KHON KAEN AGR. J. 48 (6): 1276-1291 (2020)./doi:10.14456/kaj.2020.113.

ผลของน้ำกากส่าจากโรงงานเอทานอลและปุ๋ยเคมี ต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของอ้อย และสมบัติบางประการของดิน

Effect of vinasse from ethanol plant and chemical fertilizer on yield and nutrients uptake of sugarcane, and some soil properties

ธัชสรัญ หวังรัตนาเจริญ[1], ดาวจรัส เกตุโรจน์[1*], สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม[1] และ ศุภิกา ธนะจิตต์[1]

Tuchsarun Whangrattanacharoen[1], Daojarus Ketrot[1*], Somchai Anusontpornperm[1] and Suphicha Thanachit[1]

บทคัดย่อ: ดำเนินการศึกษาในชุดดินวาริน แปลงเกษตรกร บ้านซับพลูน้อย ตำบลห้วยบง อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา เพื่อทดสอบผลของน้ำกากส่าจากโรงงานเอทานอลและปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 และสมบัติดินบางประการ วางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 4 ซ้ำ แปลงหลัก ได้แก่ การใช้น้ำกากส่า 5 อัตรา (0, 16, 32, 64 และ 128 ลิตร/ไร่ โดยผสมน้ำให้ได้ปริมาตรรวม 1,600 ลิตร) และแปลงรองเป็นการเปรียบเทียบปุ๋ยเคมี 3 อัตรา ปลูกอ้อยช่วงปลายฤดูฝน และเก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยปลูกที่อายุ 14 เดือน ผลการศึกษา พบว่า การให้น้ำกากส่าอัตรา 16–128 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีปริมาณ 2 เท่าของอัตราแนะนำ มีแนวโน้มทำให้ผลผลิต (18.76 ตัน/ไร่) และองค์ประกอบผลผลิต ได้แก่ จำนวนลำต่อพื้นที่ ความยาวลำ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ (9,500 ลำ/ไร่, 258.8 ซม. และ 32.98 มม. ตามลำดับ) ของอ้อยสูงสุด การให้น้ำกากส่าทำให้ลำอ้อยมีการดูดใช้โพแทสเซียมเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ตามอัตราการใช้ที่เพิ่มขึ้น การใส่ปุ๋ยเคมีในปริมาณ 2 เท่าของอัตราแนะนำ ทำให้อ้อยดูดใช้ไนโตรเจนและโพแทสเซียมในลำอ้อย และฟอสฟอรัสในใบและยอดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p \leq 0.01$) เท่ากับ 11.74, 8.46 และ 0.76 กก./ไร่ ตามลำดับ การใส่น้ำกากส่าอัตรา 64 ลิตร/ไร่ มีปฏิสัมพันธ์กับการใส่ปุ๋ยเคมีในปริมาณ 2 เท่าของอัตราแนะนำ ทำให้อ้อยมีการดูดใช้ไนโตรเจนในใบและยอด และลำอ้อย (7.14 และ 17.17 กก./ไร่, $p \leq 0.01$, 0.05 ตามลำดับ) และฟอสฟอรัสกับโพแทสเซียมในใบและยอด (1.19 และ 8.19 กก./ไร่ ตามลำดับ, $p \leq 0.01$) สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ นอกจากนี้ การใช้น้ำกากส่าและปุ๋ยเคมีร่วมกันมีแนวโน้มที่จะช่วยเพิ่มโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: น้ำกากส่า, ปุ๋ยเคมี, อ้อย, ผลผลิตอ้อย, การดูดใช้ธาตุอาหารพืช

ABSTRACT: The study was carried out in Warin soil series in a farmer field at Ban Supplu Noi, Huay Bong subdistrict, Dan Khun Thot district, Nakhon Ratchasima province to investigate the effect of vinasse and chemical fertilizer on yield and plant nutrient uptake of sugarcane, Khon Kaen 3 variety, and some soil properties. Field experiment was arranged in split plot with four replications. Main plot comprised a single application of vinasse at five rates (0, 16, 32, 64 and 128 L/rai of which

Received February 20, 2020

Accepted June 5, 2020

[1] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok, 10900

[*] Corresponding author: fagrdrk@ku.ac.th

แก่นเกษตร 48 ฉบับที่ 6: 1276-1291 (2563)./doi:10.14456/kaj.2020.113.

vinasse was mixed in water and adjusted to 1,600 L) and subplot consisted of a comparison of three rates of chemical fertilizer. Sugarcane was planted at the end of rainy season and harvested at 14-month of age. Results showed that vinasse application at the rate of 16–128 L/rai combined with chemical fertilizer added at 2 times of the recommended rate tended to stimulate the highest cane yield (18.76 t/rai) and plant components including number of cane, length and diameter of cane (9,500 no./rai, 258.8 cm and 32.98 mm, respectively). The application of vinasse highly significantly increased K uptake in cane of sugarcane as the rate increased. The addition of chemical fertilizer at 2-time of the recommended rate highly significantly induced the highest N and K uptake in cane and P uptake in leaf and tip ($p \leq 0.01$) of 11.74, 8.46 and 0.76 kg/rai, respectively. The use of vinasse at the rate of 64 L/rai also interacted with 2-time of the recommended rate of chemical fertilizer, significantly stimulating the highest N uptake in leaf and tip, and in cane (7.14 and 17.17 kg/rai, $p \leq 0.01$, 0.05 respectively), and P and K uptake in leaf and tip (1.19 and 8.19 kg/rai, respectively, $p \leq 0.01$). In addition, vinasse application combined with chemical fertilizer tended to increase available potassium of soil ($p \leq 0.05$).
Keywords: vinasse, chemical fertilizer, sugarcane, sugarcane yield, plant nutrient uptake

บทนำ

อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย เนื่องจากใช้เป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมน้ำตาลทรายและอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอล และในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอีกหลายประเภท โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยมากที่สุดคิดเป็น 43% ของพื้นที่ปลูกอ้อยทั้งประเทศ รองลงมาคือ ภาคกลาง (28%) ภาคเหนือ (23%) และภาคตะวันออก (6%) ตามลำดับ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2560) อย่างไรก็ตาม อ้อยที่เพาะปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีผลผลิตเฉลี่ยเพียง 9.31 ตัน/ไร่ ซึ่งน้อยกว่าภาคเหนือ และภาคกลาง ที่มีผลผลิตเฉลี่ยเท่ากับ 9.60 และ 9.51 ตัน/ไร่ ตามลำดับ (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2560) ดินนับเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิตอ้อย เนื่องจากดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือส่วนใหญ่อยู่กลุ่มดินเนื้อค่อนข้างหยาบถึงหยาบและมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำโดยธรรมชาติ มักมีปัญหาการกร่อนดิน การเกิดชั้นดานไถพรวน และยังมีปริมาณน้ำฝนไม่เพียงพอต่อการเพาะปลูกอ้อย (เอิบ, 2533; สุมิตรา, 2541; กรมวิชาการเกษตร, 2558; Anusontpornperm et al., 2005) การจัดการดินจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่จะสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตอ้อยได้ร่วมกับการเลือกพันธุ์อ้อยที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่และสิ่งแวดล้อม

