การใช้ผงกากส่าจากโรงงานน้ำตาลเป็นปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อย

Utilization of Venasses Powder from Sugar Factory as Sources of Potassium Fertilizer on Growth and Yield of Sugarcane

ธิดารัตน์ พะสุธา[1] ชัยสิทธิ์ ทองจู[1*] ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย[1] อัญธิชา พรมเมืองคุก[1] จุฑามาศ ร่มแก้ว[2] พงษ์เพชร พงษ์ศิวาภัย[1] และณัชชา ศรหิรัญ[1]

Thidarat Phasutha[1], Chaisit Thongjoo[1*], Tawatchai Inboonchuay[1], Aunthicha Phommuangkhuk[1], Jutamas Romkaew[2], Pongpet Pongsivapai[1] and Natcha Sornhiran[1]

Received: December 20, 2022
Revised: March 8, 2023
Accepted: March 13, 2023

Abstract: This study investigated the utilization of by-product from sugar factory (venasses powder, VP) as a source of potassium fertilizer 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 7 treatments. The results showed that all treatments that applied chemical fertilizer (CF) based on soil chemical analysis or VP in combination with CF insignificantly increased in plant height, leaf greenness (SPAD unit), fresh yield, weight/stalk, stalk height, stalk diameter, CCS, sugar yield and concentrations of N and P in stalk which were markedly higher than those of control treatment. Comparatively, sugarcane in control plot produced the lowest plant height, leaf greenness (SPAD unit), fresh yield, weight/stalk, stalk height, stalk diameter, CCS, sugar yield and concentration of N and P in stalk. Furthermore, the application of VP of 96.23 kg/rai in combination with CF grade 21-0-0 and 0-46-0 of 46.86 and 6.26 kg/rai, respectively ($VP_{12\%}$ K_2O, T_7) provided the highest concentration of K in stalk which was not significantly different from the application of CF based on soil chemical analysis and adding 100% of the K fertilizer from the original rate ($CF_{DOA}+K_{100\%}$, T_4)

Keywords: venasses powder, sugarcane, by-product

บทคัดย่อ: ศึกษาผลของการใช้ผลพลอยได้จากโรงงานน้ำตาล (ผงกากส่า) เป็นปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-4-29 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน โดยวางแผนการทดลองแบบ RCBD จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 7 ตำรับทดลอง ผลการศึกษา พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน

[1] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140
[2] ภาควิชาพืชไร่นา 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
[2] Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom 73140
* Corresponding author: agrcht@ku.ac.th and thongjuu@yahoo.com

หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี มีผลให้ความสูงต้น ค่าความเขียวของใบ ผลผลิตอ้อยสด น้ำหนักต่อลำ ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ค่า CCS ผลผลิตน้ำตาล ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่สะสมในท่อนลำอ้อยใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control, T_1) ซึ่งมีความสูงต้น ค่าความเขียวของใบ ผลผลิตต่อไร่ น้ำหนักต่อลำ ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ค่า CCS ผลผลิตน้ำตาล ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่สะสมในท่อนลำอ้อยน้อยที่สุด นอกจากนี้ การใส่ผงกากส่าอัตรา 96.23 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 และ 0-46-0 อัตรา 46.86 และ 6.26 กิโลกรัม/ไร่ ($VP_{12\%}$ K_2O, T_7) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในท่อนลำอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมอีก 100 เปอร์เซ็นต์จากอัตราเดิม (CF_{DOA}+$K_{100\%}$, T_4)

