



วารสารแก่นเกษตร
THAIJO

Content List Available at [ThaiJO](https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj)

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj>



การใช้ประโยชน์น้ำกากส่าและน้ำเสียบำบัดจากโรงงานผลิตเอทานอลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน

Utilization of spent wash liquor and treated waste water from ethanol factory on growth and yield of sugarcane planted in Kamphaeng Saen soil series

อัจฉริกา สินธพานินท์¹, ชัยสิทธิ์ ทองจู^{1*}, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย¹, ทศพล พรพรหม², ชาลิณี คงสุต³ และ วีรยุทธ คล้าชื่น⁴

Achrika Sintapanin¹, Chaisit Thongjoo^{1*}, Tawatchai Inboonchuay¹, Tosapon Pornprom², Chalinee Khongsud³ and Teerayut Klumchaun⁴

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, Nakorn Pathom, 73140

² ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

² Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom, 73140

³ ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ. นครปฐม 73140

³ Research and Academic Service Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140.

⁴ คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ. ปทุมธานี 12130

⁴ Faculty of Agricultural Technology, Rajamangala University of Technology Thanyaburi, Pathum Thani 12130

บทคัดย่อ: ศึกษาการใช้ประโยชน์น้ำกากส่าและน้ำเสียบำบัดจากโรงงานผลิตเอทานอลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-4-29 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน โดยวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block (RCB) จำนวน 3 ซ้ำ 11 ตำรับทดลอง ผลการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้น้ำกากส่าอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และน้ำเสียบำบัดอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ($CF_{DOA}+SWL_{20\ m^3}+TWW_{20\ m^3}$) มีผลให้ความสูงต้น ความยาวลำ ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในท่อนลำของอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้น้ำกากส่าอัตรา 10 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และน้ำเสียบำบัดอัตรา 10 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ($CF_{DOA}+SWL_{10\ m^3}+TWW_{10\ m^3}$) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้น้ำกากส่าอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ($CF_{DOA}+SWL_{20\ m^3}$) และการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้น้ำกากส่าอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และน้ำเสียบำบัดอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ($CF_{DOA}+SWL_{40\ m^3}+TWW_{40\ m^3}$) นอกจากนี้ $CF_{DOA}+SWL_{20\ m^3}+TWW_{20\ m^3}$ มีผลให้ผลผลิตน้ำตาลของอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกับ $CF_{DOA}+SWL_{10\ m^3}+TWW_{10\ m^3}$ และ $CF_{DOA}+SWL_{20\ m^3}$
คำสำคัญ: อ้อย; น้ำกากส่า; น้ำเสียบำบัด

ABSTRACT: A field experiment was carried out to investigate the utilization of spent wash liquor (SWL) and treated waste water (TWW) from ethanol factory 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 three replications and consisted of 11 treatments. The results revealed that the application of chemical fertilizer (CF) based on soil chemical analysis in combination with SWL of 20 m³/rai and TWW of 20 m³/rai

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

($CF_{DOA}+SWL_{20\ m^3}+TWW_{20\ m^3}$) provided the highest height, stalk height and concentrations of N, P and K in stalk which were not significantly different from the applied with CF based on soil chemical analysis in combination with SWL of $10\ m^3/rai$ and TWW of $10\ m^3/rai$ ($CF_{DOA}+SWL_{10\ m^3}+TWW_{10\ m^3}$), the application of CF based on soil chemical analysis in combination with SWL of $20\ m^3/rai$ ($CF_{DOA}+SWL_{20\ m^3}$) and the application of CF based on soil chemical analysis in combination with SWL of $40\ m^3/rai$ and TWW of $40\ m^3/rai$ ($CF_{DOA}+SWL_{40\ m^3}+TWW_{40\ m^3}$). Further, the $CF_{DOA}+SWL_{20\ m^3}+TWW_{20\ m^3}$ provided the highest sugar yields which was not significantly different from the $CF_{DOA}+SWL_{10\ m^3}+TWW_{10\ m^3}$ and the $CF_{DOA}+SWL_{20\ m^3}$.