น้ำกากส่าเป็นของเสียที่ได้จากกระบวนการผลิตเอทานอล (10–15 ลิตรต่อการผลิตเอทานอล 1 ลิตร) (Espana–Gamboa et al., 2011) ซึ่งมีปริมาณค่อนข้างมาก น้ำกากส่ามีองค์ประกอบและปริมาณที่ผันแปรขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและวิธีการที่ใช้ในกระบวนการผลิตเอทานอล โดยทั่วไปน้ำกากส่ามีฤทธิ์เป็นกรดและมีสีน้ำตาลดำ มีธาตุอาหารพืชหลายชนิดเป็นองค์ประกอบอาทิ ไนโตรเจน โพแทสเซียม แคลเซียม กำมะถัน แมกนีเซียม และจุลธาตุอาหาร (เหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง) จึงสามารถนำน้ำกากส่ามาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารให้แก่พืชได้ (Espana–Gamboa et al., 2011; Christofoletti et al., 2013) Gómez and Rodríguez (2000) รายงานว่า การให้น้ำกากส่าที่อัตรา 50 และ 100 ลบ.ม./เฮกตาร์ มีผลทำให้ผลผลิตอ้อยปลูก (129.33 ตัน/เฮกตาร์) และอ้อยตอ 1 และ ตอ 2 (104.75 และ 95.69 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ) เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับผลผลิตอ้อยปลูก อ้อยตอ 1 และ ตอ 2 ในตำรับควบคุมที่ไม่มีการใช้น้ำกากส่า (93.67, 84.71 และ 69.33 ตัน/เฮกตาร์ ตามลำดับ) อีกทั้ง การให้น้ำกากส่าที่อัตราดังกล่าวยังส่งผลทำให้ได้ผลผลิตน้ำตาลของอ้อยปลูก (14.01 ตัน/เฮกตาร์) และอ้อยตอ 1 (10.07 ตัน/เฮกตาร์) และตอ

2 (10.77 ตัน/เฮกตาร์) สูงสุดด้วย นอกจากนี้ Li et al. (2007) ได้ศึกษาผลของการใช้น้ำกากส่าต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยในประเทศจีน พบว่าการใช้น้ำกากส่ามีแนวโน้มช่วยเพิ่มความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และจำนวนลำต่อพื้นที่ของอ้อย สำหรับการศึกษาผลของน้ำกากส่าต่อผลผลิตอ้อยในประเทศไทย ศรีสุดา และคณะ (2555) ได้ศึกษาผลของน้ำกากส่าต่อผลผลิตอ้อยและความอุดมสมบูรณ์ของดินร่วนทราย ชุดยโสธร พบว่าการใส่น้ำกากส่าอัตรา 20 และ 30 ลบ.ม./ไร่ เพิ่มผลผลิตอ้อยปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 58% และ 65% ตามลำดับ และเพิ่มผลผลิตอ้อยตอ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใส่น้ำกากส่า 10, 20 และ 30 ลบ.ม./ไร่ 76, 113 และ 121% ตามลำดับ เมื่อเทียบกับตำรับที่ไม่ใส่น้ำกากส่า โดยผลผลิตเพิ่มขึ้นเนื่องจากการเพิ่มจำนวนลำ ความยาว และเส้นผ่าศูนย์กลางลำ และยังพบว่าการใส่น้ำกากส่ามีผลทำให้พีเอชดิน ค่าการนำไฟฟ้า โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมในดินเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ มงคล และคณะ (2560) ได้ศึกษาผลของการใช้น้ำกากส่าติดต่อกันเป็นเวลา 1-5 ปี ต่อผลผลิตอ้อยและสมบัติดินทางเคมี ของเกษตรกรจำนวน 39 ราย ในพื้นที่ลุ่มน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น พบว่า การใช้น้ำกากส่าในพื้นที่ปลูกอ้อยติดต่อกันเป็นเวลา 1-3 ปี มีแนวโน้มทำให้ผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้น ขณะที่การใช้น้ำกากส่าติดต่อกันเป็นเวลา 4-5 ปี มีแนวโน้มทำให้ผลผลิตอ้อยลดลง และการใช้น้ำกากส่าในพื้นที่ปลูกอ้อยติดต่อกันเป็นเวลา 1-5 ปี มีผลทำให้ความเป็นกรดด่างในดินใกล้เคียงกัน (กรดปานกลาง) และค่าการนำไฟฟ้าของดินมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการใช้ จากที่กล่าวมาข้างต้นได้แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำกากส่ามีผลต่อการเพิ่มผลผลิตอ้อยและต่อสมบัติดินทางเคมี แต่อย่างไรก็ตาม ผลของการใช้น้ำกากส่าจะขึ้นอยู่กับสมบัติของน้ำกากส่า อัตราการใช้น้ำกากส่า รวมถึงสมบัติดินในแต่ละพื้นที่ อีกทั้ง ยังไม่มีการรายงานถึงผลของการใช้น้ำกากส่าต่อการดูดใช้ธาตุอาหารของอ้อย จึงเป็นที่มาของการศึกษาในครั้งนี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของน้ำกากส่าจากโรงงานเอทานอลและปุ๋ยเคมี ต่อผลผลิตและการดูดใช้ธาตุอาหารของอ้อย และสมบัติบางประการของดิน ในพื้นที่อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นพื้นที่ปลูกอ้อยที่สำคัญในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

วิธีการศึกษา

ดำเนินการทดลองภาคสนามโดยใช้อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ได้จากการผสมระหว่างพันธุ์ 85–2–352 กับพันธุ์ K84–200 ซึ่งมีลักษณะเด่น คือ ให้ผลผลิตสดเฉลี่ย 16.5–18.1 ตัน/ไร่ คุณภาพความหวาน (CCS) เฉลี่ย 14.6–15.1 มีการแตกกอดี (6–12 ลำ/กอ) ลำมีขนาดปานกลาง (2.5–3 ซม.) และไม่ออกดอก ต้านทานปานกลางต่อโรคแส้ดำ และโรคเหี่ยวเน่าแดง ปลูกได้ในดินร่วนและดินร่วนทราย โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (กรมวิชาการเกษตร, 2562)

แปลงทดลองอยู่ในพื้นที่เกษตรกร บ้านซับพลูน้อย ตำบลห้วยบง อำเภอด่านขุนทด จังหวัดนครราชสีมา (47P 763532E, 1679988N) ทำการเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกแบบสุ่ม (composite sample) ที่ระดับความลึก คือ 0–30 ซม. เพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติดินก่อนทำการทดลอง ได้แก่ การแจกกระจายขนาดอนุภาคดิน พีเอช (1:1 H_2O) ค่าการนำไฟฟ้า (1:5 H_2O) ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ และค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดินด้วยวิธีมาตรฐาน (Nation Soil Survey Center, 1996)