คำสำคัญ: ผงกากส่า, อ้อย, ผลพลอยได้

คำนำ

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2564) รายงานว่าประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อย 10.11 ล้านไร่ ได้ผลผลิตอ้อยสด 105.86 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ยต่อพื้นที่ 10.47 ตัน/ไร่ ปัจจุบันเกษตรกรผู้ปลูกอ้อยส่วนใหญ่ของประเทศประสบปัญหาต้นทุนการผลิตที่สูงและส่งผลให้รายได้ลดลง (นาวา และคณะ, 2562) แนวทางหนึ่งที่ส่งเสริมการเพิ่มผลผลิตของอ้อย คือ การเพิ่มผลผลิตอ้อยต่อหน่วยพื้นที่ให้สูงขึ้น ซึ่งอาจกระทำได้หลายวิธี เช่น การศึกษาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสม (ภิญญาพัชญ์ และคณะ, 2561; นัฐพร และคณะ, 2561; วรัญญา และคณะ, 2561; ยศวดี และคณะ, 2561) รวมทั้งการลดต้นทุนการผลิตโดยใช้ผลพลอยได้จากภาคเกษตรหรือภาคอุตสาหกรรมเกษตรที่ปราศจากการปนเปื้อนของโลหะหนัก เพื่อทดแทนปุ๋ยเคมีหรือใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมี (Thongjoo *et al*., 2005) เป็นต้น ที่ผ่านมามีรายงานวิจัยเกี่ยวกับการนำผลพลอยได้จากโรงงานอุตสาหกรรมมาช่วยเพิ่มผลผลิตของอ้อย เช่น กากตะกอนอ้อย (ชาลินี และคณะ, 2562) กากตะกอนเยื่อกระดาษ (จุฑามาศ และคณะ, 2553) กากน้ำตาล ผงชูรส (อามิ-อามิ) (เยาวลักษณ์ และคณะ, 2554; ชัยสิทธิ์ และคณะ, 2560) กากตะกอนยีสต์และน้ำวีแนส (สันติภาพ และคณะ, 2557) น้ำวีแนสจากโรงงานเอทานอล (กาญจนา และคณะ, 2557) เป็นต้น ผงกากส่า (venasses powder, VP) จากโรงงานน้ำตาลมีลักษณะเป็นผงสีน้ำตาลดำ เกิดจากกระบวนการกำจัดน้ำกากส่าที่มีค่าความเข้มข้นของสารอินทรีย์และปริมาณของโพแทสเซียมสูง โดยการเผาด้วยการระเหยแห้ง (slop evaporator) และนำไปเผาต่อด้วยเครื่อง incinerator ซึ่งผลพลอยได้จากกระบวนการดังกล่าว สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในแง่การทดแทนปุ๋ย และลดผลกระทบด้านการจัดการกากอุตสาหกรรมได้อีกทางหนึ่ง (ThaiBev, 2557) อย่างไรก็ตาม ผงกากส่าแม้ว่าจะมีปริมาณโพแทสเซียมสูง (12-24 เปอร์เซ็นต์) ก็ยังมีธาตุอื่นๆ เป็นองค์ประกอบด้วย เช่น ไนโตรเจน แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี รวมทั้งปริมาณอินทรียวัตถุ และกรดฮิวมิก แต่มีข้อจำกัดในด้าน pH ที่เป็นด่างจัดมาก (pH > 9) และค่าการนำไฟฟ้าที่สูงมาก (120-156 เดซิซีเมนต่อเมตร) (ชัยสิทธิ์ และคณะ, 2564) จึงเกิดแนวคิดในการศึกษาผลของการใช้ผงกากส่าเป็นปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อย ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำผลพลอยได้มาใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเหมาะสมแล้ว ยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรที่ปลูกอ้อยในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งของผลพลอยได้อีกด้วย

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของการใช้ผงกากส่าเป็นปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-4-29 ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 ถึงเดือนมกราคม พ.ศ. 2565 ณ แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ซึ่งเป็นชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen soil series, Ks; Typic Haplustalfs; fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic, Soil Survey Staff, 2003) งานทดลองนี้ประกอบด้วย 21 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 7.5 เมตร ยาว 6.0 เมตร จำนวน 5 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 1.5 เมตร เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยเฉพาะ 3 แถวกลาง เว้นหัวและท้ายแถวประมาณ 1 เมตร โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยเท่ากับ 4.5 x 4.0 ตารางเมตร 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 ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ และเนื้อดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2558) สำหรับสมบัติบางประการของดินก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน (Table 2)

ปุ๋ยเคมีที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21 %N) ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (46 %P_2O_5) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 %K_2O) โดยการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อย (ตำรับทดลองที่ 2) คือ 12, 3 และ 6 กิโลกรัม N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2553) ตำรับการทดลองที่ 3 และ 4 มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินและมีการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมอีก 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์จากอัตราเดิม (9 และ 12 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ) ส่วนตำรับทดลองที่ 5, 6 และ 7 มีการใส่ผงกากส่าเทียบเท่าธาตุโพแทสเซียมอัตรา 6, 9 และ 12 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ ร่วมกับการใส่ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟตและปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟตเพื่อปรับให้ปริมาณธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเท่ากับอัตรา 12 และ 3 กิโลกรัม N และ P_2O_5 ต่อไร่ ตามลำดับ (Table 1) สำหรับสมบัติบางประการของผงกากส่าก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน (Table 3)

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของอ้อยที่อายุ 3, 6, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก ได้แก่ ความสูงต้น (วัดจากโคนต้นถึงปลายยอดของท่อนลำอ้อย) 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 commercial cane sugar (CCS) และผลผลิตน้ำตาล นอกจากนี้ วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในท่อนลำ ได้แก่ ความเข้มข้นธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามที่ได้อธิบายไว้โดยทัศนีย์ และจงรักษ์ (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

Table 1 Detail of treatments.

