

ผลของอัตราปุ๋ยเคมีและน้ำกากส่าต่อผลผลิตอ้อยและความอุดมสมบูรณ์ ของดินร่วนทราย ชุดยโสธร

Effects of the rates of Chemical fertilizer and vinasse on sugarcane yield and soil fertility in loamy sand of Yasothon soil series

ศรีสุดา ทิพย์รักษ์^{1*}, กอบเกียรติ ไพศาลเจริญ¹ และ เจิม จาบประโคน¹

Srisuda Thippayarugs^{1*}, Kobkiet Paisanchaen¹ and Jeam Jabrakon¹

บทคัดย่อ: ศึกษาผลของอัตราปุ๋ยเคมีและน้ำกากส่าต่อผลผลิตของอ้อยปลูก (2552-53) และอ้อยตอ ปีที่ 1 (2553-54) พันธุ์ขอนแก่น 3 ปลูกในดินร่วนทรายชุดยโสธร ที่ไร่วัดคลอง ของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น โดยวางแผนการทดลองแบบ Split plot จำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัยหลักได้แก่ การใส่น้ำกากส่าอัตรา 10, 20 และ 30 ลบ.ม./ไร่ และมีการใส่น้ำเปล่า 10 ลบ.ม./ไร่ เป็นวิธีการตรวจสอบ ปัจจัยรองได้แก่การใส่ปุ๋ยเคมีเกรด 16-4-16 อัตรา 0, 50 และ 100 กก./ไร่ พบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์กันของปุ๋ยเคมีและน้ำกากส่าทั้งต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร ตลอดจนคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพดินหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยปลูกและอ้อยตอ 1 การใส่น้ำกากส่าอัตรา 20 และ 30 ลบ.ม. เพิ่มผลผลิตอ้อยปลูกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 58% และ 65% มากกว่าการไม่ใส่น้ำกากส่า และเพิ่มผลผลิตอ้อยตอ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อใส่น้ำกากส่า 10, 20 และ 30 ลบ.ม./ไร่ 76, 113 และ 121% ตามลำดับ มากกว่าเมื่อไม่ใส่น้ำกากส่า ผลผลิตเพิ่มขึ้นจากการเพิ่มจำนวนลำเก็บเกี่ยว ความยาว และเส้นผ่าศูนย์กลางลำ การใส่น้ำกากส่าทำให้ดินเพิ่ม pH ค่าการนำไฟฟ้า โปแทสเซียม แคลเซียม และ แมกนีเซียม ซึ่งอยู่ในระดับเป็นประโยชน์ต่อการปลูกอ้อยมากขึ้น แต่การใส่ปุ๋ยเคมีทั้งสองอัตราก็ไม่ทำให้ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตรของอ้อยแตกต่างกัน และไม่พบการเปลี่ยนแปลงของดินทางเคมีและกายภาพที่มีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ: น้ำกากส่า, อ้อยปลูก, อ้อยตอ 1

ABSTRACT: Effects of rates of application of chemical fertilizer and vinasse were investigated for sugarcane yield (var. Khon Kaen 3) of plant crop (2009-2010) and the 1st ratoon crop (2010-2011) in loamy sand of Yasothon soil series. The experiment was conducted in the experimental field of Khon Kaen Field Crops Research Center using split plot design with 3 replications. Rates of vinasse application at 10, 20 and 30 m³/rai were the main-plot treatments with water at 10 m³/rai as a control treatment. The subplot treatments were the rates of chemical fertilizer (16-4-16 of N-P₂O₅-K₂O) including 50 and 100 kg/rai with no fertilizer application as a control treatment. It was found that no interaction of the rates of chemical fertilizer and vinasse on sugarcane yield, yield components agronomic characteristics as well as soil chemical and physical properties after harvesting plant and ratoon crops. Vinasse application at the rates of 20 and 30 m³/rai significantly increased cane yield 58 and 65% of no vinasse application, respectively as well as application at the rate of 10, 20 and 30 m³/rai increased cane yield of the 1st ratoon crop 76, 113 and 121% of no vinasse application, respectively. Sugarcane yield increased according to increase cane numbers, length and diameter of canes. Soil properties was improved with application of vinasse, ie. pH, EC, K, Ca and Mg that was beneficial for sugarcane production. Application of the both rates of chemical fertilizer did not show any significant difference of cane yield, yield components and agronomy characteristics as well as soil properties.

Keywords: vinasse, plant cane, 1st ratoon cane

¹ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002

* Corresponding author : Weerapat@kku.ac.th

บทนำ

ดินทรายชุดยโสธร เกิดจากตะกอนของหินตะกอน เนื้อหยาบทั้บถมบนพื้นที่ มีข้อจำกัดในการผลิตพืช คือเนื้อดินค่อนข้างเป็นทราย ความอุดมสมบูรณ์ของ ดินต่ำ และความสามารถในการดูดซับธาตุอาหาร และน้ำต่ำ การสูญเสียธาตุอาหารสูง ดังนั้น การปลูกพืช โดยเฉพาะอ้อย จึงจำเป็นต้องใส่ปุ๋ยในอัตราสูง จากปัญหาการเพิ่มขึ้นของราคาปุ๋ยเคมี ทำให้มีความ จำเป็นต้องหาทางเลือกที่จะลดการใช้ปุ๋ยเคมีลง น้ำ กากสาเป็นของเหลือที่เหลือจากการกลั่นเอทานอล การผลิตเอทานอล 1 ลิตร ผลิตน้ำกากสา 12-15 ลิตร ขึ้นกับคุณภาพของอ้อย (Cortez et al., 1992 อ้างโดย Mariano et al., 2009) ปัจจุบันการผลิตเอทานอลใน ประเทศไทยมีปริมาณวันละ 1.9 ล้านลิตร (ธนากรแห่ง ประเทศไทย, 2555) ซึ่งมีน้ำกากสาประมาณ 20-30 ล้านลิตร/วัน การกำจัดที่มีปัญหามากเนื่องจากเป็น ของเหลือที่เข้มข้นด้วยสารอินทรีย์ เป็นกรดจัด ค่า การนำไฟฟ้าสูง Kulkarni et al. (1987) รายงานว่า น้ำกากสาประกอบด้วยน้ำ 90-93% และ 7-9% เป็น ของแข็ง ซึ่ง 75% ของของแข็งเป็นสารอินทรีย์และ 25% เป็นสารอนินทรีย์ โดยทั่วไปน้ำกากสามีลักษณะ สีน้ำตาลเข้ม มีปริมาณกลีเซอรอล โพลแซ็กเคียมและ แคลเซียม มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสปริมาณปาน กลาง (Rodella et al., 1983; Gomez and Rodriguez, 2000) Gomez and Rodriguez (2000) ดำเนิน การทดลองในสภาพไร่ที่เวเนซุเอลาติดต่อกัน 3 ปี พบว่า การใส่น้ำกากสาสามารถเพิ่มผลผลิตอ้อยและ สรุปว่าน้ำกากสาสามารถทดแทนปุ๋ยไนโตรเจน 55% ฟอสฟอรัส 72% และโพแทสเซียม 100% อย่างไรก็ตามการใส่น้ำกากสาดิตต่อกันเป็นเวลานานอาจมีผล ทำให้มีการสะสมของเกลือในดินจนอาจทำให้ปลูกพืช ไม่ได้ Tejada and Gonzalez (2005) รายงานว่ามีการ สะสมโพแทสเซียมในดินมากถึง 11 เท่าของปริมาณที่ อ้อยต้องการ ส่วนธาตุอาหารที่ต้องการน้อยอยู่ในระดับ ที่พอเพียงหรือเกินพอต่อความต้องการของอ้อย ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีโรงงานผลิตเอทานอล

ทั้งจากกากน้ำตาลและมันสำปะหลัง ในหลายจังหวัด เช่น ขอนแก่น ชัยภูมิ กาฬสินธุ์ และนครราชสีมา ทาง โรงงานจึงมีการรณรงค์การใช้น้ำกากสาในไร่อ้อย บางโรงงานไม่คิดมูลค่า และขนส่งไปให้ถึงไร่ แต่บาง โรงงานคิดเฉพาะค่าขนส่ง ซึ่งการใช้น้ำกากสาที่ผ่านมา 1-2 ปี พบว่าทำให้เพิ่มผลผลิตอ้อยได้อย่างเด่นชัด ใน ปัจจุบันจึงเป็นที่ต้องการมาก ศรีสุตา และเจิม (2553) ศึกษาการใช้น้ำกากสาก่อนการปลูกอ้อยในอัตราไร่ละ 90 ลบ.ม./ไร่ เปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมี 15-15-15 อัตรา 100 กก./ไร่ พบว่าการใส่น้ำกากสา ร่วมกับปุ๋ย เคมี 75 กก./ไร่ ให้ผลผลิต 60 ตัน/ไร่ ในระยะเวลา 3 ปี ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียวให้ผลผลิต 42 ตัน/ ไร่ ปัจจุบันน้ำกากสาเป็นที่ต้องการของเกษตรกรมาก ปริมาณที่ใช้จึงจำเป็นต้องลดลง มีความจำเป็นต้อง นำปุ๋ยเคมีมาเสริมจากการใส่น้ำกากสา อย่างไรก็ตาม การใส่น้ำกากสาดิตต่อเป็นระยะเวลานาน อาจมีการ สะสมในดิน จนเป็นผลเสียต่อการใช้ดินในอนาคต การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาอัตราของ ปุ๋ยเคมีและน้ำกากสา ต่อผลผลิตอ้อยปลูกและอ้อย ตอ นอกจากนั้นยังศึกษาผลกระทบของการใส่น้ำกาก สาต่อคุณสมบัติทางเคมี ปริมาณธาตุอาหารในดิน และกายภาพดิน