น้ำกากส่าในการศึกษานี้ได้รับความอนุเคราะห์ตัวอย่างน้ำกากส่าจากบริษัทมิตรผล ไบโอฟูเอล จำกัด (ภูเขียว) โดยได้ทำการนำตัวอย่างน้ำกากส่ามาวิเคราะห์สมบัติในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ ส่วนประกอบที่เป็นของแข็งและของเหลว ค่าพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า และธาตุองค์ประกอบในรูปรวม และในรูปที่ละลายได้ (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548)

การทดลองภาคสนามวางแผนการทดลองแบบ split plot จำนวน 4 ซ้ำ แปลงหลัก ประกอบด้วย การใส่น้ำกากส่า 5 อัตรา ได้แก่ 0, 16, 32, 64 และ 128 ลิตร/ไร่ โดยผสมน้ำและปรับปริมาตรเป็น 1,600 ลิตรในทุกตำรับการทดลอง ทั้งนี้ เพื่อให้อ้อยในทุกตำรับการทดลองได้รับน้ำในปริมาณที่เท่ากัน โดยการศึกษาในครั้งนี้มีอัตราการใช้น้ำกากส่าที่ต่ำกว่าการศึกษาของ ศรีสุดา และคณะ (2555) เนื่องจากสมบัติของน้ำกากส่า วิธีการใส่ ระยะเวลาที่ใส่ รวมถึงพื้นที่ศึกษามีความแตกต่างกัน แปลงรองเทียบอัตราปุ๋ยเคมี ได้แก่ ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ใส่ปุ๋ยเคมีที่อัตราแนะนำโดยกรมวิชาการเกษตร (2547) และใส่ปุ๋ยเคมีปริมาณ 2 เท่าของอัตราแนะนำ

แก่นเกษตร 48 ฉบับที่ 6: 1276-1291 (2563)./doi:10.14456/kaj.2020.113.

โดยปุ๋ยในอัตราแนะนำมีรายละเอียดดังนี้ ปุ๋ยรองพื้นอัตรา 3:3:3 กิโลกรัม/ไร่ ของ $N:P_2O_5:K_2O$ และปุ๋ยแต่งหน้าอัตรา 23.6:5.2:8.4 กิโลกรัม/ไร่ ของ $N:P_2O_5:K_2O$ แปลงทดลองมีขนาด 9 x 11 ม. ระยะห่างระหว่างแปลงทดลองย่อยเท่ากับ 2 ม. ปลูกอ้อยในเดือนธันวาคม 2559 โดยใช้รถปลูกวางท่อนพันธุ์แบบแถวคู่ ระยะห่างระหว่างท่อนพันธุ์เท่ากับ 25 ซม. และรองพื้นด้วยปุ๋ยรองพื้น พร้อมทำการกลบท่อนพันธุ์ เมื่ออ้อยอายุ 4 เดือน ทำการใส่ปุ๋ยแต่งหน้า จากนั้นเมื่ออ้อยอายุ 6 เดือน ทำการใส่น้ำกากส่าที่อัตราต่าง ๆ โดยวิธีการราดบริเวณกลางกออ้อย

เก็บเกี่ยวผลผลิตอ้อยเมื่ออ้อยอายุ 14 เดือน (กุมภาพันธ์ 2561) พื้นที่เก็บเกี่ยวขนาด 2 x 2 ม. ทำการเก็บข้อมูลผลผลิตน้ำหนักสดในส่วนใบและยอด และลำอ้อย คุณภาพความหวาน (CCS) จำนวนลำ ความยาวลำ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำอ้อย ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างใบและยอด และลำอ้อย โดยการตัดลำอ้อยให้ชิดกับผิวดินมากที่สุดเพื่อนำมาศึกษาการดูดใช้ธาตุอาหารในทั้งในส่วนของใบและยอด และลำอ้อย โดยที่ในส่วนของลำอ้อยจะไม่มีการลอกเปลือก นำตัวอย่างทั้งสองส่วนมาตัดแบ่งให้เป็นชิ้นขนาดเล็ก ก่อนนำไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส จนมีน้ำหนักคงที่ แล้วบดให้ละเอียด นำไปวิเคราะห์ความเข้มข้นธาตุอาหารของอ้อย ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม โดยการย่อยสลายด้วยกรด H_2SO_4–Na_2SO_4–Se และวัดปริมาณด้วยวิธีมาตรฐาน (Gallaher et al., 1976) คำนวณปริมาณธาตุอาหารที่อ้อยดูดใช้ แสดงดังสมการด้านล่างนี้

ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารของอ้อย (กก./ไร่) =

$$\frac{\text{ความเข้มข้นของธาตุอาหาร(ก./กก.)x น้ำหนักแห้งของอ้อย (กก./ไร่)}}{1{,}000}$$

และทำการเก็บตัวอย่างดินหลังปลูกอ้อย โดยเก็บตัวอย่างดินบนที่ระดับความลึก 0–30 ซม. แบบสุ่มในทุกแปลงย่อย และทำการวิเคราะห์สมบัติดิน ได้แก่ พีเอช ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน

การวิเคราะห์ข้อมูล ดำเนินการโดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ และเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติ โดยใช้ Duncan's multiple range tests ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ขึ้นไป

ผลการศึกษา

สมบัติดินก่อนการทดลอง

ดินที่ทำการศึกษาเป็นดินทรายร่วน (loamy sand) (ปริมาณอนุภาคขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียวเท่ากับ 865, 63 และ 72 ก./กก. ตามลำดับ) เป็นชุดดินวาริน มีค่าพีเอชเป็นกรดเล็กน้อย (5.94) ค่าการนำไฟฟ้า (0.05 เดซิซีเมนส์/ม.) ปริมาณอินทรียวัตถุ (4.50 ก./กก.) และปริมาณไนโตรเจน (0.42 ก./กก.) อยู่ในระดับต่ำ และมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ปานกลาง (13.54 มก./กก.) ส่วนปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (56.46 มก./กก.) และค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนของดิน (1.4 เซนติโมล/กก.) มีค่าอยู่ในระดับต่ำ ผลการประเมินความอุดมสมบูรณ์ของดินตามหลักเกณฑ์ของกรมพัฒนาที่ดิน (กองสำรวจและจำแนกดิน, 2543; Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) พบว่าดินมีความอุดมสมบูรณ์อยู่ในระดับปานกลาง