Keywords: sugarcane; spent wash liquor; water treatment

บทนำ

ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อย 11.47 ล้านไร่ ได้ผลผลิตอ้อยสด 116.78 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ย 10.19 ตัน/ไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) โดยความต้องการอ้อยของตลาดโลกและภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น แต่มีข้อจำกัดทางด้านต้นทุนการผลิตที่สูง และผลผลิตต่อไร่ต่ำ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2564) แนวทางที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตอ้อย คือ การเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ให้สูงขึ้น เช่น การนำผลพลอยได้จากภาคการเกษตร หรือภาคอุตสาหกรรมต่างๆ มาใช้เพื่อลดต้นทุน (ชาลินี และคณะ, 2561) การปรับปรุงบำรุงดินเพื่อเพิ่มปริมาณและคุณภาพผลผลิตอ้อยให้สูงขึ้น เป็นต้น โรงงานอุตสาหกรรมมักมีผลพลอยได้ที่เกิดจากกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก เช่น กากตะกอนจากบ่อบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษ ผลพลอยได้จากโรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) กากตะกอนยีสต์จากโรงงานผลิตเอทานอล เป็นต้น โดยผลพลอยได้ดังกล่าวมีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ค่อนข้างน้อย และมักก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาวได้ (Thongjoo et al., 2005) ที่ผ่านมามีรายงานวิจัยเกี่ยวกับการนำผลพลอยได้มาช่วยเพิ่มผลผลิตของอ้อย เช่น การใช้กากตะกอนเยื่อกระดาษ (ชัยสิทธิ์ และปาจริย์, 2552) กากตะกอนยีสต์จากโรงงานเอทานอล (วิชญ์ และคณะ, 2556) ผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอย (ปิยพงศ์ และคณะ, 2560) ผลพลอยได้จากเครื่องกำจัดเศษขยะ (ทินกร และคณะ, 2563) เป็นต้น ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น เนื่องจากความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งปริมาณน้ำมันดิบจากธรรมชาติลดน้อยลง โดยผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลที่สำคัญได้แก่ น้ำกากส่า (spent wash liquor, SWL) และน้ำเสียบำบัด (treated waste water, TWW) ซึ่งมีปริมาณมากถึง 839,500 และ 912,500 ลูกบาศก์เมตร/ปี ตามลำดับ (ปริศนะ และคณะ, 2561) จึงเกิดแนวคิดในการศึกษาการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากโรงงานผลิตเอทานอลดังกล่าวต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย ซึ่งนอกจากจะเป็นการนำผลพลอยได้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสมแล้ว ยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรที่ปลูกอ้อยในบริเวณใกล้เคียงกับแหล่งของผลพลอยได้อีกด้วย

วิธีการศึกษา

ศึกษาการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากโรงงานผลิตเอทานอลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย ณ แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ซึ่งเป็นชุดดิน กำแพงแสน (Kamphaeng Saen series, Ks; Typic Haplustalfs; fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic, Soil Survey Staff, 2003) เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน ซึ่งใช้วิธีการวิเคราะห์ดินตามหลักคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช (ทัศนีย์ และจงรักษ์, 2542) ได้แก่ ค่า pH (1:1) ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (EC_e) ปริมาณอินทรีย์วัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ รวมทั้งเนื้อดิน (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2558) สำหรับสมบัติบางประการของดินก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน Table 1 ปลูกอ้อยพันธุ์กำแพงแสน 01-4-29 ในช่วงเดือนมีนาคม พ.ศ. 2563-เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2564 จำนวน 33 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 7.5 เมตร ยาว 8 เมตร จำนวน 5 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 1.5 เมตร เก็บข้อมูลผลผลิตของอ้อยเฉพาะ 3 แถวกลาง เว้นหัวและท้ายแถวประมาณ 1 เมตร โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยเท่ากับ 4.5×6 ตารางเมตร วาง

แผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 3 ซ้ำ 11 ดำรับทดลอง โดยรายละเอียดของดำรับทดลองได้แสดงไว้ใน Table 2

Table 1 Chemical and physical properties of soil before the experiment

Properties	Results (0-30 cm)	Rating
pH (1:1)	7.32	slightly alkaline
EC _e (dS/m)	0.67	non-saline
Organic matter (g/kg)	0.85	low
Available P (mg/kg)	34.52	high
Exchangeable K (mg/kg)	92.63	high
Exchangeable Ca (mg/kg)	1,231	high
Exchangeable Mg (mg/kg)	112.36	moderately
Exchangeable Na (mg/kg)	26.6	-
Texture	sandy loam	-

การใส่ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21 %N) ปุ๋ยทริบิลูเชอร์ฟอสเฟต (46 %P₂O₅) และปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 %K₂O) โดยแบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครั้งอัตรา ในแต่ละดำรับทดลองที่อายุ 2 และ 4 เดือนหลังปลูก ยกเว้น ดำรับควบคุม (control) อัตราการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อย คือ 12, 3 และ 6 กิโลกรัม N, P₂O₅ และ K₂O ต่อไร่ ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2553) สำหรับผลพลอยได้จากโรงงานผลิตเอทานอลที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ น้ำกากส่า (spent wash liquor, SWL) และน้ำเสียบำบัด (treated waste water, TWW) จากบริษัท อินทิเกรตเต็ด รีเสิร์ช เซ็นเตอร์ จำกัด (Table 3) โดยการใส่ผลพลอยได้ดังกล่าวจะแบ่งใส่ 4 ครั้ง ที่อายุ 2, 3, 4 และ 5 เดือนหลังปลูก กล่าวคือ ดำรับทดลองที่ 3, 4, 5, 9, 10 และ 11 ใส่น้ำกากส่าอัตรา 20, 40, 80, 10, 20 และ 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ตามลำดับ ส่วนดำรับทดลองที่ 6, 7, 8, 9, 10 และ 11 ใส่น้ำเสียบำบัดอัตรา 20, 40, 80, 10, 20 และ 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ตามลำดับ