วิธีการศึกษา

เริ่มการดำเนินงานตั้งแต่เดือนตุลาคม 2552-ธันวาคม 2554 ที่ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น โดย วางแผนการทดลองแบบ split-plot ที่มีการจัด main-plot แบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อกจำนวน 3 ซ้ำ ปัจจัย หลักที่ถูกสุ่มใน main-plot คือ การใส่น้ำกากสา 3 อัตรา คือ 10, 20 และ 30 ลบ.ม./ไร่ ก่อนปลูกอ้อย และหลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยแต่ละครั้ง โดยมีวิธีการไม่ ใส่ปุ๋ย แต่ใส่ปุ๋ยเปล่าอัตรา 10 ลบ.ม./ไร่ เป็นวิธีตรวจสอบ ปัจจัยที่ถูกสุ่มลงใน sub-plot คือ ปุ๋ยเคมีเกรด 16-4-16 ของ $N-P_2O_5-K_2O$ อัตรา 0, 50 และ 100 กก./ ไร่ โดยใช้แม่ปุ๋ย ยูเรีย ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต และ โพแทสเซียมคลอไรด์ ขนาดแปลงทดลองย่อย 8.4x8.0

ม. ราดน้ำกาบส่าและน้ำเปล่าตามวิธีทดลองในเดือน ตุลาคม 2552 ก่อนการไถเตรียมดิน ปลุกอ้อยพันธุ์ ขอนแก่น 3 วันที่ 4 พฤศจิกายน 2552 ระยะระหว่าง แถว 1.2 ม. โดยโรยปุ๋ย 50% ของอัตราที่ระบุบนร่อง เกลี่ยดินกลบปุ๋ยบางๆ ตัดท่อนพันธุ์ให้มี 2 ตา 2 ท่อน/ หลุม ระยะระหว่างหลุม 0.5 เมตร เกลี่ยดินกลบท่อน พันธุ์หนาประมาณ 10 ซม. ให้น้ำเสริมในร่องปลูก จำนวนรวม 4 ครั้ง ใส่ปุ๋ยเคมี 50% ที่เหลือต้นฤดูฝน เมื่อดินมีความชื้นพอเพียงต่อการเป็นประโยชน์ของปุ๋ย เก็บเกี่ยวอ้อยปลูกวันที่ 18-20 มกราคม 2554 หลังเก็บเกี่ยว ใส่น้ำกาบส่ารดลงบนแปลง ตามวิธีการ โดยใส่น้ำเปล่าในวิธีการไม่ใส่น้ำกาบส่า 10 ลบ.ม./ไร่ และ ใส่ปุ๋ยเคมีเกรดและอัตราเดียวกับที่ใช้ในอ้อยปลูกวันที่ 5 พฤษภาคม 2554 และ ครั้งที่ 2 วันที่ 13 กรกฎาคม 2554 เก็บเกี่ยวอ้อยต่อ 1 วันที่ 13-16 ธันวาคม 2554 เก็บตัวอย่างดินก่อนปลูก และหลังการเก็บเกี่ยวที่ ระดับความลึกดิน 0-20 และ 20-50 ซม. โดยเก็บ แปลงละ 10 จุด จากนั้นนำดินมารวมกัน แล้วจึงสุ่ม มาแปลงละประมาณ 1 กก. ทำการวัดค่า pH และ EC โดยใช้สัดส่วน ดิน:น้ำ 1:1 อินทรีย์วัตถุ โดยวิธีของ Walkley and Black (1934) วัดค่าฟอสฟอรัสที่เป็น ประโยชน์ โดยสกัดด้วยน้ำยา Bray II นำสารละลาย ไปทำปฏิกิริยากับ Molybdenum blue แล้วนำไปวัด ค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง spectrophotometer (Bray and Kurtz, 1945) วัดค่าโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยสกัด ด้วย 1N ของ แอมโมเนียมอะซิเตด pH 7 และวัดด้วย Atomic Absorption Spectrometer วัดค่าความหนาแน่นดินรวม โดยวิธี Core Method และการระบายน้ำ โดยการวัดการนำน้ำของดินขณะอิ่มตัว (Saturated

hydraulic conductivity) โดยวิธี แบบความดันเปลี่ยน (Falling head method ของ Klute and Dirksen, 1986) ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป Statistix 8 และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ค่า Least significant difference (LSD) (Gomez and Gomez, 1984)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

คุณภาพน้ำกาบส่า

คุณภาพของน้ำกาบส่าที่ใส่ก่อนปลูกและหลัง การเก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 มีความแตกต่างกัน ที่ใส่ก่อน การปลูกอ้อยมีความเป็นกรดจัด คือ 5.1 ค่าการนำไฟฟ้า คือ 21 dS/m ถ้าใส่ถูกพืชโดยตรงอาจทำให้พืช ตายได้ ปริมาณอินทรีย์วัตถุ 2.9% ปริมาณธาตุอาหาร ต่ำ โดยมีไนโตรเจนทั้งหมด 0.1% ฟอสเฟตทั้งหมดมี ปริมาณน้อยมาก 0.03% โพแทสเซียมทั้งหมดสูงกว่า ธาตุอาหารพืชตัวอื่น คือ 0.7% แคลเซียม แมกนีเซียม และโซเดียม มีปริมาณน้อย คือ 0.19, 0.08 และ 0.01% ตามลำดับ น้ำกาบส่าที่ใส่หลังเก็บเกี่ยวอ้อยปลูกเป็น กรดจัดมาก คือ pH 4.6 ค่าการนำไฟฟ้าสูงกว่าเมื่อ ใส่ก่อนปลูก คือ 31 dS/m ปริมาณอินทรีย์วัตถุสูง กว่าคือ 4.7% ปริมาณธาตุอาหารต่างๆสูงกว่าน้ำกาบ ส่าที่ใส่ก่อนปลูก คือ ไนโตรเจน 3% และ ฟอสฟอรัส 0.1% โดยมีโพแทสเซียมทั้งหมดต่ำกว่า คือ 0.6% แต่แคลเซียมและแมกนีเซียมมีปริมาณสูงขึ้นมาก คือ 0.5% และ 0.2% ตามลำดับ และโซเดียมใกล้เคียงกัน คือ 0.2% (Table 1) คุณภาพของน้ำกาบส่าใกล้เคียง กับที่รายงานโดย Arafat and Yassen (2002) และ Mariano et al. (2009)

การใส่น้ำกากส่าอัตรา 10 ลบ.ม. ก่อนการปลูก
อ้อย ได้รับอินทรีย์วัตถุ 290 กก. ไนโตรเจน 10 กก.
ฟอสฟอรัสเล็กน้อย คือ 3 กก. โพแทสเซียม 70 กก.
แคลเซียม 19 กก. แมกนีเซียม 8 กก. และโซเดียม 0.1
กก. การเพิ่มปริมาณเป็น 20 และ 30 ลบ.ม./ไร่ เพิ่ม
อัตราขึ้นเป็น 2 และ 3 เท่า น้ำกากส่าที่ใส่ให้หลังการ
เก็บเกี่ยวครั้งที่ 1 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุและปริมาณ

ธาตุอาหารพืชส่วนใหญ่สูงกว่าที่ใส่ก่อนปลูกอ้อย การ
ใส่น้ำกากส่า 10 ลบ.ม. ได้รับอินทรีย์วัตถุมากถึง 470
กก. ไนโตรเจนมากกว่าถึง 3 เท่า คือ 30 กก. ฟอสฟอรัส
สูงขึ้นเป็น 10 กก. แต่โพแทสเซียมน้อยกว่า คือ 60 กก.
แคลเซียมมากกว่า คือ 50 กก. แมกนีเซียม 20 กก. และ
โซเดียม 0.2 กก.

Table 1 Chemical composition of vinasse used prior to planting and after harvesting the first crop of sugarcane.