Treatments	Descriptions	Symbols	Quantity of major elements (kgN-P_2O_5-K2O 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}	12-3-6
T_3	the application of CF based on soil chemical analysis and adding 50% of the K fertilizer from the original rate	$CF_{DOA}+K_{50\%}$	12-3-9
T_4	the application of CF based on soil chemical analysis and adding 100% of the K fertilizer from the original rate	$CF_{DOA}+K_{100\%}$	12-3-12
T_5	the application of venasses powder (VP) of 48.12 kg/rai in combination with CF grade 21-0-0 and 0-46-0 of 52.00 and 6.39 kg/rai, respectively	$VP_{6\%\ K2O}$	12-3-6
T_6	the application of VP of 72.17 kg/rai in combination with CF grade 21-0-0 and 0-46-0 of 49.43 and 6.33 kg/rai, respectively	$VP_{9\%\ K2O}$	12-3-9
T_7	the application of VP of 96.23 kg/rai in combination with CF grade 21-0-0 and 0-46-0 of 46.86 and 6.26 kg/rai, respectively	$VP_{12\%\ K2O}$	12-3-12

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

Properties	Results	Rating
pH (1:1)	8.32	moderate alkaline
EC_e (dS/m)	1.23	non-saline
Organic matter (%)	0.79	low
Available P (mg/kg)	43.15	high
Exchangeable K (mg/kg)	114.81	high
Exchangeable Ca (mg/kg)	1,868	high
Exchangeable Mg (mg/kg)	116.29	moderate
Exchangeable Na (mg/kg)	124.73	-
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

Table 3 (continued).

Properties	Results
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

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของการใช้ผลพลอยได้จากโรงงานน้ำตาล (ผงกากส่า) เป็นปุ๋ยโพแทสเซียมต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-4-29 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน ปรากฏผลดังนี้

1. การเจริญเติบโตของอ้อย

1.1 ความสูงต้น

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี รวมทั้งตำรับควบคุม (control, T_1) มีผลให้ความสูงต้นของอ้อยที่อายุ 3, 6, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี มีผลให้ความสูงต้นของอ้อยใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control, T_1) ซึ่งมีความสูงต้นของอ้อยน้อยที่สุดในทุกระยะการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอัตราเท่ากัน (ตำรับทดลองที่ 2-7) มีผลให้ความสูงต้นของอ้อยโดยภาพรวมใกล้เคียงกัน

1.2 ค่าความเขียวของใบ

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี รวมทั้งตำรับควบคุม (control, T_1) มีผลให้ค่าความเขียวของใบอ้อยที่อายุ 6, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 5) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี มีผลให้ค่าความเขียวของใบอ้อยใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control, T_1) ซึ่งมีค่าความเขียวของใบอ้อยน้อยที่สุดในทุกระยะการเจริญเติบโต โดยมีข้อสังเกตว่าค่าความเขียวของใบอ้อยที่อายุ 6 เดือนหลังปลูกมีค่าสูงที่สุด และมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาของการศึกษา สอดคล้องกับยศวดี และคณะ (2561) ที่ทดลองกับอ้อย ทั้งนี้เนื่องจากชุดดินกำแพงแสนมีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ และการปลดปล่อยไนโตรเจนจากปุ๋ยที่ใส่จะลดลงตามระยะเวลา จึงส่งผลให้ค่าความเขียวของใบอ้อยลดลง ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของคลอโรฟิลล์ (ยงยุทธ, 2528)

Table 4 Plant height of sugarcane at different ages.

Treatments	Plant height (cm)			
	3 MAP[1/]	6 MAP	9 MAP	12 MAP
T_1 = control	73.42$^{d\ 2/}$	114.64$^{e\ 2/}$	148.43$^{e\ 2/}$	174.74$^{c\ 2/}$
T_2 = CF_{DOA}	118.67^{c}	163.53^{d}	254.46^{d}	312.63^{b}
T_3 = CF_{DOA}+$K_{50\%}$	124.73^{abc}	172.67^{bc}	263.46^{bcd}	318.56^{ab}
T_4 = CF_{DOA}+$K_{100\%}$	128.55^{ab}	176.49^{ab}	271.54^{ab}	324.57^{a}
T_5 = $VP_{6\%\ K2O}$	122.75^{bc}	168.39^{cd}	256.52^{cd}	314.67^{b}
T_6 = $VP_{9\%\ K2O}$	126.52^{ab}	174.60^{abc}	265.30^{abc}	321.26^{ab}
T_7 = $VP_{12\%\ K2O}$	130.58^{a}	180.49^{a}	274.70^{a}	326.35^{a}
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	13.91	12.17	12.83	13.72

[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 sugarcane at different ages.