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของอ้อยที่อายุ 3, 6, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก ได้แก่ ความสูงต้น และค่าความเขียวของใบ (SPAD reading) (วัดตำแหน่งใบที่ 3-5 จากปลายยอด) โดยใช้เครื่อง chlorophyll meter (Minolta Co., Ltd., JAPAN: SPAD-502 model) สำหรับผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยที่อายุ 12 เดือน ได้แก่ ผลผลิตต่อไร่ ความยาวลำ น้ำหนักต่อลำ ความยาวปล้อง ค่า commercial cane sugar (CCS) ผลผลิตน้ำตาล และปริมาณความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักที่สะสมในลำอ้อย โดยข้อมูลดังกล่าวที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (analysis of variance) ก่อนนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan's multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรม Statistical Package for the Social Science for Windows (SPSS)

Table 2 Detail of treatments

Treatments	Describes	Symbols	Quantity of major elements (kgN-P ₂ O ₅ -K ₂ O per rai)
T ₁	no chemical fertilizer (CF)	control	0 - 0 - 0
T ₂	the application of CF based on soil chemical analysis	CF _{DOA}	12 - 3 - 6
T ₃	the application of CF based on soil chemical analysis in combination with spent wash liquor (SWL) of 20 m ³ /rai	CF _{DOA} +SWL _{20 m³}	12.6 - 3.6 - 14.8
T ₄	the application of CF based on soil chemical analysis in combination with SWL of 40 m ³ /rai	CF _{DOA} +SWL _{40 m³}	13.2 - 4.2 - 23.6
T ₅	the application of CF based on soil chemical analysis in combination with SWL of 80 m ³ /rai	CF _{DOA} +SWL _{80 m³}	14.4 - 5.4 - 41.2
T ₆	the application of CF based on soil chemical analysis in combination with treated waste water (TWW) of 20 m ³ /rai	CF _{DOA} +TWW _{20 m³}	12 - 3 - 6
T ₇	the application of CF based on soil chemical analysis in combination with TWW of 40 m ³ /rai	CF _{DOA} +TWW _{40 m³}	12 - 3 - 6
T ₈	the application of CF based on soil chemical analysis in combination with TWW of 80 m ³ /rai	CF _{DOA} +TWW _{80 m³}	12 - 3 - 6
T ₉	the application of CF based on soil chemical analysis in combination with SWL of 10 m ³ /rai and TWW of 10 m ³ /rai	CF _{DOA} +SWL _{10 m³} +TWW _{10 m³}	12.3 - 3.3 - 10.4
T ₁₀	the application of CF based on soil chemical analysis in combination with SWL of 20 m ³ /rai and TWW of 20 m ³ /rai	CF _{DOA} +SWL _{20 m³} +TWW _{20 m³}	12.6 - 3.6 - 14.8
T ₁₁	the application of CF based on soil chemical analysis in combination with SWL of 40 m ³ /rai and TWW of 40 m ³ /rai	CF _{DOA} +SWL _{40 m³} +TWW _{40 m³}	13.2 - 4.2 - 23.6

Table 3 Properties of by-product from ethanol factory before the experiment

Properties	Results	
	spent wash liquor (SWL)	treated waste water (TWW)
pH	4.10	7.08
EC (dS/m)	16.15	2.85
Organic matter (%)	5.60	nd
Total N (mg/l)	300	nd
Available P ₂ O ₅ (mg/l)	300	nd
Exchangeable K ₂ O (mg/l)	4,400	nd
Total Ca (mg/L)	1,200	100
Total Mg (mg/L)	600	nd
Total S (mg/L)	500	300
Total Fe (mg/L)	nd	nd
Total Mn (mg/L)	nd	nd
Total Cu (mg/L)	nd	nd
Total Zn (mg/L)	nd	nd
Total B (mg/L)	nd	nd
Total Na (mg/L)	nd	200

Note: nd = not detected

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาการใช้ประโยชน์ผลพลอยได้จากโรงงานผลิตเอทานอลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน ปรากฏผลดังนี้