Chemical Parameters	Prior to planting	After harvesting the 1 st crop
pH	5.1	4.6
EC (dS/m)	21	31
Organic matter (%)	2.9	4.7
Total N (%)	0.1	0.3
Total P ₂ O ₅ (%)	0.03	0.1
Total K ₂ O (%)	0.7	0.6
Ca (%)	0.19	0.5
Mg (%)	0.08	0.2
Na (%)	0.01	0.02
Brix (%)	9.2	

Table 2 Amount of organic matter and some plant nutrients added with various rates of vinasse application prior to sugarcane planting and after harvesting the 1st crop.

Chemical Parameters	Prior to sugarcane planting		
	10 m ³	20 m ³	30 m ³
Organic matter (kg)	290	580	870
Total N (kg)	10	20	30
Total P ₂ O ₅ (kg)	3	6	9
Total K ₂ O (kg)	70	140	210
Ca (kg)	19	38	57
Mg (kg)	8	16	24
Na (kg)	0.1	0.2	0.3
	After the first harvest		
	10 m ³	20 m ³	30 m ³
Organic matter (kg)	470	940	1410
Total N (kg)	30	60	90
Total P ₂ O ₅ (kg)	10	20	30
Total K ₂ O (kg)	60	120	180
Ca (kg)	50	100	150
Mg (kg)	20	40	60
Na (kg)	0.2	0.4	0.6

อ้อยปลูก

ผลของน้ำกากส่าและปุ๋ยเคมีต่อการงอก การสร้างหน่อ และความสูง

จากการให้น้ำกากส่าและปุ๋ยเคมีทำให้การงอกของอ้อยไม่แตกต่างทางสถิติ (Table 3) จากการนับที่ 21, 44, และ 121 วันหลังปลูก เมื่ออายุ 44 วัน ความงอกของอ้อยจากการให้น้ำกากส่าและปุ๋ยเคมีต่ำกว่าการไม่ใส่ จึงมีการปลูกซ่อม เมื่อถึงอายุ 121 วันหลังจากปลูก มีหลุมงอก 99-100% ของหลุมปลูก จำนวนหน่อตอกเพิ่มขึ้นตามลำดับ และพบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการให้น้ำกากส่าและปุ๋ยเคมี เมื่ออายุ 238 วันหลังจากปลูก จำนวนหน่อที่ยึดปล้องสร้างเป็นลำมีจำนวน 5.4-6.7 หน่อ/กอ (Table 3)

การให้น้ำกากส่าทำให้ความสูงของอ้อยปลูกมีความแตกต่างทางสถิติ แต่การใส่ปุ๋ยเคมีไม่ทำให้ความสูงแตกต่างกันทางสถิติ ที่อายุ 148, 237 และ 336 วันหลังจากปลูก การให้น้ำกากส่าอัตรา 10 ลบ.ม. ความ

สูงของอ้อยไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากการให้น้ำเปล่า 10 ลบ.ม. แต่การเพิ่มน้ำกากส่าเป็น 20 และ 30 ลบ.ม. พบว่าความสูงของอ้อยเพิ่มขึ้นจากการไม่ใส่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การให้น้ำกากส่าทั้ง 3 อัตราไม่ทำให้ความสูงของอ้อยแตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นที่อายุ 148 วัน ที่ความสูงจากการให้น้ำกากส่า 30 ลบ.ม. เพิ่มขึ้นจากการใส่ที่ 10 ลบ.ม. จาก 27 ซม. เป็น 41 ซม. (Table 3) การเพิ่มความสูง แสดงถึงการเพิ่มการเจริญเติบโตของอ้อยที่ได้รับธาตุอาหารจากน้ำกากส่า แต่การเพิ่มปุ๋ยเคมีไม่ทำให้ความสูงแตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าน้ำกากส่ามีความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารสูงกว่าจากปุ๋ยเคมี เนื่องจากเป็นสารอินทรีย์ที่ง่ายต่อการย่อยสลาย ธาตุอาหารค่อยๆปลดปล่อยออกมาที่ละน้อย อ้อยสามารถนำไปใช้ได้ง่ายกว่า ในขณะที่การใส่ปุ๋ยเคมี อาจมีปัญหา เช่น แล้งในช่วงปลูก การเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารจึงถูกจำกัด และเมื่อเพิ่มน้ำทำให้มีการสูญเสียธาตุอาหารจากการใส่ปุ๋ยมากกว่าจากน้ำกากส่า

Table 3 Effects of different rates of chemical fertilizer rates and different rates of vinasse application on sugarcane emergence, shoot production and height of sugarcane plant crop var. KK3 at Khon Kaen Field Crops Research Center, in 2009.

Treatment		%germination hills			Shoot number per hill				Height (cm)		
Days ^{1/}		21	44	121	21	44	121	238	148	237	336
Main treatments											
water 10 m ³ /rai		59	90	100	1.7	2.5	4.8	5.4	27 C ^{3/}	56 B	194 B
Vinasse 10 m ³ /rai		52	69	99	1.9	2.5	5.6	6.7	32 BC	65 AB	219 AB
Vinasse 20 m ³ /rai		44	71	99	1.9	2.8	6.1	5.5	38 AB	75 A	233 A
Vinasse 30 m ³ /rai		52	82	100	1.7	2.7	6.7	6.3	41 A	77 A	236 A
Fertilizer ^{2/} Rate (kg/rai)											
0		52	80	100	1.7	2.6	5.8	6.0	33	68	218
50		51	78	100	1.8	2.7	5.8	6.0	34	68	222
100		51	76	99	1.9	2.7	5.8	6.0	35	69	221
CV(%)	a	50	29	0.9	27	22	11	28	11	21	12
	b	22	10	0.5	14	9	11	8	16	17	11

^{1/} Days after planting

^{2/} Chemical fertilizer grade 16-4-16 kg/rai of N-P₂O₅-K₂O

^{3/} Mean values of the main plot treatments with the same capital letters in the same column were not significantly different according to LSD at 5% level.

Table 4 Effects of different rates of chemical fertilizer rates and vinasse application on yield, yield components and some agronomic characteristics of the plant crop of sugarcane var. KK3 at Khon Kaen Field Crops Research Center, in 2009.

Main treatments	Cane FW (Mg/rai)	Hill No. (Hill/rai)	Cane No. (Cane/rai)	Cane length (cm)	Diameter (mm)	Trash DW (kg/rai)
water 10 m ³ /rai	6.3 B ^{2/}	2,414	6,291 B	208	28 B	1,077 C
Vinasse 10 m ³ /rai	9.2 AB	2,296	6,835 AB	228	30 A	1,250 BC
Vinasse 20 m ³ /rai	9.9 A	2,247	7,190 A	235	30 AB	1,422 AB
Vinasse 30 m ³ /rai	10.4 A	2,178	7,363 A	241	31 A	1,482 A
Fertilizer ^{1/} Rate (kg/rai)						
0	8.3	2,330	6,607	228	30.0	1,222
50	8.7	2,237	6,689	226	29.9	1,316
100	9.8	2,285	7,463	231	29.8	1,386
CV(%)	a	20	10	11	9	4
	b	26	8	17	10	4

^{1/} Chemical fertilizer grade 16-4-16 kg/rai of N-P₂O₅-K₂O

^{2/} Mean values of the main plot treatments with the same capital letters in the same column were not significantly different according to LSD at 5% level.

ผลของน้ำกากส่าและปุ๋ยเคมีต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร

ผลผลิตอ้อยปลูกค่อนข้างต่ำเนื่องจากถูกหนอนกอเข้าทำลายในเกือบทุกช่วงอายุ ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเพิ่มน้ำกากส่าอัตรา 20 และ 30 ลบ.ม./ไร่ จาก 6.3 ตัน/ไร่ เป็น 9.9 และ 10.4 ตัน/ไร่ ตามลำดับ คิดเป็น 58 และ 65% ของวิธีการที่ไม่ได้ใส่น้ำกากส่า ซึ่งได้จากการเพิ่มจำนวนลำจาก 6,291 ลำ เป็น 7,190 และ 7,363 ลำ/ไร่ และขนาดลำ คือ จาก 28 มม. เป็น 30 และ 31 มม. ตามลำดับ โดยอ้อยมีจำนวนหลุมปลูกและความยาวลำไม่แตกต่างทางสถิติ คือ จำนวนหลุมปลูก 2,178-2,414 กอ/ไร่ และความยาวลำ 208-241 ซม./ไร่ (Table 4) การใส่น้ำกากส่านอกจากเพิ่มผลผลิตแล้ว ยังเพิ่มเศษซากเหลือในแปลง ซึ่งส่วนใหญ่คือใบแห้งและยอด โดยมีการเพิ่มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเพิ่มอัตราน้ำกากส่าเป็น 20 และ 30 ลบ.ม. เช่นเดียวกับการเพิ่มน้ำหนักลำ