สมบัติของน้ำกากส่าจากโรงงานเอทานอลที่ใช้ในการศึกษา

น้ำกากส่าที่ใช้ในการศึกษามีลักษณะเป็นของเหลวสีน้ำตาลดำ และมีความข้นสูง ประกอบด้วยของเหลว (86.9%) และของแข็ง (13.1%) มีค่าพีเอชเท่ากับ 3.95 และค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 73.17 เดซิซีเมนส์/ม. มีความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชในรูปรวม ดังนี้ โพแทสเซียม 19.92 ก./ลิตร แคลเซียม 3.29 ก./ลิตร ไนโตรเจน 2.22 ก./ลิตร แมกนีเซียม 1.64 ก./ลิตร และโซเดียม 1.51 ก./ลิตร นอกจากนี้ น้ำกากส่ายังประกอบไปด้วยฟอสฟอรัส กำมะถัน เหล็ก ทองแดง แมงกานีส นิกเกิล และสังกะสีในรูปรวมปริมาณเล็กน้อย สำหรับธาตุอาหารพืชในรูปที่ละลายได้ พบว่ามีความเข้มข้นของแคลเซียมมากที่สุด (2.71 ก./ลิตร) รองลงมาได้แก่ แมกนีเซียม (1.62 ก./ลิตร) โพแทสเซียม (1.41 ก./ลิตร) โซเดียม (0.61 ก./ลิตร) กำมะถัน (0.26 ก./ลิตร) และฟอสฟอรัส (0.11 ก./ลิตร) นอกจากนี้ยังมีแมงกานีส สังกะสี นิกเกิล เหล็ก และทองแดงที่อยู่ในรูปที่ละลายได้ในปริมาณเล็กน้อย (**Table 1**) ซึ่งน้ำกากส่าที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้มีค่าพีเอชต่ำกว่า และค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าน้ำกากส่าที่ใช้ในการศึกษาของศรีสุดา และคณะ (2555) (พีเอช 4.6–5.1 และค่าการนำไฟฟ้า 21–31 เดซิซีเมนส์/ม.)

Table 1 Composition of vinasse in this study

Property	Analysis value of vinasse	
Liquids (%)	86.9	
Solids (%)	13.1	
pH	3.95	
EC (dS/m)	73.17	
	Total concentration	Soluble concentration
K (g/L)	19.92	1.41
Ca (g/L)	3.29	2.71
N (g/L)	2.22	Not analyzed
Mg (g/L)	1.64	1.62
Na (g/L)	1.51	0.61
P (g/L)	0.75	0.11
S (g/L)	0.26	0.26
Fe (mg/L)	190.25	0.57
Cu (mg/L)	38.52	0.03
Mn (mg/L)	37.53	17.61
Ni (mg/L)	6.03	0.81
Zn (mg/L)	1.07	0.93

ผลของน้ำกากส่าและปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3

การให้น้ำกากส่าไม่ส่งผลทำให้ปริมาณคุณภาพ และองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยปลูกพันธุ์ขอนแก่น 3 มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการให้น้ำกากส่าที่อัตรา 128 ลิตร/ไร่ มีแนวโน้มทำให้ผลผลิตน้ำหนักสด (16.04 ตัน/ไร่) คุณภาพความหวาน (16.24) และจำนวนลำต่อพื้นที่ (8,233 ลำ/ไร่) สูงสุด นอกจากนี้ การให้น้ำกากส่าที่อัตรา 64 ลิตร/ไร่ มีแนวโน้มทำให้จำนวนปล้อง (29.42 ปล้อง/ลำ) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำของอ้อย (31.71 มม.) สูงสุด (Table 2) ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจาก น้ำกากส่าประกอบด้วยธาตุอาหารที่พืชต้องการ (Table 1) จึงส่งเสริมให้อ้อยมีการเจริญเติบโตมากขึ้น ทั้งนี้ ได้สอดคล้องกับการศึกษาของศรีสุดา และคณะ (2555), Gómez and Rodríguez (2000) และ Li et al. (2007) ที่พบว่า การใช้น้ำกากส่าสามารถเพิ่มผลผลิตน้ำหนักสดและน้ำตาลของอ้อยได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อีกทั้งยังมีแนวโน้มช่วยเพิ่มจำนวนลำและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำอ้อยได้

การใส่ปุ๋ยเคมีปริมาณ 2 เท่าของอัตราแนะนำ ทำให้ได้ผลผลิตน้ำหนักสดของอ้อยสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 15.76 ตัน/ไร่ ($p \leq 0.05$) โดยมีปริมาณสูงกว่าตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมีถึง 21.70% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gómez and Rodríguez (2000) ที่พบว่า การใช้ปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มช่วยเพิ่มผลผลิตอ้อย อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มทำให้คุณภาพความหวานของอ้อยลดลง โดยมีค่าสูงสุดในตำรับควบคุมเท่ากับ 16.10 ทั้งนี้ อาจเป็นผลมาจากการใช้ปุ๋ยเคมีส่งเสริมให้อ้อยมีการเจริญเติบโตมากขึ้นจึง

ส่งผลทำให้ความเข้มข้นของน้ำตาลในลำอ้อยลดลง ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนลำต่อพื้นที่และความยาวลำอ้อย ที่พบว่าการใส่ปุ๋ยเคมีปริมาณ 2 เท่าของอัตราแนะนำมีแนวโน้มช่วยเพิ่มจำนวนลำต่อพื้นที่ (8,040 ลำ/ไร่) และความยาวลำอ้อย (252.9 ซม.) ได้สูงสุด และมีค่าสูงขึ้นตามอัตราปุ๋ยเคมีที่ใส่ อีกทั้งยังส่งผลทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำอ้อยมีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 31.73 มม. ($p \leq 0.05$) ด้วยเช่นกัน (**Table 2**) อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาครั้งนี้เป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามกับ Gómez and Rodríguez (2000) ที่พบว่าการใช้ปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มช่วยเพิ่มผลผลิตน้ำตาลของอ้อย

การศึกษาปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำกากส่าและปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตอ้อย พบว่า น้ำกากส่าและปุ๋ยเคมีไม่มีปฏิสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อปริมาณผลผลิต คุณภาพความหวาน และองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย และไม่พบแนวโน้มที่ชัดเจน แต่ทั้งนี้ การให้น้ำกากส่าที่อัตรา 16, 64 และ 128 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีปริมาณ 2 เท่าของอัตราแนะนำส่งผลทำให้ความยาวลำอ้อย (258.8 ซม.) จำนวนลำต่อพื้นที่ (9,500 ลำ/ไร่) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ (32.98 มม.) และผลผลิตน้ำหนักสดของอ้อย (18.76 ตัน/ไร่) มีค่าสูงสุด (Table 2) ซึ่งเป็นไปได้ว่าอัตราการใช้น้ำกากส่าในการทดลองครั้งนี้อาจยังไม่มากเพียงพอที่จะส่งผลต่อผลผลิตอ้อยรวมถึงการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันกับปุ๋ยเคมีที่จะช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของอ้อยทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ

ผลของน้ำกากส่าและปุ๋ยเคมีต่อการดูดใช้ธาตุอาหารหลักของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3

ข้อมูลน้ำหนักแห้ง ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมของผลผลิตอ้อยซึ่งใช้ในการคำนวณปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารของอ้อยแสดงดัง **Table 3** และ **4 ตามลำดับ** โดยพบว่าการให้น้ำกากส่าส่งผลทำให้การดูดใช้ฟอสฟอรัสในใบและยอด และโพแทสเซียมในลำอ้อยมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ การดูดใช้ฟอสฟอรัสในใบและยอดไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราการใส่น้ำกากส่าถึงแม้ว่าจะมีความแตกต่างกันทางสถิติก็ตาม ในส่วนของการดูดใช้โพแทสเซียมในลำอ้อย มีความชัดเจนว่า การใส่น้ำกากส่าในอัตราที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้มีการดูดใช้ธาตุนี้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยการใส่ในอัตรา 128 ลิตร/ไร่ทำให้มีการดูดใช้สูงสุดเท่ากับ 10.09 กก./ไร่ ($p \leq 0.01$) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในรูปรวมของน้ำกากส่าที่มีค่าสูงสุด (**Table 1**)