1. การเจริญเติบโตของอ้อย

1.1 ความสูงต้น

การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว การใส่น้ำกากส่า และน้ำเสียบำบัดร่วมกับปุ๋ยเคมี รวมทั้งดำรับควบคุม (control) มีผลให้ความสูงของต้นอ้อยที่อายุ 3, 6, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือ ที่อายุ 3 และ 9 เดือนหลังปลูก พบว่า การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการใช้น้ำกากส่าอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และน้ำเสียบำบัดอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ($CF_{DOA}+SWL_{20\ m3}+TWW_{20\ m3}$) มีผลให้ความสูงต้นของอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการใช้น้ำกากส่าอัตรา 10 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และน้ำเสียบำบัดอัตรา 10 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ($CF_{DOA}+SWL_{10\ m3}+TWW_{10\ m3}$) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการใช้น้ำกากส่าอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ($CF_{DOA}+SWL_{20\ m3}$) และการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินรวมกับการใช้น้ำกากส่าอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และน้ำเสียบำบัดอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ($CF_{DOA}+SWL_{40\ m3}+TWW_{40\ m3}$) ส่วนที่อายุ 6 และ 8 เดือนหลังปลูก พบว่า $CF_{DOA}+SWL_{20\ m3}+TWW_{20\ m3}$ มีผลให้ความสูงต้นของอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกับ $CF_{DOA}+SWL_{10\ m3}+TWW_{10\ m3}$ ขณะที่ดำรับควบคุมมีผลให้ความสูงต้นของอ้อยน้อยที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

1.2 ค่าความเขียว (SPAD unit) ของใบ

การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว การใส่น้ำกากส่า และน้ำเสียบำบัดร่วมกับปุ๋ยเคมี รวมทั้งดำรับควบคุม มีผลให้ค่าความเขียวของใบอ้อยที่อายุ 3, 6, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 5) กล่าวคือ ทุกดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว การใส่น้ำกากส่า และน้ำเสียบำบัดร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้ค่าความเขียวของใบอ้อยใกล้เคียงกัน และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดำรับควบคุม ซึ่งมีผลให้ค่าความเขียวของใบอ้อยน้อยที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่า ค่าความเขียวของใบอ้อยที่อายุ 8 และ 9 เดือน มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาของการใส่ปุ๋ยโดยเฉพาะปุ๋ยไนโตรเจน ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ (ยงยุทธ, 2558)

Table 4 Height of sugarcane at different ages

Treatments	Height (cm)			
	3 MAP ^{1/}	6 MAP ^{1/}	8 MAP ^{1/}	9 MAP ^{1/}
T ₁ = control	45.42 ^{g 2/}	92.46 ^{i 2/}	138.43 ^{h 2/}	169.49 ^{h 2/}
T ₂ = CF _{DOA}	65.43 ^e	122.45 ^g	215.58 ^f	251.51 ^f
T ₃ = CF _{DOA} +SWL _{20 m3}	80.35 ^{ab}	142.60 ^{bc}	250.27 ^b	275.63 ^{abc}
T ₄ = CF _{DOA} +SWL _{40 m3}	78.50 ^b	137.40 ^{de}	243.24 ^{cd}	271.48 ^{bcd}
T ₅ = CF _{DOA} +SWL _{80 m3}	60.62 ^f	112.65 ^h	201.51 ^g	242.65 ^g
T ₆ = CF _{DOA} +WT _{20 m3}	71.62 ^d	130.57 ^f	233.47 ^e	263.58 ^e
T ₇ = CF _{DOA} +WT _{40 m3}	74.45 ^{cd}	133.45 ^{ef}	238.49 ^{de}	265.62 ^{de}
T ₈ = CF _{DOA} +WT _{80 m3}	76.48 ^{bc}	135.47 ^{def}	241.66 ^{cd}	268.51 ^{cde}
T ₉ = CF _{DOA} +SWL _{10 m3} +WT _{10 m3}	82.69 ^a	145.55 ^{ab}	253.62 ^{ab}	278.52 ^{ab}
T ₁₀ = CF _{DOA} +SWL _{20 m3} +WT _{20 m3}	83.59 ^a	148.64 ^a	257.43 ^a	281.50 ^a
T ₁₁ = CF _{DOA} +SWL _{40 m3} +WT _{40 m3}	79.68 ^{ab}	140.62 ^{bcd}	247.58 ^{bc}	273.51 ^{bc}
F-test	**	**	**	**
CV (%)	12.99	12.51	13.71	12.54

^{1/} Months after planting

^{2/} means within the same column followed by the same letter indicate no statistical difference by DMRT