Treatments	SPAD unit			
	3 MAP[1/]	6 MAP	9 MAP	12 MAP
T_1 = control	38.57	36.35$^{b\ 2/}$	34.72$^{b\ 2/}$	32.33$^{b\ 2/}$
T_2 = CF_{DOA}	42.43	46.68^{a}	44.56^{a}	43.18^{a}
T_3 = CF_{DOA}+$K_{50\%}$	43.24	47.51^{a}	45.36^{a}	43.21^{a}
T_4 = CF_{DOA}+$K_{100\%}$	43.39	48.44^{a}	46.45^{a}	44.59^{a}
T_5 = $VP_{6\%\ K2O}$	42.56	47.42^{a}	45.35^{a}	43.21^{a}
T_6 = $VP_{9\%\ K2O}$	43.27	47.58^{a}	45.70^{a}	43.42^{a}
T_7 = $VP_{12\%\ K2O}$	43.62	48.50^{a}	46.46^{a}	44.62^{a}
F-test	ns	**	**	**
C.V. (%)	10.24	11.59	12.47	11.79

[1/] Months after planting

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

ns = not significantly different at 0.05 probability ** indicated significant difference at P< 0.01

2. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย

2.1 ผลผลิตอ้อยสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อลำ

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี รวมทั้งตำรับควบคุม (control, T_1) มีผลให้ผลผลิตอ้อยสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อลำของอ้อยที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 6) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี มีผลให้ผลผลิตอ้อยสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อลำของอ้อยใกล้เคียงกันในช่วง 21.28-23.62 ตัน/ไร่ และ 2.21-2.32 กิโลกรัม/ลำ ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติ

เมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control, T_1) ซึ่งมีผลผลิตอ้อยสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อลำของอ้อยน้อยที่สุด (12.69 ตัน/ไร่ และ 1.38 กิโลกรัม/ลำ ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตราที่เพิ่มขึ้น (6-12 กิโลกรัม K_2O ต่อไร่) ไม่ได้มีผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตอ้อยสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อลำแตกต่างกันในทางสถิติ ทั้งนี้เป็นเพราะดินที่ใช้ปลูกอ้อยมีปริมาณธาตุโพแทสเซียมในระดับสูง (Table 2) ซึ่งหากดินมีธาตุโพแทสเซียมในระดับต่ำจะส่งผลให้ผลผลิตอ้อยสดและน้ำหนักเฉลี่ยต่อลำเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนได้ (เยาวลักษณ์ และคณะ, 2554)

2.2 ความยาวลำและเส้นผ่านศูนย์กลางลำ

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี รวมทั้งตำรับควบคุม (control, T_1) มีผลให้ความยาวลำและเส้นผ่านศูนย์กลางลำของอ้อยที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 6) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี มีผลให้ความยาวลำและเส้นผ่านศูนย์กลางลำของอ้อยใกล้เคียงกันในช่วง 291.47-312.60 และ 3.32-3.48 เซนติเมตร ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control, T_1) ซึ่งมีความยาวลำและเส้นผ่านศูนย์กลางลำของอ้อยน้อยที่สุด (146.71 และ 2.36 เซนติเมตร ตามลำดับ)

2.3 ค่า CCS และผลผลิตน้ำตาล

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี รวมทั้งตำรับควบคุม (control, T_1) มีผลให้ค่า CCS และผลผลิตน้ำตาลของอ้อยที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 6) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี มีผลให้ค่า CCS และผลผลิตน้ำตาลของอ้อยใกล้เคียงกันในช่วง 13.11-13.48 เปอร์เซ็นต์ และ 2.79-3.18 ตัน/ไร่ ตามลำดับ และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control, T_1) ซึ่งมีค่า CCS และผลผลิตน้ำตาลของอ้อยน้อยที่สุด (8.72 เปอร์เซ็นต์ และ 1.11 ตัน/ไร่ ตามลำดับ)