อ้อยตอ 1

ผลของน้ำกากส่าและปุ๋ยเคมีต่อการออก การสร้างหน่อ และความสูง

จำนวนหลุมที่แตกหน่อของอ้อยตอปีที่ 1 แสดงใน Table 5 ที่อายุ 83 วัน หลังเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก จำนวนหลุมแตกหน่อมีจำนวนเพียง 70-86% ของหลุมปลูก การใส่น้ำเปล่า 10 ลบ.ม./ไร่ จำนวนหลุมแตกหน่อเท่ากับ 70% ของจำนวนหลุมปลูกทั้งหมด การใส่น้ำกากส่าจำนวนหลุมแตกหน่อเพิ่มขึ้นเป็น 78-86% ของหลุมปลูกทั้งหมด แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ การใส่ปุ๋ยเคมีไม่มีผลต่อจำนวนหลุมแตกหน่อ โดยมีจำนวนหลุมแตกหน่อของอ้อยอยู่ในช่วง 78-80% เมื่ออายุ 83 วัน จำนวนหน่อ/หลุม เพิ่มขึ้นจากการใส่และเพิ่มอัตราน้ำกากส่า จาก 3.4 หน่อเมื่อไม่ใส่น้ำกากส่า เพิ่มขึ้นเป็น 4.2, 6.0 และ 6.8 หน่อ/หลุม เมื่อใส่น้ำกากส่า 10, 20 และ 30 ลบ.ม./ไร่ ตามลำดับ แต่ลดลงที่อายุ 199 วัน คือ 2.5, 1.7, 1.2 และ 1.0 หน่อ/หลุม ตามลำดับ เนื่องจากหน่อเปลี่ยนเป็นลำ จำนวนลำ/กอเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อมีการใส่น้ำกากส่าอัตรา 30 ลบ.ม. ที่อายุ 199 วัน และเมื่อใส่น้ำกากส่า 20 และ 30 ลบ.ม. ที่อายุ 265 วัน โดยเพิ่มจาก 4.3 และ 4.5 ลำ/กอ เป็น 5.2 ลำ/กอ และ 4.5 ลำ/กอ เป็น 5.1 และ 5.3 ลำ/กอ ตามลำดับ (Table 5)

Table 5 Effects of different rates of chemical fertilizer rates and vinasse application on number of sprouting hills and sprouting and cane number per hill and plant height of the 1st ratoon of sugarcane crop var. KK3 at Khon Kaen Field Crops Research Center, in 2011.

Treatments		% sprouting/hills		Sprout no./hill		Cane no./hill		Height (cm)	
Days ^{1/}		83		83	199	199	265	199	265 329
Main treatments									
	water 10 m ³ /rai	70		3.4	2.5	4.3 B ^{3/}	4.5 C	108 B	205 B 226 B
	Vinasse 10 m ³ /rai	78		4.2	1.7	4.5 B	4.7 BC	139 A	256 A 268 A
	Vinasse 20 m ³ /rai	84		6.0	1.2	4.8 AB	5.1 AB	154 A	275 A 283 A
	Vinasse 30 m ³ /rai	86		6.8	1.0	5.2 A	5.3 A	155 A	278 A 292 A
Fertilizer ^{2/} Rate (kg/rai)									
	0	80		5.2	1.5	4.4	4.6	137	249 263
	50	78		5.0	1.4	4.7	4.8	138	256 269
	100	79		5.1	1.8	5.1	5.3	142	256 270
CV(%)	a	50		27	11	11	11	11	8 11
	b	22		14	13	13	16	14	8 8

^{1/} Days after harvesting plant cane

^{2/} Chemical fertilizer grade 16-4-16 kg/rai of N-P₂O₅-K₂O

^{3/} Mean values of the main plot treatments with the same capital letters in the same column were not significantly different according to LSD at 5% level.

ความสูงของอ้อยตอปีที่ 1 เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อมีการใส่น้ำกากส่า แต่การใส่น้ำกากส่าอัตราแตกต่างกัน ไม่ทำให้ความสูงอ้อยแตกต่างกันทางสถิติ การใส่ปุ๋ยเคมีไม่ทำให้ความสูงแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับวิธีไม่ได้ใส่ (Table 5) ซึ่งยืนยันผลของน้ำกากส่าและปุ๋ยเคมี ต่อการเจริญเติบโตของอ้อย สอดคล้องกันทั้งในอ้อยปลูกและอ้อยตอ

ผลของน้ำกากส่าและปุ๋ยเคมีต่อผลผลิตองค์ประกอบผลผลิต และลักษณะทางการเกษตร

ผลผลิตอ้อยตอปีที่ 1 เพิ่มขึ้นจากอ้อยปลูก ถึงแม้จะมีหนอนกอเข้าทำลายบ้างแต่มีปริมาณน้อยกว่าอ้อยปลูก เพราะมีการควบคุมการระบาดของแตนเบียน การใส่น้ำกากส่าทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น แต่อัตราที่ใส่ไม่มีผลให้น้ำหนักลำสัดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยน้ำหนักเพิ่มจาก 7.3 ตัน/ไร่ เป็น 12.9, 15.6 และ 16.2 ตัน/ไร่ เมื่อใส่น้ำกากส่า 10, 20 และ 30 ลบ.ม./ไร่ ตามลำดับ คิดเป็น 76, 113 และ 121% สูงกว่าการไม่ใส่ เนื่องจากมีการเพิ่มจำนวนลำเก็บเกี่ยวจาก 7,674 ลำ เป็น 9,467-10,509 ลำ/ไร่ เพิ่มความ

ยาวลำจาก 226 ซม. เป็น 268-292 ซม. เพิ่มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำจาก 30.8 มม. เป็น 32.6-33.2 มม. โดยมีจำนวนกอต่อไร่ไม่แตกต่างกัน คือ 2,430-2,523 กอ/ไร่ นอกจากนั้น ชากอ้อยที่เหลือคลุมแปลงยังสูงขึ้นจากการใส่น้ำกากส่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ จาก 821 กก./ไร่ เป็น 1,250-1,441 กก./ไร่

การใส่ปุ๋ยเคมีไม่สามารถเพิ่มน้ำหนักลำสัดอ้อยได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีให้น้ำหนักสัด 12.4 ตัน/ไร่ เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีให้น้ำหนักเพิ่มขึ้นเป็น 13.3 และ 13.4 ตัน/ไร่ ถึงแม้ว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มจำนวนลำเก็บเกี่ยวอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเพิ่มปุ๋ยเคมีอัตรา 100 กก./ไร่ โดยเพิ่มจาก 9,100 ลำ เป็น 9,893 ลำ (Table 6)

Gomez and Rodriguez (2000) รายงานว่า ผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้นจากการใส่น้ำกากส่า 8 ลบ.ม./ไร่ (50 ลบ.ม./เฮกตาร์) ในอ้อยปลูก โดยเพิ่มขึ้น 38% อ้อยตอ 1 20% และอ้อยตอ 2 ต้องเพิ่มอัตราน้ำกากส่าขึ้นเป็น 16 ลบ.ม./ไร่ (100 ลบ.ม./เฮกตาร์) จึงจะให้ผลผลิตแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่ง

เพิ่มขึ้นได้ 38% น้ำากาส่า 8 ลบ.ม. ในการทดลองของ Gomez and Rodriguez (2000) มีปริมาณธาตุไนโตรเจน ฟอสเฟต และ โพแทสเซียม 16, 18.4 และ 60 กก. ตามลำดับ สูงกว่าการทดลองของเราที่ใส่น้ำากาส่า 10 ลบ.ม. ให้ไนโตรเจนและฟอสเฟตต่ำกว่าคือ 10 และ 3 กก. แต่ให้โพแทสเซียมสูงกว่า คือ 70 กก. คุณสมบัติดินใช้ในการทดลองของ Gomez and Rodriguez (2000) เป็นดินร่วนเหนียว pH 7.4 มีความเค็มสูง มีค่าการนำไฟฟ้า 1.9 dS/m อินทรีย์วัตถุ 3.1% ฟอสฟอรัสต่ำ 6 มก./กก. แต่แคลเซียม 22 มก./กก. แมกนีเซียม 343 มก./กก และโพแทสเซียม 46 มก./กก. การให้ผลผลิตของอ้อยสูงเมื่อไม่ใส่น้ำากาส่า คือ 15, 13 และ 11 ตัน/ไร่ ในอ้อยปลูก อ้อยต่อ 1 และต่อ 2 ตามลำดับ แต่ในการทดลองของเราให้ผลผลิต 6.3 และ 7.3 ตัน/ไร่ แต่ในทั้งสองการทดลองแสดงให้เห็นว่าน้ำากาส่าสามารถใช้แทนปุ๋ยเคมีได้

