ผลของปุ๋ยโพแทสเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีต่อผลผลิตและคุณภาพผลผลิตอ้อยตอ 1 ในชุดดินโคราช

The Effect of Potassium, Magnesium and Zinc on Yield and Yield Quality of the 1st Ratoon Sugarcane in Korat Soil Series

วิภาวรรณ ท้ายเมือง[1*], สุชาดา กรุณา[1], ศิวโรจน์ สุวรรณโณ[2], และ อาณัติ เฮงเจริญ[1]

Wipawan Thaymuang[1*], Suchada Karuna[1], Siwarot Suwanno[2], and Anut Hengcharoen[1]

บทคัดย่อ: การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของโพแทสเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีที่ให้เพิ่มต่อผลผลิตและคุณภาพผลผลิตของอ้อยตอ 1 พันธุ์ขอนแก่น 3 ทำการทดลองในแปลงเกษตรกรซึ่งเป็นชุดดินโคราชที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทราย ในจังหวัดกาฬสินธุ์และร้อยเอ็ด ตามลำดับ วางแผนแบบ randomized complete block (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ตำรับการทดลองประกอบด้วย ตำรับการทดลองที่ 1 ใส่ปุ๋ยตามอัตราและปริมาณของเกษตรกร และ 2-6 ใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร โดยในตำรับการทดลองที่ 3 ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเพิ่มในรูปโพแทสเซียมคลอไรด์สูตร 0-0-60 อัตรา 10 กก./ไร่ ตำรับการทดลองที่ 4 ใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมเพิ่มในรูป $MgSO_4.7H_2O$ อัตรา 35 กก./ไร่ ตำรับการทดลองที่ 5 ใส่ปุ๋ยสังกะสีเพิ่มในรูป $ZnSO_4.H_2O$ (32%Zn) อัตรา 1.6 กก./ไร่ และตำรับที่ 6 ใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมและสังกะสีในรูปและอัตราเดียวกับตำรับการทดลองที่ 4 และ 5 ผลการศึกษา พบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ของกรมวิชาการเกษตร (18 กก.K_2O/ไร่) และใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์เพิ่ม 10 กก./ไร่ ในดินที่มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ระดับต่ำมากถึงต่ำทำให้จำนวนลำต่อไร่ ผลผลิตต่อไร่ และผลผลิตน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและได้กำไรต่อไร่เพิ่มขึ้น 7-54% และการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมตามคำแนะนำร่วมกับปุ๋ยแมกนีเซียม 6 กก.MgO/ไร่ และปุ๋ยสังกะสี 0.5 กก.Zn/ไร่ ในดินที่มีแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ และสังกะสีที่สกัดได้ต่ำทำให้ได้ผลผลิตอ้อยและกำไรเพิ่มขึ้น 24-66% สำหรับอ้อยตอ 1 ที่ปลูกในชุดดินโคราช

คำสำคัญ: อ้อยตอ 1, โพแทสเซียม, แมกนีเซียม, สังกะสี

Received Septeber 25, 2018

Accepted March 12, 2019

[1] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

[2] สถานีพัฒนาที่ดินตรัง หมู่ที่ 1 ต.บ้านควน อ.เมือง จ.ตรัง 92000

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

ABSTRACT: The research aimed at determining the effect of additional potassium, magnesium and zinc on the first ratoon of sugarcane, KK3 variety. The experiment was conducted in farmer fields in Khon Kaen and Roi Et provinces, having Korat soil series (Kt) as a representative soil of the experimental area, respectively. The experiment design was arranged in randomized complete block (RCBD) with four replications. Treatments consisted of (1) fertilization based on farmer practice and 2) to 6) fertilization based of soil analytical data recommended by Department of Agriculture (DOA) of which, in treatment 3,10 kg/rai of potassium chloride (0-0-60) was added; treatment 4, 35 kg/rai of $MgSO_4.7H_2O$was added; treatment 5, 1.5 kg/rai of $ZnSO_4.H_2O$ (32%Zn)was added; and treatment 6, magnesium and zinc at the same rate as of previous treatments were added. The result showed that potassium fertilizer application by based on DOA recommendation at rate 18 kg K_2O/rai and DOA plus potassium chloride fertilizer 10 kg/rai on soils as very low to low exchangeable potassium were significantly increased the number of stalks, yield, and sugarcane yield, including, yield and profit were increased about 7-54% of farmer practice. Whereas, potassium fertilizer application at rate 18 kg K_2O/rai was mixed with magnesium fertilizer at 6 kg MgO/rai and zinc fertilizer at 0.5 kg Zn/rai on soil with low of exchangeable potassium and magnesium, and extractable zinc that increased yield and profit about 24-66% for the first ratoon sugarcane production on Korat soil series.
Keywords: first ratoon of sugarcane, potassium, magnesium, zinc