2.4 ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในท่อนลำของอ้อย

การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี รวมทั้งตำรับควบคุม (control, T_1) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในท่อนลำของอ้อยที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 7) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสมในท่อนลำอ้อยใกล้เคียงกันในช่วง 0.287-0.298 และ 0.051-0.058 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้เป็นเพราะการทดลองนี้ (ตำรับทดลองที่ 2-7) มีการใส่ปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสอัตราเท่ากัน คือ 12 และ 3 กิโลกรัม N และ P_2O_5 ต่อไร่ ตามลำดับ จึงส่งผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสที่สะสมในท่อนลำอ้อยไม่แตกต่างกัน ส่วนการใส่ผงกากส่าอัตรา 96.23 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 และ 0-46-0 อัตรา 46.86 และ 6.26 กิโลกรัม/ไร่ ($VP_{12\%\ K_2O}$, T7) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในท่อนลำอ้อยมากที่สุด (0.678 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมอีก 100 เปอร์เซ็นต์จากอัตราเดิม ($CF_{DOA}+K_{100\%}$, T_4) ขณะที่ตำรับควบคุม (control, T_1) มีความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในท่อนลำอ้อยน้อยที่สุด (0.111, 0.036 และ 0.242 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	12.69[b 2/]	1.38[b 2/]	146.71[c 2/]	2.36[b 2/]	8.72[b 2/]	1.11[c 2/]
T_2 = CF_{DOA}	21.28[a]	2.21[a]	291.47[b]	3.32[a]	13.11[a]	2.79[b]
T_3 = CF_{DOA}+$K_{50\%}$	22.48[a]	2.26[a]	297.55[b]	3.40[a]	13.22[a]	2.97[ab]
T_4 = CF_{DOA}+$K_{100\%}$	23.51[a]	2.31[a]	309.67[a]	3.46[a]	13.43[a]	3.16[a]
T_5 = $VP_{6\% K2O}$	21.37[a]	2.24[a]	295.36[b]	3.36[a]	13.18[a]	2.82[b]
T_6 = $VP_{9\% K2O}$	22.62[a]	2.28[a]	302.51[ab]	3.42[a]	13.26[a]	3.00[ab]
T_7 = $VP_{12\% K2O}$	23.62[a]	2.32[a]	312.60[a]	3.48[a]	13.48[a]	3.18[a]
F-test	**	**	**	*	**	**
C.V. (%)	15.19	10.12	12.23	8.36	8.82	9.56

[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

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	0.111[b 2/]	0.036[b 2/]	0.242[d 2/]
T_2 = CF_{DOA}	0.287[a]	0.051[a]	0.578[c]
T_3 = CF_{DOA}+$K_{50\%}$	0.293[a]	0.054[a]	0.608[b]
T_4 = CF_{DOA}+$K_{100\%}$	0.296[a]	0.056[a]	0.675[a]
T_5 = $VP_{6\% K2O}$	0.291[a]	0.052[a]	0.583[c]
T_6 = $VP_{9\% K2O}$	0.294[a]	0.055[a]	0.612[b]
T_7 = $VP_{12\% K2O}$	0.298[a]	0.058[a]	0.678[a]
F-test	**	*	**
C.V. (%)	10.32	9.33	10.81

[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-P_2O_5-K_2O ต่อไร่) เท่ากัน พบว่า ตำรับทดลองที่มีการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี (ตำรับทดลองที่ 5, 6 และ 7) มีแนวโน้มให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยโดยภาพรวมดีกว่าตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว (ตำรับทดลองที่ 2, 3 และ 4)

ทั้งนี้เป็นเพราะผงกากส่ามีปริมาณอินทรียวัตถุ กรดฮิวมิก ธาตุรอง และจุลธาตุเป็นส่วนประกอบ (Table 3) จึงมีส่วนในการส่งเสริมให้อ้อยมีการเจริญเติบโตและให้ผลผลิตที่ดีกว่าตำรับทดลองที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว แสดงให้เห็นว่าผงกากส่าจากโรงงานน้ำตาลสามารถใช้เป็นแหล่งของปุ๋ยโพแทสเซียมสำหรับอ้อยได้ แต่ต้องมีการใส่ธาตุไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเพิ่มเติมเนื่องจากธาตุดังกล่าวมีปริมาณน้อยในผงกากส่า สำหรับข้อจำกัดของผงกากส่าที่มีสมบัติเป็นด่างจัดมากและค่าการนำไฟฟ้าที่สูงมาก แต่ในการทดลองนี้กลับพบว่าการใช้ผงกากส่าไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย ทั้งนี้เป็นเพราะปริมาณผงกากส่าที่ใช้อาจไม่มากพอ (ช่วงอัตรา 48-96 กิโลกรัม/ไร่) ที่จะส่งผลกระทบเชิงลบต่อการปลูกอ้อยในปีแรกได้ อย่างไรก็ตาม ควรศึกษาผลของผงกากส่าที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีของดินบางประการด้วย โดยเฉพาะผลต่อค่า pH และค่า EC_e ของดิน ซึ่งอาจเป็นข้อควรระวังหากมีการนำผงกากส่าไปใช้ในระยะยาว