การใส่ปุ๋ยเคมีไม่ทำให้ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตแตกต่างกัน (Table 4) สอดคล้องกับทัศนีย์

(2551) ที่พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีไม่ว่าสูตรใดๆไม่มีผลต่อผลผลิตอ้อย เมื่อมีการใส่น้ำากาส่าจากโรงงานสุราก่อนการปลูกอ้อยพันธุ์ K 88-92 ที่อายุ 40 วัน ในอัตรา 30, 60 และ 90 ลบ.ม./ไร่ จากการทดลองนี้สรุปได้ว่า น้ำากาส่าทดแทนปุ๋ยเคมีได้ อัตราที่ใช้ 10-30 ลบ.ม./ไร่ ทำให้ผลผลิตอ้อยปลูกไม่แตกต่างกัน แต่ในอ้อยต่อควรเพิ่มปริมาณน้ำากาส่าขึ้นได้ถึง 30 ลบ.ม./ไร่ อย่างไรก็ตามการทดลองของศรีสุตา และเจิม (2553) และทัศนีย์ (2551) การเพิ่มผลผลิตอ้อยในดินร่วนทรายสามารถใช้น้ำากาส่าได้ถึง 90 ลบ.ม./ไร่

Gomez and Rodrigues (2000) รายงานว่าผลผลิตอ้อยต่อ 1 เพิ่มขึ้น 23% แต่การทดลองนี้เพิ่มอย่างเด่นชัด 76-121% การผลิตอ้อยต่อในดินทรายภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นที่ยอมรับกันว่ามีปัญหาการไถดง ดังนั้นการใส่น้ำากาส่า จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถลดปัญหาการไถดงได้ ซึ่งทำให้มีโอกาสที่จะให้ต่อมากกว่า 1 ต่อ ในวิธีการใส่น้ำากาส่า แต่ไม่พบความแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีหรือไม่ใส่เมื่อมีการใส่น้ำากาส่าแล้ว

Table 6 Effects of different rates of chemical fertilizer and vinasse application on yield, yield components and some agronomic characteristics of the first harvesting (plant crop) of sugarcane crop var. KK3 at Khon Kaen Field Crops Research Center, in 2011.

Main treatments	Cane FW (Mg/rai)	Hill No. (Hill/rai)	Cane No. (Cane/rai)	Cane length (cm)	Diameter (mm)	Trash DW (kg/rai)
water 10 m ³ /rai	7.3 B ^{2/}	2,430	7,674 B	226 B	30.8 B	821 B
Vinasse 10 m ³ /rai	12.9 A	2,523	9,467 A	268 A	32.6 A	1,250 A
Vinasse 20 m ³ /rai	15.6 A	2,494	10,464 A	283 A	33.1 A	1,441 A
Vinasse 30 m ³ /rai	16.2 A	2,459	10,509 A	292 A	33.2 A	1,427 A
Fertilizer ^{1/} Rate (kg/rai)						
0	12.4	2,463	9,100 b ^{3/}	263	32.2	1,174
50	13.3	2,459	9,593 ab	269	32.3	1,270
100	13.4	2,507	9,893 a	270	32.8	1,260
CV(%)						
a	18	6	11	11	4	12
b	14	4	8	8	3	13

^{1/} Chemical fertilizer grade 16-4-16 kg/rai of N-P₂O₅-K₂O

^{2/} Mean values of the main plot treatments with the same capital letters in the same column were not significantly different according to LSD at the 5% level.

^{3/} Mean values of the subplot treatments with the same small letters in the same column were not significantly different according to LSD at the 5% level.

ผลของน้ำกาฬและปุ๋ยเคมีต่อคุณสมบัติของดิน คุณสมบัติทางเคมีและธาตุอาหาร

ดินก่อนปลูกอ้อยที่ระดับความลึก 0-20 ซม. เป็นกรดจัด การใส่น้ำกาฬทำให้ pH เพิ่มขึ้น หลังจากการเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก เพิ่มขึ้นจาก 4.7 เป็น 5.5 เมื่อใส่น้ำกาฬอัตรา 20 และ 30 ลบ.ม./ไร่ และหลังจากการเก็บเกี่ยวอ้อยต่อ 1 เพิ่มจาก 4.6 เป็น 6.0, 6.2, และ 6.5 จากการใส่น้ำกาฬอัตรา 10, 20 และ 30 ลบ.ม./ไร่ ตามลำดับ ที่ระดับความลึก 20-50 ซม. ดินก่อนปลูกอ้อยมีความเป็นกรด-ด่างไม่แตกต่างกันกับดินชั้นบน แต่หลังการเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก ความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นจากการใส่น้ำกาฬ และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือใส่น้ำกาฬอัตรา 30 ลบ.ม./ไร่ โดยเพิ่มจากการไม่ใส่น้ำกาฬ คือ 4.9 เป็น 5.2 แต่หลังการเก็บเกี่ยวอ้อยต่อ 1 ถึงแม้ว่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นตามอัตราน้ำกาฬที่เพิ่มขึ้นตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ คือจาก 4.8 เมื่อไม่ใส่น้ำกาฬ เพิ่มขึ้นเป็น 4.9, 5.1 และ 5.5 เมื่อใส่น้ำกาฬอัตรา 10, 20 และ 30 ลบ.ม./ไร่ ตามลำดับ (Table 7) Robeiro et al. (2012) พบว่าการใส่น้ำกาฬในดิน ส่งผลให้มีค่า pH ที่วัดโดยใช้น้ำต่ำลงในช่วงแรก โดยค่าที่ลดลงขึ้นกับอัตราที่ใส่น้ำกาฬที่ใส่มาก pH ลดลงมากกว่า เนื่องจากการเพิ่มของ H^+ แต่การวัดในสารละลาย KCl ไม่พบการลดลงของ pH ในช่วงแรก เมื่อเวลาเพิ่มขึ้น pH ในทั้งวัดในน้ำและสารละลาย KCl เพิ่มขึ้น เนื่องจากการทำงานของจุลินทรีย์ (Doelsch et al., 2009) ที่การทำงานเพิ่มขึ้นจากการใส่น้ำกาฬ จากการเพิ่มสารประกอบอินทรีย์ นอกจากนั้น Robeiro et al. (2012) พบการเพิ่มขึ้นของประจุลบในองค์ประกอบดินเหนียวในดินบางชนิด ซึ่งได้สรุปว่าการใส่น้ำกาฬเป็นเวลานานมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของ pH และ ประจุลบในดิน ซึ่งจะมีผลต่อการสร้างเม็ดดิน ลดความเสี่ยงของดินต่อการถูกชะล้างหน้าดิน ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกและลบของดิน ซึ่งมีผลไปถึงการดูดซับสารเคมีกำจัดศัตรูพืชและโลหะหนัก แต่ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมของปริมาณที่ใช้ในระดับใดที่ทำให้เกิดผลบวกจาก

การใส่น้ำกาฬ การใส่น้ำกาฬมีโอกาสทำให้ระบบการผลิตพืชมีความยั่งยืน

ค่าการนำไฟฟ้า (Electrical conductivity: EC) ของดินที่ระดับความลึก 0-20 ซม. เริ่มต้นก่อนการปลูกอ้อยมีค่า 0.028-0.037 dS/m การใส่น้ำกาฬมีผลทำให้ค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นตามอัตราที่เพิ่มขึ้น แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ โดยมีค่า 0.037 dS/m เมื่อไม่มีการใส่น้ำกาฬ หลังการเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก เพิ่มขึ้นเป็น 0.045, 0.049 และ 0.057 dS/m เมื่อใส่น้ำกาฬอัตรา 10, 20 และ 30 ลบ.ม./ไร่ ตามลำดับ และเพิ่มจาก 0.033 dS/m เป็น 0.046, 0.074 และ 0.122 dS/m หลังเก็บเกี่ยวอ้อยต่อครั้งที่ 1 แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความลึก 20-50 ซม. ค่าการนำไฟฟ้าต่ำกว่าที่ระดับความลึก 0-20 ซม. พบว่าดินหลังเก็บเกี่ยวอ้อยต่อปีที่ 1 มีค่าเพิ่มขึ้นจาก 0.024 dS/m เมื่อไม่ใส่น้ำกาฬ แต่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเป็น 0.043 และ 0.041 dS/m จากการใส่น้ำกาฬอัตรา 20 และ 30 ลบ.ม./ไร่ การใส่ปุ๋ยเคมีไม่ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าแตกต่างกันทั้งที่ระดับ 0-20 และ 20-50 ซม. (Table 7) การเพิ่มขึ้นของค่าการนำไฟฟ้า แสดงให้เห็นว่ามีการปลดปล่อยธาตุที่มีประจุบวกมาอยู่ในดิน

