 3.2 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI $(N_2)_{3.2\ l/rai}$, T_8) มีผลให้ความสูงต้น และผลผลิตน้ำตาลของอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกันในทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ยชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (1) อัตรา 3.2 ลิตร/ไร่ (CF_{DOA}+BPTI $(N_1)_{3.2\ l/rai}$, T_6) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการฉีดพ่นปุ๋ย

ชนิดเหลวจากผลพลอยได้อุตสาหกรรมฟอกหนังสูตรใหม่ (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 หน้า.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 547 หน้า.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2558. คู่มือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน ระบบโสตทัศนูปกรณ์. คณะเกษตร กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม. 174 หน้า.

จุฑามาศ กล่อมจิตร ชัยสิทธิ์ ทองจู และจุฑามาศ ร่มแก้ว. 2553. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยตอปีที่ 1 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, น. 148-159. *ใน* การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

ชาลินี คงสุด ชัยสิทธิ์ ทองจู จุฑามาศ ร่มแก้ว และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. 2561. ผลของปุ๋ยอินทรีย์จากผลพลอยได้โรงงานน้ำตาลต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของอ้อย และสมบัติบางประการของดิน. วารสารแก่นเกษตร 46 (4): 623-632.

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

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

ณัชชา ทองนวล ชัยสิทธิ์ ทองจู ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย อัญธิชา พรมเมืองคุก จุฑามาศ ร่มแก้ว พงษ์เพชร พงษ์ศิวาภัย และ ณัชชา ศรหิรัญ. 2566. ผลของปุ๋ยไนโตรเจนชนิดต่างๆ ต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 6 (3) : (in press).

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

นาวา ทวิชาโรดม ปิยะ ดวงพัตรา ปิติ กันตังกุล และจุฑามาศ ร่มแก้ว. 2562. ประสิทธิผลทางการเกษตรและความคุ้มค่าในทางเศรษฐกิจของปุ๋ยเคมีเคลือบด้วยวัสดุนาโนที่ควบคุมการปลดปล่อยในอ้อย. วารสารแก่นเกษตร 47 (2) : 259-270.

น้ำผึ้ง แสงใส ชัยสิทธิ์ ทองจู ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย และจุฑามาศ ร่มแก้ว. 2565. การใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมสัตว์ปีกต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย. วารสารผลิตกรรมการเกษตร 4 (2): 27-39.

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

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

ยศวดี เม่งเอียด ภิญญาพัชญ์ มิ่งมิตร ชัยสิทธิ์ ทองจู ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย จุฑามาศ ร่มแก้ว ชาลินี คงสุด ธรรมธวัช แสงงาม และธีรยุทธ คล้ำชื่น. 2562. การจัดการปุ๋ยร่วมกับโบรอนต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, หน้า. 54-68. *ใน* การประชุมวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 6 “ดิน: กำเนิดของอาหารเพื่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม”, นครปฐม.

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. หน้า. 69-82.

สันติภาพ ทองอุ่น ชัยสิทธิ์ ทองจู ธงชัย มาลา ศุภชัย อำคา วิภาวรรณ ท้ายเมือง ชาลินี คงสุด ธีรยุทธ คล้ำชื่น ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์ และศิริสุดา บุตรเพชร. 2557. ผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากกากตะกอนยีสต์และน้ำวีแนสต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยตอปีที่ 1, หน้า. 39-52. *ใน* การประชุมวิชาการระดับนานาชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 11 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2564. รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อยปีการผลิต 2564/65. กลุ่มเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กองยุทธศาสตร์และแผนงาน, กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ. 79 หน้า.

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

อัจฉริกา สินธพานินท์ ชัยสิทธิ์ ทองจู ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย ทศพล พรพรหม ชาลินี คงสุด และธีรยุทธ คล้ำชื่น. 2565. การใช้ประโยชน์น้ำกากส่าและน้ำเสียบำบัดจากโรงงานผลิตเอทานอลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. แก่นเกษตร 50 (5): 1382-1391.

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 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 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.