บทนำ

ธาตุอาหารหลักที่จำเป็นสำหรับการเจริญเติบโตและทำให้ผลผลิตอ้อยสูงขึ้น ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม โดยทั่วไปมักพบอ้อยแสดงอาการขาดอยู่เสมอ (ธวัช, 2543) ประสิทธิภาพในการผลิตอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนืออยู่ระดับต่ำ เนื่องจากดินส่วนใหญ่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำมีความเหมาะสมต่อการผลิตอ้อยระดับปานกลางถึงค่อนข้างต่ำ (เอิบ, 2538; สุมิตรา, 2541) โดยเฉพาะมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ (พิพัฒน์ และคณะ, 2538; สุมิตรา, 2541) โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่ควรต้องใส่ให้กับอ้อย โดยเฉพาะในดินทรายที่มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำซึ่งจะทำให้เกิดการชะละลายโพแทสเซียมออกไปจากดินได้ง่าย ซึ่งโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเป็นการบอกระดับความต้องการปุ๋ยโพแทสเซียมของอ้อยและผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับ เช่น ในประเทศบราซิลแนะนำอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับอ้อยตอและผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับ เมื่อดินมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำมาก (<30 มก./กก) ให้ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 16-32 กก.K_2O/ไร่ ดินมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ระดับปานกลาง (60-120 มก.ไร่) ควรใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม 6.4-24 kg K_2O/ไร่ แต่ไม่แนะนำให้ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมเมื่อดินมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนสูง 230 มก./กก. ส่วนในประเทศออสเตรเลียเมื่อดินมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ระดับปานกลางควรใส่ปุ๋ยอัตรา 23 kg K_2O/ไร่ และอัตรา 24 kg K_2O/ไร่ สำหรับอ้อยตอในประเทศคอสตาริกา (Cantarella and Rossetto, 2014) ส่วนคำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับดินปลูกอ้อยตอจากกรมวิชาการเกษตร (2548) แนะนำให้ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 12-18 กก.K2O/ไร่ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับคำแนะนำปุ๋ยโพแทสเซียมจากประเทศบราซิลและคู่มือการผลิตอ้อยของประเทศออสเตรเลียจะพบว่าประเทศไทยยังมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในปริมาณที่ต่ำกว่า

ส่วนแมกนีเซียมและกำมะถัน จะแสดงอาการขาดเฉพาะบางพื้นที่ (ธวัช, 2543; Blackburn, 1984) แมกนีเซียมเป็นองค์ประกอบสำคัญของคลอโรฟิลล์ การสังเคราะห์แสง การเจริญเติบโต และการสะสมน้ำตาลของอ้อย และยังช่วยการเคลื่อนที่ของธาตุฟอสฟอรัสในต้นพืช และเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีน (Calcino et al., 2000) แมกนีเซียมมักมีปัญหาพบขาดในดินที่มีอัตราการชะละลายของดินมากเกินไป (Ridge, 2013) ถ้าดินมีปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำกว่า 30 มก./กก. ควรจะต้องมีการจัดการปุ๋ยแมกนีเซียมให้กับอ้อย (Calcino, 2010) กำมะถันมีบทบาทสำคัญต่อการสังเคราะห์กรดอะมิโน โปรตีน และวิตามินในอ้อย และช่วยเพิ่มคุณภาพน้ำอ้อย (juice quality)