Table 2 Effect of vinasse and chemical fertilizer application on quantity and quality of sugarcane, Khon Kaen 3 variety

Treatment	Cane yield	CCS	Number of cane	Number of Internode	Cane diameter	Cane length
	(t/rai)		(no./rai)	(no./plant)	(mm)	(cm)
Main plot: vinasse [1/]						
T1	14.05	15.56	8,167	27.00	31.12	253.4
T2	12.31	15.99	6,133	28.17	30.68	248.9
T3	13.83	15.29	7,800	27.75	29.88	244.2
T4	14.65	15.77	7,600	29.42	31.71	251.5
T5	16.04	16.24	8,233	27.50	31.47	251.0
F–test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Sub plot: chemical fertilizer [2/]						
F0	12.95b	16.10	7,140	28.30	30.09b	245.5
F1	13.82ab	15.46	7,580	27.65	31.09ab	250.9
F2	15.76a	15.75	8,040	27.95	31.73a	252.9
F–test	*	ns	ns	ns	*	ns

Table 2 Effect of vinasse and chemical fertilizer application on quantity and quality of sugarcane, Khon Kaen 3 variety (Cont.)

Treatment	Cane yield	CCS	Number of cane	Number of Internode	Cane diameter	Cane length
	(t/rai)		(no./rai)	(no./plant)	(mm)	(cm)
Interaction: vinasse x chemical fertilizer						
T1F0	13.57	16.38	8,700	28.25	30.88	256.5
T1F1	14.07	14.90	8,200	26.00	31.00	254.6
T1F2	14.51	15.40	7,600	26.75	31.48	249.1
T2F0	10.22	16.10	5,100	27.50	30.55	242.0
T2F1	13.69	15.54	6,900	28.00	30.78	245.8
T2F2	13.01	16.33	6,400	29.00	30.70	258.8
T3F0	14.02	15.72	7,400	27.25	28.90	236.2
T3F1	13.25	15.42	8,100	27.25	29.78	249.6
T3F2	14.22	14.74	7,900	28.75	30.98	246.6
T4F0	13.69	15.79	7,200	30.00	30.35	248.4
T4F1	11.98	15.65	6,100	29.75	31.80	253.4
T4F2	18.28	15.86	9,500	28.50	32.98	252.7
T5F0	13.25	16.50	7,300	28.50	29.78	244.6
T5F1	16.10	15.81	8,600	27.25	32.10	250.9
T5F2	18.76	16.40	8,800	26.75	32.52	257.4
F–test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
%CV	24.6	8.6	24.7	9.5	5.3	8.7

ns = not significant; * significantly different at 0.05 probability level; means with different lowercase superscript letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

[1/] T1 = no vinasse application; T2 = vinasse 16 L/rai; T3 = vinasse 32 L/rai; T4 = vinasse 64 L/rai; T5 = vinasse 128 L/rai.

[2/] F0 = no chemical fertilizer application; F1 = chemical fertilizer at the recommended rate (Basal application: 3:3:3 kg/rai of N:P_2O_5:K_2O; topdressing application: 23.6:5.2:8.4 kg/rai of N:P_2O_5:K_2O); F2 = chemical fertilize at 2 times of the recommended rate

แก่นเกษตร 48 ฉบับที่ 6: 1276-1291(2563)./doi:10.14456/kaj.2020.113.

ปุ๋ยเคมีส่งผลต่อการดูดใช้ธาตุอาหารในทั้งสองส่วนของอ้อย โดยการใส่ปุ๋ยเคมีทั้ง 2 อัตรา ส่งผลทำให้อ้อยมีการดูดใช้ไนโตรเจนในลำอ้อยสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติในพิสัย 11.31-11.74 กก./ไร่ ($p \leq 0.01$) เปรียบเทียบกับ 6.24 กก./ไร่ ในตำรับควบคุมที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมี การใส่ปุ๋ยเคมีปริมาณ 2 เท่าของอัตราแนะนำ ทำให้มีการดูดใช้ฟอสฟอรัสในส่วนของใบและยอดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 0.76 กก./ไร่ ($p \leq 0.01$) เช่นเดียวกับการดูดใช้โพแทสเซียมในส่วนของลำอ้อยซึ่งมีค่าเท่ากับ 8.46 กก./ไร่ ($p \leq 0.01$) อย่างไรก็ตาม การดูดใช้โพแทสเซียมในส่วนใบและยอดไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณปุ๋ยเคมีที่ใส่ถึงแม้ว่าจะมีความแตกต่างกันทางสถิติก็ตาม

ปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำกากส่าและปุ๋ยเคมี พบว่า การให้น้ำกากส่าที่อัตรา 64 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีปริมาณ 2 เท่าของอัตราแนะนำช่วยทำให้ใบและยอดอ้อยดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติเท่ากับ 7.14, 1.19 และ 8.19 กก./ไร่ ตามลำดับ ($p \leq 0.01$) และยังช่วยทำให้ลำอ้อยดูดใช้ไนโตรเจนได้สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 17.17 กก./ไร่ ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้ ยังมีแนวโน้มทำให้ลำอ้อยดูดใช้โพแทสเซียมได้สูงสุดเท่ากับ 10.88 กก./ไร่. แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับอื่น (**Table 4**) โดยภาพรวมผลจากการศึกษาการดูดใช้ธาตุอาหารของอ้อย จะเห็นได้ว่าลำอ้อยมีการดูดใช้ธาตุอาหารมากกว่าในส่วนของใบและยอด โดยลำอ้อยมีการดูดใช้ไนโตรเจนสูงสุด รองลงมาคือโพแทสเซียม และฟอสฟอรัส ตามลำดับ แต่อย่างไรก็ตาม ธาตุอาหารในส่วนใบและยอดอ้อยจะเป็นส่วนที่คืนกลับสู่ดิน (crop residual) ทั้งนี้ ใบและยอดอ้อยมีการดูดใช้ไนโตรเจนและโพแทสเซียมในปริมาณใกล้เคียงกัน และมีการดูดใช้ฟอสฟอรัสน้อยที่สุดเช่นเดียวกันกับส่วนของลำอ้อย

Table 3 Effect of vinasse and chemical fertilizer on dry weight and plant nutrient concentration of sugarcane, Khon Kaen 3 variety

Treat-ment	Dry wt. (kg/rai)		N concentration (g/kg)		P concentration (g/kg)		K concentration (g/kg)	
	Leaf+tip	Cane	Leaf+tip	Cane	Leaf+tip	Cane	Leaf+tip	Cane
Main plot: vinasse [1/]								
T1	379	5,261	9.23	1.78bc	1.90a	0.34	10.43d	1.00c
T2	353	4,284	10.81	2.26a	1.81ab	0.39	13.18a	1.31b
T3	327	4,766	10.48	1.81bc	1.67b	0.41	11.59c	1.29b
T4	421	5,316	10.60	2.06ab	1.69b	0.42	12.49b	1.77a
T5	377	5,754	10.39	1.69c	1.38c	0.36	11.76c	1.75a
F-test	ns	ns	ns	**	**	ns	**	**

Table 3 Effect of vinasse and chemical fertilizer on dry weight and plant nutrient concentration of sugarcane, Khon Kaen 3 variety (Cont.)