** indicates 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 ^{1/}	8 MAP ^{1/}	9 MAP ^{1/}
T ₁ = control	36.83 ^{b 2/}	34.53 ^{d 2/}	32.47 ^{b 2/}	30.56 ^{d 2/}
T ₂ = CF _{DOA}	42.76 ^a	47.37 ^{bc}	44.59 ^a	41.61 ^{bc}
T ₃ = CF _{DOA} +SWL _{20 m3}	45.15 ^a	51.00 ^a	46.11 ^a	44.32 ^{ab}
T ₄ = CF _{DOA} +SWL _{40 m3}	44.68 ^a	49.67 ^{ab}	45.69 ^a	43.17 ^{abc}
T ₅ = CF _{DOA} +SWL _{80 m3}	42.22 ^a	46.59 ^c	43.73 ^a	40.64 ^c
T ₆ = CF _{DOA} +WT _{20 m3}	43.89 ^a	48.73 ^{abc}	45.11 ^a	42.54 ^{abc}
T ₇ = CF _{DOA} +WT _{40 m3}	44.32 ^a	49.31 ^{ab}	45.21 ^a	42.68 ^{abc}
T ₈ = CF _{DOA} +WT _{80 m3}	44.51 ^a	49.55 ^{ab}	45.38 ^a	43.09 ^{abc}
T ₉ = CF _{DOA} +SWL _{10 m3} +WT _{10 m3}	45.51 ^a	51.16 ^a	46.21 ^a	44.68 ^a
T ₁₀ = CF _{DOA} +SWL _{20 m3} +WT _{20 m3}	45.53 ^a	51.32 ^a	47.38 ^a	44.81 ^a
T ₁₁ = CF _{DOA} +SWL _{40 m3} +WT _{40 m3}	44.87 ^a	49.89 ^{ab}	45.83 ^a	43.28 ^{abc}
F-test	**	**	**	**
CV (%)	12.43	13.04	13.24	12.39

^{1/} Months after planting^{2/} means within the same column followed by the same letter indicate no statistical difference by DMRT** indicates significant difference at $P < 0.01$

2. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย

2.1 ผลผลิตอ้อยสด

การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว การใส่น้ำกากส่า และน้ำเสียบำบัดร่วมกับปุ๋ยเคมี รวมทั้งดำรับควบคุม มีผลให้ผลผลิตอ้อยสดที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 6) กล่าวคือ ทุกดำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว การใส่น้ำกากส่า และน้ำเสียบำบัดร่วมกับปุ๋ยเคมี มีผลให้ผลผลิตอ้อยสดใกล้เคียงกันในช่วง 15.87-20.58 ตัน/ไร่ และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับดำรับควบคุม ซึ่งมีผลให้ผลผลิตอ้อยสดน้อยที่สุดเพียง 10.83 ตัน/ไร่

2.2 น้ำหนักต่อลำ

การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว การใส่น้ำกากส่า และน้ำเสียบำบัดร่วมกับปุ๋ยเคมี รวมทั้งดำรับควบคุม มีผลให้น้ำหนักต่อลำของอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 6) กล่าวคือ CF_{DOA}+SWL_{20 m3}+TWW_{20 m3} มีผลให้น้ำหนักต่อลำของอ้อยมากที่สุด (2.17 กิโลกรัม/ลำ) ไม่แตกต่างกับ CF_{DOA}+SWL_{10 m3}+TWW_{10 m3}, CF_{DOA}+SWL_{20 m3}, CF_{DOA}+SWL_{40 m3}+TWW_{40 m3}, CF_{DOA}+SWL_{40 m3}, CF_{DOA}+TWW_{80 m3}, CF_{DOA}+TWW_{40 m3} และ CF_{DOA}+TWW_{20 m3} ขณะที่ดำรับควบคุมมีผลให้น้ำหนักต่อลำของอ้อยน้อยที่สุดเพียง 1.24 กิโลกรัม/ลำ

2.3 ความยาวลำ

การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว การใส่น้ำกากส่า และน้ำเสียบำบัดร่วมกับปุ๋ยเคมี รวมทั้งดำรับควบคุม มีผลให้ความยาวลำของอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 6) กล่าวคือ CF_{DOA}+SWL_{20 m3}+TWW_{20 m3} มีผลให้น้ำหนักต่อลำของอ้อยมากที่สุด (260.60 เซนติเมตร) ไม่แตกต่างกับ CF_{DOA}+SWL_{10 m3}+TWW_{10 m3}, CF_{DOA}+SWL_{20 m3} และ CF_{DOA}+SWL_{40 m3}+TWW_{40 m3} ขณะที่ดำรับควบคุมมีผลให้ความยาวลำของอ้อยน้อยที่สุดเพียง 148.49 เซนติเมตร