ความหวาน (CCS) ของอ้อย และผลผลิตอ้อย (Abdelrahman et al., 2014) ถ้ามีการจัดการปุ๋ยกำมะถันและแมกนีเซียมในอัตราที่เหมาะสมจะมีผลต่อคุณภาพผลผลิตน้ำอ้อย เช่น บริกซ์ โพล ความบริสุทธิ์ และความหวานของผลผลิตอ้อย เนื่องจากกำมะถันและแมกนีเซียมไปช่วยในสังเคราะห์เอนไซม์จะช่วยเพิ่มความหวานเมื่อมีการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมและกำมะถันร่วมกับปุ๋ยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม (Hongwei et al., 2005; Singh et al., 2007) ดินเขตร้อนมักพบปัญหาขาดสังกะสี เช่น การผลิตอ้อยในประเทศบราซิลมักพบอ้อยจำนวนมากแสดงอาการขาดธาตุสังกะสี (Mellis et al., 2011) การขาดสังกะสีของอ้อยมีผลต่อการแตกกอของอ้อย การเจริญเติบโต และความยาวปล้อง เมื่ออ้อยขาดสังกะสีจะแสดงอาการขาดที่ใบอ่อน จะแสดงแถบเหลืองซีดหรือสีขาวบนแผ่นใบอ่อน ข้อปล้องสั้น การแตกกอลดลง หน่อมีขนาดเล็ก และมีข้อสังเกตว่าเมื่ออ้อยขาดสังกะสีจะทำให้อ่อนแอง่ายต่อการเข้าทำลายของเชื้อราที่ทำให้เป็นโรคเกิดอาการเป็นแถบสีแดงที่ใบอ้อย (Römheld and Nikolic, 2007) การใส่ปุ๋ยสังกะสีทำให้ผลผลิตอ้อย การเจริญเติบโต คุณภาพอ้อย ความยาวลำ และจำนวนลำต่อไร่เพิ่มมากขึ้น โดยการใส่ปุ๋ยสังกะสีอัตรา 4 กก./ไร่ ในดินทรายของประเทศบราซิล ทำให้ผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้น 6.4 ตัน/ไร่ และการใส่ปุ๋ย $ZnSO_4$ อัตรา 1.6 กก./ไร่ ในดินทรายที่มีสังกะสีที่สกัดได้ต่ำจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นจาก 1.76 ตัน/ไร่ เป็น 5.44 ตัน/ไร่ (Mellis et al., 2011) อย่างไรก็ตาม แนวทางการจัดการปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมจะใส่มากน้อยจะต้องพิจารณาจากความอุดมสมบูรณ์ของดิน (จักรินทร์ และคณะ, 2542) ปัจจุบันคำแนะนำปุ๋ยอ้อยตามค่าวิเคราะห์ดินของกรมวิชาการเกษตร (2548) จะพิจารณาจากปริมาณอินทรียวัตถุ ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ โดยปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินที่เหมาะสมต่อการปลูกอ้อยควรมีค่ามากกว่า 25 มก./กก. และดินปลูกอ้อยควรมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้มากกว่า 60 มก./กก. (Blackburn, 1984) สำหรับคำแนะนำการใช้ปุ๋ยจากค่าวิเคราะห์ดิน กรมวิชาการเกษตร (2548) แนะนำให้ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม (K_2O) อัตรา 18 กก. K2O/ไร่ เมื่อดินมีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ <90 มก/กก สำหรับอ้อยตอ 1 ส่วนปริมาณธาตุอาหารรองและธาตุอาหารเสริมพบคำแนะนำสำหรับการปลูกอ้อยของประเทศออสเตรเลีย เช่น ถ้าดินมีสังกะสีที่สกัดได้ต่ำกว่า 0.3 มก./กก. จะต้องใส่ปุ๋ยสังกะสี 1.6 กก./ไร่ (Calcino, 2010) เช่นเดียวกับประเทศบราซิลได้แนะนำให้ใช้ปุ๋ยสังกะสีอัตรา 0.8 กก./ไร่ แต่พบว่าอัตรานี้ยังไม่เพียงพอสำหรับการผลิตอ้อยในประเทศบราซิล (Mellis et al., 2011) ซึ่งในปัจจุบันแนวทางการจัดการผลิตอ้อยจะพัฒนาคำแนะนำหรือโปรแกรมการจัดการดินและปุ๋ยตามลักษณะดินในแต่สภาพแวดล้อมเพื่อให้ได้ผลผลิตและคุณภาพดีและได้กำไรสูงสุดจากการวิเคราะห์ดินและพืช (Schroeder et al., 2008) ดังนั้น การศึกษาการจัดการปุ๋ยในดินปลูกอ้อยตอ 1 ในดินร่วนปนทราย โดยเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีพื้นที่ปลูกอ้อยดินมีความอุดมสมบูรณ์ต่ำและดินมักขาดธาตุแมกนีเซียม กำมะถัน และสังกะสี ถ้ามีการจัดการปุ๋ยสำหรับอ้อยตอ 1 อย่างเหมาะสมจะช่วยเพิ่มผลผลิต คุณภาพผลผลิต และกำไร