Treat-ment	Dry wt. (kg/rai)		N concentration (g/kg)		P concentration (g/kg)		K concentration (g/kg)	
	Leaf+tip	Cane	Leaf+tip	Cane	Leaf+tip	Cane	Leaf+tip	Cane
Sub plot: chemical fertilizer [2/]								
F0	407a	4,887	9.61b	1.28b	1.50c	0.45a	11.67b	1.25b
F1	308b	4,927	11.19a	2.33a	1.68b	0.34b	11.48b	1.41b
F2	399a	5,415	10.10ab	2.15a	1.89a	0.36ab	12.52a	1.61a
F-test	*	ns	*	**	**	*	**	**
Interaction: vinasse × chemical fertilizer								
T1F0	478ab	4,964	9.16bc	0.74f	1.52def	0.37	10.57fgh	0.72e
T1F1	297bc	5,442	9.16bc	2.21abc	1.82bcd	0.25	10.30h	0.96de
T1F2	362bc	5,377	9.38bc	2.40ab	2.34a	0.41	10.42gh	1.30cd
T2F0	318bc	4,375	10.33bc	2.09abc	1.71cde	0.46	13.19ab	0.99de
T2F1	270bc	4,464	12.31ab	2.54ab	1.69cde	0.32	12.31bcd	1.08de
T2F2	470ab	4,013	9.80bc	2.15abc	2.04b	0.39	14.04a	1.87ab
T3F0	479ab	4,851	10.56bc	1.40de	1.55def	0.51	10.16h	1.09de
T3F1	325bc	4,384	9.80bc	2.10abc	1.78bcde	0.34	11.91cde	1.41abcd
T3F2	178c	5,063	11.08abc	1.93bcd	1.68cde	0.37	12.69bc	1.37bcd
T4F0	361bc	4,884	9.74bc	0.79ef	1.37f	0.42	13.13ab	1.70abc
T4F1	264bc	4,675	10.79bc	2.68a	1.80bcde	0.52	11.51def	1.70abc
T4F2	639a	6,390	11.26bc	2.71a	1.91bc	0.31	12.84bc	1.91a
T5F0	400b	5,362	8.28c	1.40de	1.34f	0.48	11.28efg	1.73abc
T5F1	386bc6	5,671	13.91a	2.10abc	1.31f	0.25	11.36defg	1.90a
T5F2	345bc	6,229	8.98c	1.58cd	1.48ef	0.35	12.63bc	1.61abc
F-test	**	ns	*	**	**	ns	**	*
%CV	29.5	24.6	16.1	16.1	9.9	29.8	4.5	17.8

ns = not significant; * significantly different at 0.05 probability level; means with different lowercase superscript letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

[1/] T1 = no vinasse application; T2 = vinasse 16 L/rai; T3 = vinasse 32 L/rai; T4 = vinasse 64 L/rai; T5 = vinasse 128 L/rai

[2/] F0 = no chemical fertilizer application; F1 = chemical fertilizer at the recommended rate (Basal application: 3:3:3 kg/rai of N:P_2O_5:K_2O; topdressing application: 23.6:5.2:8.4 kg/rai of N:P_2O_5:K_2O); F2 = chemical fertilize at 2 times of the recommended rate

แก่นเกษตร 48 ฉบับที่ 6: 1276-1291 (2563)./doi:10.14456/kaj.2020.113.

Table 4 Effect of vinasse and chemical fertilizer on plant nutrient uptake of sugarcane, Khon Kaen 3 variety

Treatment	N uptake (kg/rai)		P uptake(kg/rai)		K uptake (kg/rai)	
	Leaf and tip	Cane	Leaf and tip	Cane	Leaf and tip	Cane
Main plot: vinasse [1/]						
T1	3.47	9.51	0.71ab	1.81	3.97	5.28b
T2	3.70	9.54	0.65abc	1.70	4.71	5.52b
T3	3.39	8.84	0.54bc	1.93	3.67	6.10b
T4	4.48	11.18	0.72a	2.11	5.32	9.04a
T5	3.93	9.75	0.52c	2.05	4.46	10.09a
F–test	ns	ns	*	ns	ns	**
Sub plot: chemical fertilizer [2/]						
F0	3.87	6.24b	0.61b	2.17	4.67a	6.16b
F1	3.50	11.31a	0.51b	1.61	3.54b	6.99b
F2	4.02	11.74a	0.76a	1.97	5.06a	8.46a
F–test	ns	**	**	ns	*	**
Interaction: vinasse x chemical fertilizer						
T1F0	4.35bcd	3.80c	0.73bcd	1.88	5.08bc	3.65
T1F1	2.67de	11.89ab	0.54cde	1.36	3.06cd	5.21
T1F2	3.39cde	12.84ab	0.85bc	2.17	3.75cd	6.97
T2F0	3.27cde	9.04bc	0.54cde	2.03	4.20bcd	4.30
T2F1	3.35cde	11.23b	0.46de	1.40	3.33cd	4.88
T2F2	4.49bcd	8.34bc	0.95ab	1.68	6.61ab	7.37
T3F0	5.00bc	6.85bc	0.74bcd	2.45	4.86bcd	5.27
T3F1	3.18cde	9.21bc	0.57cde	1.49	3.89bcd	6.20
T3F2	1.97e	10.47b	0.30e	1.83	2.26d	6.84

Table 4 Effect of vinasse and chemical fertilizer on plant nutrient uptake of sugarcane, Khon Kaen 3 variety (Cont.)

Treatment	N uptake (kg/rai)		P uptake(kg/rai)		K uptake (kg/rai)	
	Leaf and tip	Cane	Leaf and tip	Cane	Leaf and tip	Cane
Interaction: vinasse x chemical fertilizer						
T4F0	3.47bcde	3.82c	0.49de	1.98	4.74bcd	8.31
T4F1	2.84de	12.54ab	0.48de	2.40	3.03cd	7.93
T4F2	7.14a	17.17a	1.19a	1.94	8.19a	10.88
T5F0	3.26cde	7.67bc	0.54cde	2.53	4.48bcd	9.27
T5F1	5.44ab	11.68ab	0.51de	1.40	4.40bcd	10.74
T5F2	3.09cde	9.89b	0.51de	2.22	4.50bcd	10.27
F–test	**	*	**	ns	**	ns
%CV	28.6	33.4	27.3	35.7	32.1	24.7

ns = not significant; * significantly different at 0.05 probability level; means with different lowercase superscript letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

[1/] T1 = no vinasse application; T2 = vinasse 16 L/rai; T3 = vinasse 32 L/rai; T4 = vinasse 64 L/rai; T5 = vinasse 128 L/rai.