Table 6 Yield, weight/stalk and stalk height of sugarcane at 12 MAP^{1/}

Treatments	Yield (ton/rai)	Weight/stalk (kg)	Stalk height (cm)
T ₁ = control	10.83 ^{e 2/}	1.24 ^{g 2/}	148.49 ^{g 2/}
T ₂ = CF _{DOA}	16.23 ^{cd}	1.78 ^e	228.55 ^f
T ₃ = CF _{DOA} +SWL _{20 m3}	20.18 ^{ab}	2.13 ^a	255.63 ^{abc}
T ₄ = CF _{DOA} +SWL _{40 m3}	18.88 ^{abc}	2.08 ^{abc}	250.53 ^c
T ₅ = CF _{DOA} +SWL _{80 m3}	15.87 ^d	1.63 ^f	222.59 ^f
T ₆ = CF _{DOA} +WT _{20 m3}	17.48 ^{bcd}	1.87 ^{de}	236.40 ^e
T ₇ = CF _{DOA} +WT _{40 m3}	18.36 ^{abcd}	1.93 ^{cde}	242.65 ^{de}
T ₈ = CF _{DOA} +WT _{80 m3}	18.76 ^{abc}	1.97 ^{bcd}	248.71 ^{cd}
T ₉ = CF _{DOA} +SWL _{10 m3} +WT _{10 m3}	20.42 ^{ab}	2.16 ^a	258.49 ^{ab}
T ₁₀ = CF _{DOA} +SWL _{20 m3} +WT _{20 m3}	20.58 ^a	2.17 ^a	260.60 ^a
T ₁₁ = CF _{DOA} +SWL _{40 m3} +WT _{40 m3}	19.28 ^{ab}	2.11 ^{ab}	252.58 ^{bc}
F-test	**	**	**
CV (%)	13.86	11.46	12.71

^{1/} Months after planting

^{2/} means within the same column followed by the same letter indicate no statistical difference by DMRT

** indicates significant difference at $P < 0.01$

3. คุณภาพผลผลิตและผลผลิตน้ำตาลของอ้อย

3.1 ค่า CCS

การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว การใส่น้ำกากส่า และน้ำเสียบำบัดร่วมกับปุ๋ยเคมี รวมทั้งดำรับควบคุม มีผลให้ค่า CCS ของอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 7) กล่าวคือ CF_{DOA}+SWL_{20 m3}+TWW_{20 m3} มีผลให้ค่า CCS ของอ้อยมากที่สุด (12.39 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับ CF_{DOA}+SWL_{10 m3}+TWW_{10 m3}, CF_{DOA}+SWL_{20 m3}, CF_{DOA}+SWL_{40 m3}+TWW_{40 m3}, CF_{DOA}+SWL_{40 m3}, CF_{DOA}+TWW_{80 m3} และ CF_{DOA}+TWW_{40 m3} ขณะที่ดำรับควบคุมมีผลให้ค่า CCS ของอ้อยต่ำที่สุด (8.71 เปอร์เซ็นต์)

3.2 ผลผลิตน้ำตาล

การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว การใส่น้ำกากส่า และน้ำเสียบำบัดร่วมกับปุ๋ยเคมี รวมทั้งดำรับควบคุม มีผลให้ผลผลิตน้ำตาลของอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 7) กล่าวคือ CF_{DOA}+SWL_{20 m3}+TWW_{20 m3} มีผลให้ผลผลิตน้ำตาลของอ้อยมากที่สุด (2.55 ตัน/ไร่) ไม่แตกต่างกับ CF_{DOA}+SWL_{10 m3}+TWW_{10 m3} และ CF_{DOA}+SWL_{20 m3} ขณะที่ดำรับควบคุมมีผลให้ผลผลิตน้ำตาลของอ้อยน้อยที่สุดเพียง 1.17 ตัน/ไร่

Table 7 CCS and sugar yield of sugarcane at 12 MAP^{1/}

Treatments	CCS (%)	Sugar yield (ton/rai)
T ₁ = control	8.71 ^{e 2/}	0.94 ^{s 2/}
T ₂ = CF _{DOA}	11.36 ^d	1.84 ^f
T ₃ = CF _{DOA} +SWL _{20 m3}	12.30 ^{ab}	2.48 ^{ab}
T ₄ = CF _{DOA} +SWL _{40 m3}	12.21 ^{abc}	2.31 ^{cd}
T ₅ = CF _{DOA} +SWL _{80 m3}	11.25 ^d	1.79 ^f
T ₆ = CF _{DOA} +WT _{20 m3}	11.95 ^c	2.09 ^e
T ₇ = CF _{DOA} +WT _{40 m3}	12.00 ^{bc}	2.20 ^{de}
T ₈ = CF _{DOA} +WT _{80 m3}	12.12 ^{abc}	2.27 ^{cd}
T ₉ = CF _{DOA} +SWL _{10 m3} +WT _{10 m3}	12.33 ^a	2.52 ^a
T ₁₀ = CF _{DOA} +SWL _{20 m3} +WT _{20 m3}	12.39 ^a	2.55 ^a
T ₁₁ = CF _{DOA} +SWL _{40 m3} +WT _{40 m3}	12.25 ^{abc}	2.36 ^{bc}
F-test	**	**
CV (%)	12.48	11.62