สรุป

ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน หรือการใส่ผงกากส่าร่วมกับการใส่ปุ๋ยเคมี มีผลให้ความสูงต้น ค่าความเขียวของใบ ผลผลิตอ้อยสด น้ำหนักต่อลำ ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ค่า CCS ผลผลิตน้ำตาล ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่สะสมในท่อนลำอ้อยใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำรับควบคุม (control, T_1) ซึ่งมีความสูงต้น ค่าความเขียวของใบ ผลผลิตต่อไร่ น้ำหนักต่อลำ ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ ค่า CCS ผลผลิตน้ำตาล ปริมาณความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน และฟอสฟอรัสที่สะสมในท่อนลำอ้อยน้อยที่สุด นอกจากนี้ การใส่ผงกากส่าอัตรา 96.23 กิโลกรัม/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 21-0-0 และ 0-46-0 อัตรา 46.86 และ 6.26 กิโลกรัม/ไร่ (VP12% K_2O, T_7) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุโพแทสเซียมที่สะสมในท่อนลำอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน และการเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียมอีก 100 เปอร์เซ็นต์จากอัตราเดิม (CF_{DOA}+$K_{100\%}$, T_4)

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 88 หน้า.

กาญจนา มาล้อม ชัยสิทธิ์ ทองจู ทศพล พรพรหม วิภาวรรณ ท้ายเมือง ชาลินี คงสุด ธีรยุทธ คล้ำชื่น ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์ และศิริสุดา บุตรเพชร. 2557. ผลของน้ำวีแนสจากโรงงานเอทานอลที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย, 81-93 น. *ใน* การประชุมวิชาการระดับนานาชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 11 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2558. คู่มือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน ระบบโสตทัศนูปกรณ์. คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม. 207 หน้า.

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

ชาลินี คงสุด ชัยสิทธิ์ ทองจู ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย และธีรยุทธ คล้ำชื่น. 2562. การจัดการปุ๋ยอินทรีย์จากผลพลอยได้โรงงานน้ำตาลต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของอ้อยปลูกและอ้อยตอ 1 และสมบัติของดินบางประการ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 2 (2): 35-47.

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

ชัยสิทธิ์ ทองจู สิรินภา ช่วงโอภาส ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย ธีรยุทธ คล้ำชื่น สุชาดา กรุณา เกวลิน ศรีจันทร์ ชาลินี คงสุด และธรรมธวัช แสงงาม. 2564. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง “การใช้ประโยชน์ของสารปรับปรุงดินโพแทสเซียมฮิวเมทสำหรับการเพิ่มผลผลิตของพืช”. นครปฐม. 188 หน้า.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 66 หน้า.

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

นัฐพร กลิ่นหอม ชัยสิทธิ์ ทองจู ทศพล พรพรหม และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. 2561. ผลของการจัดการปุ๋ยธาตุอาหารหลักร่วมกับสังกะสีต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย. วารสารแก่นเกษตร 46 (4): 709-720.

ภิญญาพัชญ์ มิ่งมิตร ชัยสิทธิ์ ทองจู จุฑามาศ ร่มแก้ว สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์ และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. 2561. ผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับโบรอนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 7 (1) : 1-14.

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

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

เยาวลักษณ์ เนตรสิงห์ ชัยสิทธิ์ ทองจู และรัฐชา ชัยชนะ. 2554. การใช้ประโยชน์ของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในดินชุดดินกำแพงแสน. วิทยาสารกำแพงแสน 9 (3): 1-13.

วรัญญา เอมถมยา ชัยสิทธิ์ ทองจู ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย จุฑามาศ ร่มแก้ว ธรรมธวัช แสงงาม และธีรยุทธ คล้ำชื่น. 2561. ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับสังกะสีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยตอ (ปีที่ 1) ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ 1 (2): 66-79.

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

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2564. รายงานสถานการณ์การปลูกอ้อย ปีการผลิต 2564/2565. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.

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.