การใส่น้ำกาฬไม่มีผลทำให้อินทรีย์วัตถุในดินแตกต่างจากการไม่ใส่น้ำกาฬ แต่อินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ยเคมี (Table 8) ที่ระดับความลึก 0-20 ซม. โดยเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติจาก 0.36% เมื่อไม่ใส่ปุ๋ย เพิ่มเป็น 0.39% เมื่อใส่ปุ๋ยอัตรา 100 กก./ไร่ ของ 16-4-16 ของ $N-P_2O_5-K_2O$ ในอ้อยปลูก ในขณะที่เพิ่มขึ้นในอ้อยต่อ 1 จากการใส่ปุ๋ยเคมีสูตรเดียวกันเพียง 50 กก./ไร่ โดยเพิ่มจาก 0.47% เป็น 0.50% แต่ที่ระดับความลึกดิน 20-50 ซม. การใส่ปุ๋ยเคมีลดอินทรีย์วัตถุ หลังเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก การใส่ปุ๋ยอัตรา 50 กก./ไร่ เพิ่มอินทรีย์วัตถุ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับการไม่ใส่ปุ๋ย แต่เมื่อเพิ่มอัตราเป็น 100 กก./ไร่ อินทรีย์วัตถุในดินลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกว่าการใส่ปุ๋ยที่อัตรา 50 กก./ไร่ คือ ลดจาก 0.35% เป็น 0.32% การใส่ปุ๋ยเคมีอ้อยต่อ 1 มีแนวโน้มลดอินทรีย์วัตถุตามลำดับ คือ

0.38% เมื่อไม่ใส่ปุ๋ย ลดเหลือ 0.37 และ 0.35% เมื่อใส่ปุ๋ยเคมีอัตรา 50 และ 100 กก./ไร่ ตามลำดับ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติ การทดลองใส่น้ำกากส่ามีรายงานช่วยเพิ่มอินทรียวัตถุในดิน (Arafat and Yassen, 2002; Orlando, 1996) แต่การทดลองนี้ไม่พบกับการใส่น้ำกากส่า แต่พบกับการใส่ปุ๋ยเคมีในอ้อยตอ อาจมีผลจากการที่ใช้ใบคลุมแปลง ปุ๋ยเคมีอาจช่วยเร่งการย่อยสลายของซากอ้อยได้มากกว่าน้ำกากส่า

ปริมาณฟอสฟอรัสในดินไม่มีความแตกต่างทางสถิติจากทั้งการใส่น้ำกากส่าและปุ๋ยเคมี แต่ค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนที่สูงมาก อาจเนื่องจากการสุ่มเก็บตัวอย่างดินที่จำนวนยังไม่เพียงพอที่จะวัดปริมาณฟอสฟอรัสในดิน ทำให้การเก็บดินวิเคราะห์มีปัญหา โดยเฉพาะในดินชั้นล่าง อาจต้องเพิ่มการเก็บดินให้กระจายมากขึ้น แต่ปริมาณฟอสฟอรัสอยู่ในระดับสูงพอเพียงกับความต้องการของอ้อย ปริมาณโซเดียมในดินมีความแปรปรวน ดินก่อนการปลูกอ้อยมีโซเดียมสูงกว่าหลังเก็บเกี่ยวอ้อยปลูกและอ้อยตอ ทั้งในดินชั้นบนและชั้นล่าง การใส่ปุ๋ยเคมีมีผลเช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยเคมีเต็มอัตราที่มีปริมาณโซเดียมต่ำกว่าแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งๆที่ยังไม่มีการใส่ปุ๋ยในทุกวิธีการ ค่าสัมประสิทธิ์ของความแปรปรวนสูง แสดงถึงความแปรปรวนของข้อมูลที่มีมาก ซึ่งต้องหาทางลดความแปรปรวน โดยเพิ่มจำนวนตัวอย่างของดินที่เก็บ เพื่อให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือมากกว่านี้ (Table 8) โปแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินก่อนปลูกทั้งการใส่น้ำกากส่าและปุ๋ยเคมีมีค่าใกล้เคียงกัน ยกเว้นในดินชั้นล่าง ในแปลงที่จะใส่น้ำกากส่า 10 ลบ.ม./ไร่ มีค่าต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกว่าแปลงอื่น การใส่น้ำกากส่า ปริมาณโปแทสเซียมหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก และอ้อยตอ ที่ความลึกดิน 0-20 ซม. เพิ่มขึ้นตามอัตราน้ำกากส่าที่เพิ่ม ยกเว้นที่การใส่ที่อัตรา 30 ลบ.ม./ไร่ ที่มีอัตราต่ำกว่าการใส่อัตรา 20 ลบ.ม./ไร่ ซึ่งอาจมีสาเหตุจากที่มีปริมาณน้ำมาก อาจมีการไหลสู่ดินชั้นล่าง ซึ่งพบว่าสูงขึ้นตามอัตราที่เพิ่ม

ขึ้น โดยเฉพาะหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยตอ 1 สำหรับการใส่ปุ๋ยเคมีไม่มีความแตกต่างของปริมาณโปแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้จากอัตราที่ใส่แตกต่างกัน แต่อย่างไรก็ตามค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวนมีค่าสูงมาก อาจต้องมีการเพิ่มจำนวนการเก็บตัวอย่างในแปลงให้มากขึ้น สำหรับแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ไม่พบความแตกต่างทั้งจากการใส่น้ำกากส่าและปุ๋ยเคมีในดินชั้นบนในระดับความลึก 20-50 ซม. พบว่าการใส่น้ำกากส่าหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยปลูกและตอ 1 ปริมาณแคลเซียมเพิ่มขึ้นตามอัตราน้ำกากส่าที่เพิ่มขึ้น การไม่ใส่น้ำกากส่าทำให้ปริมาณแคลเซียมลดลงหลังเก็บเกี่ยวอ้อยปลูกและอ้อยตอ 1 ตามลำดับ แต่การใส่น้ำกากส่านอกจากแคลเซียมเพิ่มขึ้นตามอัตราที่เพิ่มขึ้นแล้วยังเพิ่มขึ้นหลังเก็บเกี่ยวอ้อยปลูกและอ้อยตอ 1 ตามลำดับ การใส่ปุ๋ยเคมีถึงแม้ว่ามีแนวโน้มเพิ่มปริมาณแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แต่อัตราปุ๋ยเคมีที่ใส่ไม่มีความสัมพันธ์กับอัตราที่เพิ่มขึ้น แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยปลูกและอ้อยตอ 1 ตามลำดับ และเพิ่มขึ้นตามอัตราที่ใส่ พบว่ามีปริมาณเพิ่มขึ้นตามอัตราน้ำกากส่าที่เพิ่มขึ้นทั้งในดินชั้นบนและชั้นล่าง และแตกต่างทางสถิติหลังจากเก็บเกี่ยวอ้อยปลูก แต่ไม่แตกต่างทางสถิติหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยตอ 1 (Table 9) Brito and Rolim (2005) และ Brito et al. (2009) รายงานการเพิ่มขึ้นของโปแทสเซียมและ pH จากพื้นที่ที่มีการใส่น้ำกากส่ามากกว่า 20 ปี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยนี้ ที่มีการเพิ่มขึ้นตามอัตราและจำนวนครั้งที่ใส่ Nunes et al. (1981) พบว่าการเพิ่มปริมาณการใส่น้ำกากส่าไม่สามารถเปลี่ยนแปลงปริมาณไนโตรเจน อินทรีย์คาร์บอน และโซเดียม แต่เพิ่มปริมาณโปแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ Orlando et al. (1985) รายงานการใช้ น้ำกากส่า 20 ปี ในแปลงทดลองในบราซิลพบว่าดินเพิ่มค่า pH โปแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม และเพิ่มค่าความสามารถแลกเปลี่ยนได้ของประจุบวก (Cation exchange capacity, CEC)

Table 7 Effects of different rates of chemical fertilizer and vinasse application on soil chemical analysis prior to planting (1) and after 1st (2) and 2nd (3) harvest of sugarcane var. Khon Kaen 3 at Khon Kaen Field Crops Research Center, in 2009-2011.