^{1/} Months after planting^{2/} means within the same column followed by the same letter indicate no statistical difference by DMRT** indicates significant difference at $P < 0.01$

4. ความเข้มข้นของธาตุอาหารหลักที่สะสมในลำอ้อย

การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว การใส่น้ำกากส่า และน้ำเสียบำบัดร่วมกับปุ๋ยเคมี รวมทั้งดำรับควบคุม มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในลำอ้อยที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 8) กล่าวคือ CF_{DOA}+SWL_{20 m3}+TWW_{20 m3} มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในลำอ้อยมากที่สุด (0.261, 0.053 และ 0.651 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับ CF_{DOA}+SWL_{10 m3}+TWW_{10 m3}, CF_{DOA}+SWL_{20 m3} และ CF_{DOA}+SWL_{40 m3}+TWW_{40 m3} ขณะที่ดำรับควบคุมมีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในลำอ้อยน้อยที่สุด (0.112, 0.018 และ 0.143 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ)

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น ให้ข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่น้ำกากส่าและน้ำเสียบำบัด (CF_{DOA}+SWL_{20 m3}+TWW_{20 m3} และ CF_{DOA}+SWL_{10 m3}+TWW_{10 m3}) มีแนวโน้มให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่น้ำกากส่า การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่น้ำเสียบำบัด และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินอย่างเดียว ตามลำดับ ทั้งนี้เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์สมบัติบางประการของน้ำกากส่า และน้ำเสียบำบัด (Table 3) พบว่า มีปริมาณธาตุอาหารฟอสฟอรัสต่ำ แสดงให้เห็นว่าระบบการบำบัดของเสียของโรงงานผลิตเอทานอลมีประสิทธิภาพสูง จึงมีปริมาณธาตุอาหารออกมาน้อยมากจนถึงระดับที่ไม่สามารถตรวจวัดได้ในกรณีของน้ำเสียบำบัด อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำกากส่าอัตราสูง (80 ลูกบาศก์เมตร/ไร่) มีผลให้การเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยน้อยกว่าการใช้น้ำกากส่าอัตรา 40 และ 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ลูกบาศก์เมตร/ไร่ ตามลำดับ ดังนั้น การนำน้ำเสียบำบัดผสมร่วมกับน้ำกากส่าจะช่วยลดข้อจำกัดในด้านค่าพีเอชที่เป็นกรดรุนแรงมาก (extremely acid) และค่าการนำไฟฟ้าที่อยู่ในระดับเค็มมากที่สุด (> 16 dS/m) ของน้ำกากส่าได้อีกทั้งยังสามารถใช้เพื่อทดแทนน้ำชลประทานได้อีกด้วย

Table 8 Concentrations of major plant nutrients in stalk of sugarcane at 12 MAP^{1/}

Treatments	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)
T ₁ = control	0.112 ^{g 2/}	0.018 ^{f 2/}	0.143 ^{g 2/}
T ₂ = CF _{DOA}	0.208 ^e	0.031 ^e	0.576 ^f
T ₃ = CF _{DOA} +SWL _{20 m3}	0.253 ^{abc}	0.051 ^{ab}	0.642 ^{ab}
T ₄ = CF _{DOA} +SWL _{40 m3}	0.248 ^{bc}	0.047 ^{bc}	0.628 ^{bc}
T ₅ = CF _{DOA} +SWL _{80 m3}	0.193 ^f	0.030 ^e	0.563 ^f
T ₆ = CF _{DOA} +WT _{20 m3}	0.237 ^d	0.038 ^d	0.602 ^e
T ₇ = CF _{DOA} +WT _{40 m3}	0.243 ^{cd}	0.040 ^d	0.612 ^{de}
T ₈ = CF _{DOA} +WT _{80 m3}	0.245 ^{cd}	0.042 ^{cd}	0.618 ^{cd}
T ₉ = CF _{DOA} +SWL _{10 m3} +WT _{10 m3}	0.258 ^{ab}	0.052 ^{ab}	0.647 ^a
T ₁₀ = CF _{DOA} +SWL _{20 m3} +WT _{20 m3}	0.261 ^a	0.053 ^a	0.651 ^a
T ₁₁ = CF _{DOA} +SWL _{40 m3} +WT _{40 m3}	0.251 ^{abc}	0.048 ^{ab}	0.632 ^{bc}
F-test	**	**	**
CV (%)	12.39	12.44	12.11