วิธีการศึกษา

ทำการคัดเลือกแปลงอ้อยตอ 1 พันธุ์ขอนแก่น 3 ของเกษตรกร จำนวน 2 แปลง ได้แก่ แปลงที่ 1 อยู่ที่ ต.จุมจัง อ.กุฉินารายณ์ จ.กาฬสินธุ์ (16°25'55.9"N, 104°03'06.7"E) และแปลงที่ 2 อยู่ที่ ต.แวง อ.โพนทอง จ.ร้อยเอ็ด (16°19'59.3"N 103°59'51.9"E) ดินในพื้นที่แปลงทดลองเป็นชุดดินโคราช (Kt; Fine-loamy, siliceous, isohyperthermic Typic (Oxyaquic) Kandiustults) เก็บตัวอย่างดินชั้นไถพรวน (0-30 ซม.) เพื่อการวิเคราะห์สมบัติดินในห้องปฏิบัติการ ได้แก่ การแจกกระจายขนาดอนุภาคดินโดยวิธี pipette (Gee and Bauder, 1986) พีเอชดิน (soil pH: ดิน:น้ำ = 1:1) (Thomas, 1996) ปริมาณอินทรียวัตถุในดินโดยวิธีของ Walkley and Black (1934) (Nelson and Sommers, 1996) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available P) โดยการสกัดด้วยน้ำยา Bray II (Bray and Kurtz, 1945) โพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable K, Ca and Mg) ด้วยการสกัดด้วยแอมโมเนียมอะซีเตต