Treatment	pH (1:1)			EC (dS/m)		
	Soil Sampling Times					
	1	2	3	1	2	3
Main treatments			0-20 cm			
water 10 m ³ /rai	4.7	4.7 B	4.6 B ^{2/}	0.028	0.037	0.033
Vinasse 10 m ³ /rai	4.6	5.0 AB	6.0 A	0.031	0.045	0.046
Vinasse 20 m ³ /rai	4.7	5.5 A	6.2 A	0.037	0.049	0.074
Vinasse 30 m ³ /rai	4.7	5.5 A	6.5 A	0.028	0.057	0.122
Fertilizer ^{1/} Rate (kg/rai)						
0	4.7	5.3	5.9	0.030	0.047	0.053
50	4.7	5.1	5.7	0.033	0.047	0.054
100	4.6	5.1	5.9	0.030	0.047	0.099
CV(%)	a	6	7	7	21	39
	b	3	5	4	33	25
Main treatments			20-50 cm			
water 10 m ³ /rai	4.8	4.9 B	4.8	0.027	0.031	0.024 C
Vinasse 10 m ³ /rai	4.8	4.8 B	4.9	0.026	0.035	0.030 BC
Vinasse 20 m ³ /rai	4.7	5.0 AB	5.1	0.036	0.032	0.043 A
Vinasse 30 m ³ /rai	4.7	5.2 A	5.5	0.026	0.036	0.041 AB
Fertilizer ^{1/} Rate (kg/rai)						
0	4.7	5.0	5.1	0.028	0.032	0.034
50	4.8	4.9	5.1	0.033	0.034	0.035
100	4.7	5.0	5.0	0.026	0.034	0.035
CV(%)	a	6	6	12	29	35
	b	5	4	6	39	27

^{1/} Chemical fertilizer grade 16-4-16 kg/rai of N-P₂O₅-K₂O

^{2/} Mean values of the main plot treatments with the same capital letters in the same column were not significantly different according to LSD at the 5% level.

Table 8 Effects of different rates of chemical fertilizer and vinasse application on soil chemical analysis prior to planting (1) and after 1st (2) and 2nd (3) harvest of sugarcane var. Khon Kaen 3 at Khon Kaen Field Crops Research Center, in 2009-2011.

Treatments	OM (%)			Avail. P (mg./kg)			Exch. Na (mg/kg)		
	Soil Sampling Times								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Main treatments	0-20 cm								
water 10 m ³ /rai	0.46	0.36	0.46	63	74	76	39	5.0	19
Vinasse 10 m ³ /rai	0.46	0.37	0.49	64	82	79	45	5.2	20
Vinasse 20 m ³ /rai	0.47	0.38	0.48	73	75	77	42	4.9	20
Vinasse 30 m ³ /rai	0.46	0.39	0.49	65	70	80	41	5.1	22
Fertilizer ^{1/} Rate (kg/rai)									
0	0.47	0.36 b ^{2/}	0.47 b	70	75	74	41	5.0	20
50	0.46	0.37 ab	0.50 a	63	76	75	40	5.0	18
100	0.46	0.39 a	0.48 b	66	75	85	45	5.2	21
CV(%) a	9	10	15	28	14	22	21	31	31
b	6	8	6	30	17	24	22	36	21
Main treatments	20-50 cm								
water 10 m ³ /rai	0.36	0.35	0.36	40	66	52	49	6.7	26
Vinasse 10 m ³ /rai	0.34	0.31	0.37	32	73	83	41	6.4	25
Vinasse 20 m ³ /rai	0.34	0.34	0.38	61	67	83	42	6.6	28
Vinasse 30 m ³ /rai	0.37	0.34	0.36	52	61	76	46	6.8	53
Fertilizer ^{1/} Rate (kg/rai)									
0	0.34	0.33 ab	0.38	48	60	77	52 a	6.8	31
50	0.35	0.35 a	0.37	48	72	70	42 ab	6.4	30
100	0.37	0.32 b	0.35	43	68	75	39 b	6.6	27
CV(%) a	15	11	10	54	19	36	26	26	61
b	13	5	14	45	24	30	28	29	51

^{1/} Chemical fertilizer grade 16-4-16 kg/rai of N-P₂O₅-K₂O

^{2/} Mean values of the subplot treatments with the same small letters in the same column were not significantly different according to LSD at the 5% level.

Table 9 Effects of different rates of chemical fertilizer and vinasse application on soil chemical analysis prior to planting (1) and after 1st (2) and 2nd (3) harvest of sugarcane var. Khon Kaen 3 at Khon Kaen Field Crops Research Center, in 2009-2011.

Treatments	Exch. K (mg/kg)			Exch. Ca (mg/kg)			Exch. Mg (mg/kg)		
	Soil Sampling Times								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0-20 cm									
Main treatments									
water 10 m ³ /rai	24	28 C ^{2/}	26	78	57	50	18	16 B	48
Vinasse 10 m ³ /rai	23	73 AB	78	84	127	130	18	32 A	49
Vinasse 20 m ³ /rai	25	132 A	109	92	219	163	20	40 A	61
Vinasse 30 m ³ /rai	23	91 AB	99	82	156	148	16	33 A	66
Fertilizer ^{1/} Rate (kg/rai)									
0	24	95	78	86	160	124	18	33	49
50	23	69	71	81	122	116	18	27	59
100	25	79	84	86	137	129	18	31	58
CV(%) a	33	55	93	27	44	80	34	23	15
b	34	44	32	18	38	18	19	32	6
20-50 cm									
Main treatments									
water 10 m ³ /rai	20 AB	17 D	19 C	83	47 B	47 C	19	13 C	26
Vinasse 10 m ³ /rai	15 C	32 C	55 BC	69	66 B	90 BC	19	23 BC	25
Vinasse 20 m ³ /rai	25 A	75 B	109 AB	86	129 A	138 AB	20	29 AB	28
Vinasse 30 m ³ /rai	20 AB	88 A	137 A	74	147 A	178 A	17	35 A	53
Fertilizer ^{1/} Rate (kg/rai)									
0	21	51	63	81 a ^{3/}	93	100	18	24	31
50	21	58	92	79 ab	107	124	19	25	30
100	19	49	85	73 b	91	115	19	26	27
CV(%) a	12	22	107	19	16	77	13	26	61
b	26	50	45	11	39	31	20	32	51

^{1/} Chemical fertilizer grade 16-4-16 kg/rai of N-P₂O₅-K₂O

^{2/} Mean values of the main plot treatments with the same capital letters in the same column were not significantly different according to LSD at the 5% level.

^{3/} Mean values of the subplot treatments with the same small letters in the same column were not significantly different according to LSD at the 5% level.

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพดิน หลังจากใส่ปุ๋ย
ย่อยตอ 1 (Table 10) พบว่าเมื่อไม่มีการใส่น้ำกา
ส่าที่ความลึก 0-20 ซม. ความหนาแน่นรวมของดินเพิ่มขึ้น
ตามอัตราปุ๋ยเคมีที่เพิ่มขึ้น และการซึมน้ำอยู่ในระดับ

ปานกลางเมื่อไม่มีการใส่ปุ๋ยเคมี หรือใส่ที่ 50 กก./ไร่
แต่ลดต่ำลงเมื่อเพิ่มอัตราปุ๋ยเคมีเป็น 100 กก./ไร่ เมื่อ
ไม่มีการใส่น้ำกา
ส่าและใส่น้ำกา
ส่าที่ 10 ลบ.ม. ทั้ง
ในดินชั้นบนและชั้นล่าง

Table 10 Effects of different rates of chemical fertilizer and vinasse application on soil physical properties after 2nd fertilizer application for the first ratoon crop of sugarcane var. Khon Kaen 3 at Khon Kaen Field Crops Research Center, in 2011.

Treatments	BD (g/cm ³)				Ksat (cm/sec)			
	Fertilizer ^{1/} Rate (kg/rai)				Fertilizer ^{1/} Rate (kg/rai)			
	0	50	100	Mean	0	50	100	Mean
Main treatments					Soil depth 0-20 cm			
water 10 m ³ /rai	1.57	1.62	1.68	1.62	1.01 ⁻³	1.08 ⁻³	4.80 ⁻⁴	8.57 ⁻⁴
Vinasse 10 m ³ /rai	1.64	1.54	1.63	1.60	6.05 ⁻⁴	1.06 ⁻³	7.04 ⁻⁴	9.17 ⁻⁴
Vinasse 20 m ³ /rai	1.53	1.49	1.52	1.51	2.02 ⁻³	3.10 ⁻³	2.56 ⁻³	2.62 ⁻³
Vinasse 30 m ³ /rai	1.65	1.56	1.63	1.61	6.04 ⁻⁴	1.20 ⁻³	1.34 ⁻³	1.06 ⁻³
Mean	1.60	1.55	1.62	1.59	1.13 ⁻³	1.69 ⁻³	1.28 ⁻³	1.36 ⁻³
Main treatments					Soil depth 20-40 cm			
water 10 m ³ /rai	1.83	1.71	1.89	1.81	2.40 ⁻⁴	7.00 ⁻⁴	8.00 ⁻⁵	3.40 ⁻⁴
Vinasse 10 m ³ /rai	1.74	1.80	1.74	1.76	4.80 ⁻⁴	2.00 ⁻⁴	1.90 ⁻⁴	2.90 ⁻⁴
Vinasse 20 m ³ /rai	1.87	1.79	1.77	1.81	3.10 ⁻⁴	3.30 ⁻⁴	2.30 ⁻⁴	2.90 ⁻⁴
Vinasse 30 m ³ /rai	1.91	1.83	1.80	1.85	9.00 ⁻⁵	3.00 ⁻⁴	1.10 ⁻⁴	1.67 ⁻⁴
Mean	1.84	1.78	1.80	1.81	2.80 ⁻⁴	3.83 ⁻⁴	1.53 ⁻⁴	2.72 ⁻⁴

Note: From 1 replication.