^{1/} Months after planting

^{2/} means within the same column followed by the same letter indicate no statistical difference by DMRT

** indicates significant difference at $P < 0.01$

สรุป

การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้น้ำกากส่าอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และน้ำเสียบำบัดอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ (CF_{DOA}+SWL_{20 m3}+TWW_{20 m3}) มีผลให้ความสูงต้น ความยาวลำ ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในลำอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้น้ำกากส่าอัตรา 10 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และน้ำเสียบำบัดอัตรา 10 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ (CF_{DOA}+SWL_{10 m3}+TWW_{10 m3}) การใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้น้ำกากส่าอัตรา 20 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ (CF_{DOA}+SWL_{20 m3}) และการใส่ปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใช้น้ำกากส่าอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ และน้ำเสียบำบัดอัตรา 40 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ (CF_{DOA}+SWL_{40 m3}+TWW_{40 m3}) ขณะที่ CF_{DOA}+SWL_{20 m3}+TWW_{20 m3} มีผลให้ผลผลิตน้ำตาลของอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกับ CF_{DOA}+SWL_{10 m3}+TWW_{10 m3} และ CF_{DOA}+SWL_{20 m3}

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณโครงการพัฒนานิชาการ ระหว่างภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จังหวัดนครปฐม และบริษัท อินทิเกรทเต็ด รีเสิร์ช เซ็นเตอร์ จำกัด ภายใต้โปรแกรมสนับสนุนการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรม (ITAP) สวทช.

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใส่ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2558. คู่มือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน ระบบโสตทัศนูปกรณ์. คณะเกษตร กำแพงแสน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- ชาลินี คงสุต, ชัยสิทธิ์ ทองจุ, จุฑามาศ ร่มแก้ว และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. 2561. ผลของปุ๋ยอินทรีย์จากผลพลอยได้โรงงานน้ำตาลต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตของอ้อยและสมบัติบางประการของดิน. วารสารแก่นเกษตร. 46(4): 623-632.

- ชัยสิทธิ์ ทองจู และปาจริย์ แนนหนา. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 80 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (ปีที่ 1). วารสารดินและปุ๋ย. 31(1): 6-26.
- ทินกร ปัทมเม, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, จุฑามาศ ร่มแก้ว, เกวลิน ศรีจันทร์, อัญธิชา พรหมเมืองคุก, สุชาดา กรุณา, ศิริสุดา บุตรเพชร, ชาลินี คงสุต, ธรรมธวัช แสงงาม และธีรยุทธ คล้าชื่น. 2563. ผลของปุ๋ยอินทรีย์จากผลพลอยได้ของเครื่องกำจัดเศษขยะต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 9(2): 32-46.
- ทัศนีย์ อัดตะนันท์ และจรงค์ จันท์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ปรีชนะ จันท์ลา, ประดิพัทธ์ บำรุงศรี และอภิสิทธิ์ คล้ายนิล. 2561. สรุปการศึกษาดูงาน ณ โรงงานเอทานอล มิตรผล ไบโอฟูเอล (ด่านช้าง). ปราจีนบุรี.
- ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ศุภชัย อำคา, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย และพงษ์เพชร พงษ์ศิริวาทย์. 2560. ผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากผลพลอยได้โรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อสมบัติดิน ผลผลิต และองค์ประกอบของผลผลิตอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า. 35(3): 19-28.
- ยงยุทธ โอสดสภา. 2558. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ยศวดี เม่งเอียด, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, จุฑามาศ ร่มแก้ว, ธรรมธวัช แสงงาม และธีรยุทธ คล้าชื่น. 2561. ผลของการจัดการปุ๋ยเคมีร่วมกับไบรอนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยต่อ (ปีที่ 1) ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตรและการจัดการ. 1(2): 80-94.
- วิชญ์ จินยี่ว, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ศุภชัย อำคา, ทศพล พรพรม และศิริสุดา บุตรเพชร. 2556. การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตของอ้อย. น. 86-99. ใน การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2564. ทางรุ่งอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลสวนกระแสลบวิกฤตโควิด. แหล่งข้อมูล: <https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/951743>. ค้นเมื่อ 15 สิงหาคม 2564.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2560-2562. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- Soil Survey Staff. 2003. Key to Soil Taxonomy: Ninth Edition. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington, D.C.
- 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.