[2/] F0 = no chemical fertilizer application; F1 = chemical fertilizer at the recommended rate (Basal application: 3:3:3 kg/rai of N:P_2O_5:K_2O; topdressing application: 23.6:5.2:8.4 kg/rai of N:P_2O_5:K_2O); F2 = chemical fertilize at 2 times of the recommended rate.

ผลของน้ำกากส่าและปุ๋ยเคมีต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก

การใส่น้ำกากส่าไม่มีผลทำให้ค่าพีเอชดิน (6.13–6.25) ปริมาณอินทรียวัตถุ (3.55–4.17 ก./กก.) ไนโตรเจนรวม (0.19–0.34 ก./กก.) ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในรูปที่เป็นประโยชน์ในดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก (11.30–16.02 และ 30.19–34.37 มก./กก. ตามลำดับ) มีความแตกต่างกันระหว่างตำรับการทดลอง (**Table 5**) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Soobadar and Rene Ng Kee Kwong (2012) และ Yin et al. (2019) ที่พบว่า การใช้น้ำกากส่าไม่มีผลต่อค่าพีเอช ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนรวม และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน อย่างไรก็ตาม การให้น้ำกากส่าที่อัตรา 16 ลิตร/ไร่ ทำให้ดินมีค่าการนำไฟฟ้าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.033 เดซิซีเมนส์/ม. ($p \leq 0.05$) แต่ไม่แตกต่างกับตำรับควบคุมและตำรับที่มีการให้น้ำกากส่าอัตรา 32 และ 128 ลิตร/ไร่ ซึ่งโดยภาพรวม พบว่า ค่าการนำไฟฟ้าของดินมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมากและมีค่าต่ำมาก สำหรับผลของปุ๋ยเคมีนั้น พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีมีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดลงตามอัตราปุ๋ยเคมีที่ใส่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องจากการใส่ปุ๋ยเคมีมีผลช่วยเพิ่มการดูดใช้ธาตุอาหารของอ้อยจึงทำให้ปริมาณไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในดินลดลง แต่อย่างไรก็ตาม การใส่ปุ๋ยเคมีไม่มีผลต่อพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรียวัตถุ และโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก (**Table 5**)

ปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างน้ำกากส่าและปุ๋ยเคมี พบว่า น้ำกากส่าและปุ๋ยเคมีไม่มีปฏิสัมพันธ์ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก โดยดินมีค่าพีเอช ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนรวม และฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในพิสัย 6.07–6.36, 0.027–0.037 เดซิซีเมนส์/ม., 3.00–4.64 ก./กก., 0.09–0.54 ก./กก. และ 6.54–24.79 มก./กก. ตามลำดับ แต่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างน้ำกากส่าและปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มส่งผลต่อปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก แต่ไม่ชัดเจนเท่ากับอิทธิพลของปุ๋ยเคมีซึ่งใส่ตามอัตราแนะนำเพียงอย่างเดียว ที่มีผลทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์หลงเหลืออยู่ในดินสูงสุดเท่ากับ 39.41 มก./กก. ($p \leq 0.05$) อย่างไรก็ตาม ปริมาณดังกล่าวไม่แตกต่างทางสถิติกับตำรับการทดลองที่มีการใส่น้ำกากส่าร่วมกับปุ๋ยเคมีในบางอัตรา (Table 5)

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การให้น้ำกากส่าและปุ๋ยเคมีไม่ส่งผลชัดเจนนักต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติดินหลังปลูกอ้อยไป 1 ฤดูกาล ทั้งนี้ น่าเป็นผลมาจากปัจจัยทางด้านสภาพภูมิอากาศ และสมบัติของดินในพื้นที่แปลงทดลอง โดยเฉพาะเนื้อดินที่เป็นดินทรายร่วนซึ่งมีการระบายน้ำและอากาศดีถึงดีเกินไป และดินมีค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำมาก ดินจึงมีความสามารถดูดซับหรือเก็บกักธาตุอาหารต่ำ ธาตุอาหารพืชจึงสูญเสียไปจากเขตรากพืชได้ง่ายโดยกระบวนการชะละลาย (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541; สุมิตรา, 2541)

Table 5 Effect of vinasse and chemical fertilizer on soil property changes after harvesting a virgin cane

Treatment	pH 1:1	EC 1:5 (dS/m)	OM (g/kg)	Total N (g/kg)	Avail. P (mg/kg)	Avail. K (mg/kg)
Main plot: vinasse [1/]						
T1	6.16	0.031ab	4.17	0.34	14.06	34.37
T2	6.25	0.033a	3.82	0.27	16.02	30.80
T3	6.15	0.032a	3.97	0.22	12.07	32.15
T4	6.17	0.027b	3.55	0.20	13.75	30.19
T5	6.13	0.030ab	3.85	0.19	11.30	31.16
F–test	ns	*	ns	ns	ns	ns
Sub plot: chemical fertilizer [2/]						
F0	6.14	0.032	3.96	0.32a	18.02a	33.09
F1	6.16	0.030	3.58	0.22b	13.24b	31.27
F2	6.23	0.030	4.07	0.20b	9.07c	30.84
F–test	ns	ns	ns	*	*	ns

Table 5 Effect of vinasse and chemical fertilizer on soil property changes after harvesting a virgin cane

(Cont.)

Treatment	pH 1:1	EC 1:5 (dS/m)	OM (g/kg)	Total N (g/kg)	Avail. P (mg/kg)	Avail. K (mg/kg)
Interaction: vinasse x chemical fertilizer						
T1F0	6.07	0.029	4.25	0.54	16.81	30.81bcd
T1F1	6.23	0.030	3.64	0.19	12.43	39.41a
T1F2	6.19	0.033	4.61	0.30	12.94	32.89abcd
T2F0	6.20	0.037	3.82	0.37	24.79	36.42ab
T2F1	6.19	0.032	3.00	0.19	16.34	26.38d
T2F2	6.36	0.030	4.64	0.26	6.94	29.59bcd
T3F0	6.14	0.033	3.75	0.19	17.07	33.57abcd
T3F1	6.09	0.032	3.57	0.28	12.59	30.04bcd
T3F2	6.23	0.032	4.57	0.19	6.54	32.84abcd
T4F0	6.18	0.027	3.86	0.23	15.12	29.97bcd
T4F1	6.16	0.027	3.39	0.21	15.20	33.03abcd
T4F2	6.16	0.027	3.39	0.18	10.94	27.57cd
T5F0	6.09	0.032	4.11	0.28	16.31	34.67abc
T5F1	6.11	0.029	4.29	0.21	9.62	27.49cd
T5F2	6.21	0.028	3.14	0.09	7.97	31.34bcd
F–test	ns	ns	ns	ns	ns	*
%CV	4.2	23.8	42.0	86.8	63.5	20.1

ns = not significant; * significantly different at 0.05 probability level; means with different lowercase superscript letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

[1/] T1 = no vinasse application; T2 = vinasse 16 L/rai; T3 = vinasse 32 L/rai; T4 = vinasse 64 L/rai; T5 = vinasse 128 L/rai.