การให้น้ำกากส่ามีผลทำให้เพิ่ม pH ดินมากขึ้น ซึ่งนอกจากเกิดจากการทำงานของจุลินทรีย์และการปลดปล่อยธาตุอาหารออกมาทำให้ดินมี pH มากขึ้น ทำให้ pH ของดินที่เป็นกรดจัดมาก (4.6) ลดเป็นกรดปานกลาง (6.0-6.5) เหมาะแก่การปลูกอ้อยมากกว่า และค่าการนำไฟฟ้าเพิ่มขึ้นแสดงให้เห็นการเพิ่มขึ้นของธาตุอาหาร ซึ่งอยู่ในระดับที่ยังห่างจากการเป็นพิษต่อพืช ซึ่งเห็นเด่นชัดว่าเป็นการเพิ่มขึ้นของโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียม ถึงแม้จะไม่แตกต่างทางสถิติ

สรุป

การปลูกอ้อยโดยให้น้ำกากส่า 10-30 ลบ.ม./ไร่ และการใส่ปุ๋ยเคมี ในอ้อยปลูก ไม่มีผลต่อการงอก และการแตกกอของอ้อย แต่เฉพาะการให้น้ำกากส่า ที่เพิ่มความสูงของต้น และทั้งอัตราน้ำกากส่าและปุ๋ยเคมีไม่มีผลต่อการแตกหน่อ จำนวนหน่อต่อกอของอ้อยต่อ 1 แต่การให้น้ำกากส่าเพิ่มจำนวนลำต่อกอ และความสูงของต้นอ้อยต่อ 1 ถึงแม้ว่าอัตราที่ใส่ 30 ลบ.ม./ไร่ จึงทำให้จำนวนลำสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ และทั้งสามอัตราเพิ่มความสูงได้ไม่แตกต่างทางสถิติ ผลผลิตทั้งอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 เพิ่มขึ้นจากการให้น้ำกากส่า แต่อัตราที่ใส่ไม่มีผลทำให้ผลผลิตแตกต่างกัน การเพิ่มผลผลิตมากจากการเพิ่มจำนวนลำ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำ และในอ้อยต่อ 1 ความยาวของลำเพิ่มมากกว่าการไม่ให้น้ำกากส่า ทั้งการให้น้ำกากส่าและปุ๋ยเคมีไม่มีผลกระทบต่อความอุดมสมบูรณ์ของดินในการปลูกอ้อย การใส่ปุ๋ยเคมีพบความแตกต่างเฉพาะมีการเพิ่มอินทรีย์วัตถุ การให้น้ำกากส่าทำให้ pH การนำไฟฟ้า โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ในดินเพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นผลดีต่อการปลูกอ้อย ยืนยันความสามารถการใช้น้ำกากส่าอัตรา 10-30 ลบ.ม./ไร่ ในการผลิตอ้อยปลูกและอ้อยต่อ 1 ในสภาพดินทรายชุดยโสธร โดยไม่ต้องใส่ปุ๋ยเคมี และถึงแม้ว่าจะมีการสะสมธาตุอาหารประจุบวก (โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม) ที่ระดับความลึกดิน 20-50 ซม. แต่ค่าการนำไฟฟ้าของดินยังอยู่ห่างจากระดับที่เป็นอันตรายต่อพืช และทางกายภาพดินก็ยังไม่แสดงผลทั้งทางด้านบวกหรือลบ แต่การใส่ปุ๋ยเคมีทำให้การซึบซึมน้ำลดลง

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 3 ที่ให้ความอนุเคราะห์วิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำกากส่า

เอกสารอ้างอิง

- ทัศนีย์ ดิฐกมล. 2551. การใช้ประโยชน์ของน้ำกากส่าสำหรับการผลิตขี้เถ้าเพื่อลดมลพิษสิ่งแวดล้อม : กรณีขี้เถ้าปลูกปีแรก. วารสารวิจัยรวมคำแหง 1:11-30.
- ธนาคารแห่งประเทศไทย. 2555. แหล่งข้อมูล: www.bot.or.th/Thai/EconomicConditions/Thai/Northeast/commodities/Doclib_CommodityMonthly. ค้นเมื่อ 6 กรกฎาคม 2555.
- ศรีสุตา ทิพย์รักษ์ และเจิม จาปประโคน. 2553. ศึกษาการใช้ปุ๋ยอินทรีย์ร่วมกับเกษตรกรในระบบการปลูกข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ II. ผลของปุ๋ยพืชสด น้ำกากส่า และปุ๋ยหมักกากตะกอนขี้เถ้าต่อการผลิตข้าวในดินร่วนทรายชุดยโสธร. รายงานผลงานวิจัย ปี 2553 ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร.
- Arafat, S., and A.E. Yassen. 2002. Agronomic evaluation of fertilizing efficiency of vinasse. Symposium on 17th WCSS, 14-21 August, 2002. Thailand.
- Blake, G.R., and K.H. Hartge. 1986. Bulk Density. P. 363-375. In: A. Klute (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 1. 2nd ed. Soil Sci. Soc. Am. Monograph 9. SSSA, Madison, WI.
- Bray, R.H., and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. Soil Sci. 59:39-45.
- Brito, F.L., and M.M. Rolim. 2005. Comportment of effluent and soil fertirrigated with vinasse. Agropecuaria Tecnica, 26:60-67.
- Brito, F.L., M.M. Rolim, and E.M.R. Pedrosa. 2009. Effect of vinasse application in chemical characteristics of soils from forest zone of Pernambuco. Brazilian J. Agricultural Sci. 4:456-462.
- Doelsch, E., A. Mason, P. Cazeville, and N. Condom. 2009. Spectroscopic Characterization of Organic Matter on a Soil and Vinasse Mixture during Aerobic or Anaerobic Incubation. Waste Management. Oxford.
- Gomez, K.A., and A.A. Gomez. 1984. Statistical Procedures for Agricultural Research. John Wiley and Sons, New York.
- Gomez, J., and O. Rodriguez. 2000. Effects of vinasse on sugarcane (*Saccharum officinarum*) productivity. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 17:318-326.
- Isaac, R.A., and J.D. Kerber. 1971. Atomic absorption and flame photometry: techniques and uses in soils, plant and water analysis. P. 17-37. In: L.M. Walsh (ed.), Instrumental Methods for Analysis of Soils and Plant Tissue. Soil Sci. Soc. Am. Madison, Wisconsin.
- Klute, A., and C. Dirksen. 1986. Hydraulic Conductivity and Diffusivity: Laboratory Methods, P. 687-700. In: Klute, A. (ed.), Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods (2nd ed.), American Society of Agronomy.
- Kulkarni, A.D., H.M. Modak, and S.J. Jadhav. 1987. Fertilizers from spent wash. Bharatiya Sugar. 12:17-20.
- Mariano, A.P., S.H.R. Crivelaro, D.F. Angelis, and D.M. Bonotto. 2009. The use of vinasse as an amendment to ex-situ bioremediation of soil and groundwater contaminated with diesel oil. Braz. Arch. Biol. Technol. 52:1043-1055.
- Nunes, M.R., A.C.X. Velloso, and J.R. Lela. 1981. Effect of land disposal of vinasse on exchangeable cations and other nutrients in soil. Presqhi. Agropecu. Baras. 6:171-176.
- Orlando, F.L., C. F. de Silva and E. Zambello. 1985. Agricultural utilization of vinasse in Brazil by means of tank - trucks. International J. Cane Agri.
- Orlando, F.J. 1996. Vinasse application in Brazilian Sandy Soil and N water table pollution. STAB. 13:9-10.
- Robeiro, B.T., J.M. Lima, N. Curi and G. C. Oliveira. 2012. Electrochemical attributes of soils influenced by sugarcane vinasse. Biosci. J. 28:25-32.
- Rodella, A., E. Zambello Junior and J. Orlando Filho. 1983. Effects of vinasse added to soil on pH and exchangeable aluminum content. P. 189-214. Paper presented at Congress of the International Society of Sugarcane Technologists. Havana 1983. Havana: Universidad de L Habana,
- Tejada, M., and J.L. Gonzalez. 2005. Beet vinasse applied to wheat under dryland conditions affects soil properties and yield. Eur. J. Agron. 23:336-347.
- Walkley, A., and I.A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37:29-38.