[2/] F0 = no chemical fertilizer application; F1 = chemical fertilizer at the recommended rate (Basal application: 3:3:3 kg/rai of N:P_2O_5:K_2O; topdressing application: 23.6:5.2:8.4 kg/rai of N:P_2O_5:K_2O); F2 = chemical fertilize at 2 times of the recommended rate.

สรุป

การให้น้ำกากส่าที่อัตรา 64 และ 128 ลิตร/ไร่ มีแนวโน้มช่วยเพิ่มผลผลิต คุณภาพความหวาน และองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย และการใช้ปุ๋ยเคมีปริมาณ 2 เท่าของอัตราแนะนำ สามารถเพิ่มผลผลิตและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำอ้อยได้สูงสุด และยังมีแนวโน้มช่วยเพิ่มจำนวนลำ และความยาวของลำอ้อยได้ อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยเคมีมีแนวโน้มทำให้ความหวานของอ้อยลดลง ส่วนการใช้น้ำกากส่าที่อัตรา 16, 64 และ 128 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีที่ 2 เท่าของอัตราแนะนำมีแนวโน้มช่วยเพิ่มผลผลิตจำนวนลำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำ และความยาวของลำอ้อยได้สูงสุด

การให้น้ำกากส่าส่งผลทำให้ลำอ้อยมีการดูดใช้โพแทสเซียมเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติตามอัตราการใช้น้ำกากส่าที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่ส่งผลชัดเจนต่อการดูดใช้ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส การใส่ปุ๋ยเคมีช่วยเพิ่มการดูดใช้ไนโตรเจนและโพแทสเซียมในส่วนลำอ้อย และฟอสฟอรัสในส่วนใบและยอดอ้อยได้อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และการให้น้ำกากส่าอัตรา 64 ลิตร/ไร่ ร่วมกับปุ๋ยเคมีปริมาณ 2 เท่าของอัตราแนะนำ ช่วยทำให้ใบและยอดอ้อยดูดใช้ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ และยังช่วยทำให้ลำอ้อยดูดใช้ไนโตรเจนได้สูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

การใส่น้ำกากส่าอัตรา 16–128 ลิตร/ไร่ ไม่ส่งผลชัดเจนต่อการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ปริมาณอินทรียวัตถุ ไนโตรเจนรวม ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก แต่มีผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของดินเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย การใส่ปุ๋ยเคมีที่ 2 เท่าของอัตราแนะนำ มีผลทำให้ปริมาณไนโตรเจนรวมและฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง และมีแนวโน้มทำให้ปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดินลดลง นอกจากนี้การใช้น้ำกากส่าและปุ๋ยเคมีร่วมกันมีแนวโน้มที่จะช่วยเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ในดิน

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. คู่มือการวิเคราะห์ตัวอย่างดิน น้ำ ปุ๋ย พืช วัสดุปรับปรุงดิน และการวิเคราะห์เพื่อตรวจรับรองมาตรฐานสินค้า. พิมพ์ครั้งที่ 2. สำนักวิทยาศาสตร์เพื่อการพัฒนาที่ดิน, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2547. เอกสารวิชาการ อ้อย. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2558. รายงานโครงการวิจัย. การวิจัยและพัฒนาด้านดิน น้ำและปุ๋ยอ้อย. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร. 2562. อ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3. แหล่งข้อมูล: http://www.doa.go.th/pvp/images/stories/indexpp2518 /Anno-DOA_nameplant/t95.pdf. ค้นเมื่อ 20 พฤษภาคม 2562.

กองสำรวจและจำแนกดิน. 2543. คู่มือการจำแนกความเหมาะสมของดินสำหรับพืชเศรษฐกิจของประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. พิมพ์ครั้งที่ 8. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

มงคล ต๊ะอุ่น, ชุลีมาศ บุญไทย อิวาย, และ สุทธิพงศ์ เปรื่องค้า. 2560. ผลกระทบทรัพยากรดินจากการใช้น้ำกากส่าของการปลูกอ้อยในเชิงพื้นที่. แก่นเกษตร. 45: 419–423.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2556. ธาตุอาหารและการเจริญเติบโตของอ้อย. ดินและปุ๋ย. 35: 65–77.

ศรีสุดา ทิพยรักษ์, กอบเกียรติ ไพศาสเจริญ, และ เจิม จาบประโคน. 2555. ผลของอัตราปุ๋ยเคมีและน้ำกากส่าต่อผลผลิตอ้อยและความอุดมสมบูรณ์ของดินร่วนทราย ชุดยโสธร. แก่นเกษตร. 40: 115–129.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. 2560. รายงานพื้นที่ปลูกอ้อย ปีการผลิต 2559/60. แหล่งข้อมูล: http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923–9999.pdf. ค้นเมื่อ 30 มิถุนายน 2561.

สุมิตรา วัฒนา. 2541. การวิเคราะห์สมบัติของดินที่ใช้ปลูกอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

เอิบ เขียวรื่นรมณ์. 2533. ดินของประเทศไทย. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงทพฯ.

Anusontpornperm S., S. Nortcliff, and I. Kheoruenromne. 2005. Hardpan formation of some coarse–textured upland soils in thailand. In Management of Tropical Sandy Soils from Sustainable Agriculture. November 27–December, 2005, KhonKaen, Thailand.

Christofoletti, C. A., J. P. Escher, J. E. Correia, J. F. Marinho, and C. S. Fontanetti. 2013. Sugarcane vinasse: environmental implications of its use. Waste Manag. 33: 2752–2761.

Espana–Gamboa, E., J. Mijangos–Cortes, L. Barahona–Perez, J. Dominguez–Maldonado, G. Hernandez–Zarate, and L. Alzate–Gaviria. 2011. Vinasses: characterization and treatments. Waste Manag. 29: 1235–1250.

Gallaher, R.N., C.O. Weldon, and F.C. Boswell. 1976. A semiautomated procedure for total N in plant and soil sample. Soil Sci. Soc. Amer. J. 40: 887–889.

Gómez, J., and O. Rodríguez. 2000. Effects of vinasse on sugarcane (Saccharum officinarum) productivity. Revista de la Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia. 17: 318–326.

Land Classification Division and FAO Project Staff. 1973. Soil Interpretation Handbook for Thailand. Dept. Land Develop., Min. Agri. Coop., Bangkok, Thailand.

Li, Y., Q. Zhu, W. Wang, and S. Sushil. 2007. The effect of a novel system of vinasse application on sugarcane growth and yield in China. Proc. Int. Soc. Sugar Tech. 26.

National Soil Survey Center. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations. Natural Conservation Service, USDA.

Soobadar, A., and K. F. Rene Ng Kee Kwong. 2012. Impact of high rates of vinasse on some pertinent soil characteristics and on sugarcane yield in mauritius. Journal of Sustainable Agriculture. 36: 36–53.

Yin, J., C.–B. Deng, X.–F. Wang, G.–I. Chen, V. G. Mihucz, G.–P. Xu, and Q.–C. Deng. 2019. Effects of long–term application of vinasse on physicochemical properties, heavy metals content and microbial diversity in sugarcane field soil. Sugar Tech. 21: 62–70.