(1M NH_4OAc) ที่ pH 7 และวัดปริมาณด้วย Atomic absorption spectrophotometer (AAS) (Thomas, 1982) ปริมาณกำมะถันที่สกัดได้ (Extractable S) โดยสกัดด้วย 0.25M acetic-acetate และวัดปริมาณด้วยวิธีการวัดความขุ่น (Turbidity) (Jones, 2001) และปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ด้วย 0.005M Diethylene triamine penta acetic acid (DTPA) และวัดปริมาณด้วยเครื่อง AAS (Loeppert and Inskeep, 1996) เพื่อใช้ผลการวิเคราะห์เป็นแนวทางในการวางแผนการทดลอง โดยวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ในแปลงทดลองขนาด 5 ร่อง x 10 เมตร (ระยะระหว่างร่อง 140 ซม.) จำนวน 24 แปลงย่อย และกำหนดแนวทางการจัดการปุ๋ยจากผลการวิเคราะห์ดินก่อนการทดลองตามเกณฑ์การประเมิน (Land Classification Division and FAO Project Staff, 1973) ซึ่งพบว่าดินทั้งสองแปลงทดลองเป็นร่วนปนทราย ดินมีสภาพเป็นกรดปานกลาง (pH 5.62-5.81) มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำถึงต่ำมาก (7.06-4.88 ก./กก.) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมาก (149-200 มก./กก.) โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำมาก-ต่ำ (38.6-40 มก./กก.) แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ปานกลาง (237-359 มก./กก.) แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ (33-35 มก./กก.) และสังกะสีที่เป็นประโยชน์ต่ำ (0.53-0.73 มก./กก.) **(Table 2)** ผลวิเคราะห์ที่ได้นำมาคำนวณปุ๋ยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับการจัดการปุ๋ยอ้อยตอ 1 (กรมวิชาการเกษตร, 2548) และใส่ธาตุแมกนีเซียมให้เป็นระดับปานกลาง (60 มก./กก.) และปุ๋ยสังกะสีเป็นระดับปานกลาง (2 มก./กก.) ซึ่งเท่ากับคำแนะนำการจัดการปุ๋ยแมกนีเซียมและปุ๋ยสังกะสีตามคู่มือการปลูกอ้อยประเทศออสเตรเลีย (Calcino, 2010) จึงได้วิธีการใส่ปุ๋ยทั้งหมด 6 ตำรับการทดลอง ดังนี้ (1) การจัดการปุ๋ยตามวิธีของเกษตรกร โดยครั้งที่ 1 ใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-8 อัตรา 50 กก./ไร่ และครั้งที่ 2 ใส่ปุ๋ยสูตร 21-7-18 อัตรา 50 กก./ไร่ ส่วนตำรับการทดลองที่ 2-6 ใส่ปุ๋ยเพิ่มจากตำรับเกษตรกร (ตำรับการทดลองที่ 1) โดยตำรับการทดลองที่ (2) ใส่ปุ๋ย 0-0-60 เพิ่มอัตรา 10 กก./ไร่ (เทียบเท่าอัตรา 18 กก.K_2O/ไร่ ของกรมวิชาการเกษตร) (3) ใส่ปุ๋ย 0-0-60 เพิ่มอัตรา 20 กก./ไร่ (4) ใส่ปุ๋ย 0-0-60 เพิ่มอัตรา 10 กก./ไร่ และธาตุอาหารรอง ($MgSO_4.7H_2O$ อัตรา 35 กก./ไร่ (17% MgO, 13% S)) ได้แก่ (5) ใส่ปุ๋ย 0-0-60 อัตรา 10 กก./ไร่ และปุ๋ยสังกะสี ($ZnSO_4.H_2O$ มี 32% Zn) อัตรา 1.6 กก/ไร่ และ (6) ใส่ปุ๋ย 0-0-60 อัตรา 10 กก./ไร่ ปุ๋ยธาตุอาหารรอง ($MgSO_4$ 35 กก./ไร่ (17% MgO, 13% S)) และปุ๋ยสังกะสี ($ZnSO_4.H_2O$ มี 32% Zn) 1.6 กก./ไร่ **(Table 1)** แบ่งใส่ปุ๋ย 2 ครั้ง ครั้งละๆ เท่ากัน ครั้งที่ 1 เดือนเมษายน 2560 และครั้งที่ 2 เดือนมิถุนายน 2560

Table 1 Fertilizer application of each treatment

Treatments	N-P_2O_5-K_2O (kg/rai)	Fertilizer Formula			$MgSO_4.7H_2O$ (kg/rai)	$ZnSO_4.H_2O$ (kg/rai)
		16-16-8* (kg/rai)	21-7-18** (kg/rai)	0-0-60 (kg/rai)		
1	18-12-13	50	50	-	-	-
2	18-12-18	50	50	10	-	-
3	18-12-25	50	50	20	-	-
4	18-12-18+6Mg+4.6S	50	50	10	35	-
5	18-12-18+0.5Zn	50	50	10	-	1.6
6	18-12-18+6Mg+4.6S+0.5Zn	50	50	10	35	1.6

* 1st time of fertilizer application, ** 2nd time of fertilizer application,

Two split applications of 0-0-60, $MgSO_4.7H_2O$ (17%MgO, 13%S) and $ZnSO_4.H_2O$ (32%Zn)

การเก็บข้อมูลผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และคุณภาพผลผลิต โดยเก็บผลผลิตอ้อยเมื่ออ้อยอายุประมาณ 330 วัน โดยสุ่มส่วนกลางแปลงจำนวน 3 ร่อง ยาว 5 เมตรต่อแปลงทดลองย่อย เพื่อนับจำนวนลำ/แปลงย่อย ชั่งน้ำหนักผลผลิต/แปลงย่อย สำหรับคำนวณผลผลิตต่อไร่ และจำนวนลำต่อไร่ สุ่มผลผลิตจำนวน 10 ลำ/แปลงย่อย เพื่อวัดความยาวของลำต้นจากโคนถึงจุดตัดที่ระดับตามธรรมชาติ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของกลางลำอ้อยด้วยเวอร์เนียแคลิปเปอร์ และทำการสุ่มตัวอย่างจำนวน 6 ลำ/แปลงย่อย เพื่อวิเคราะห์ความหวาน (CCS) ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น แล้วนำไปคำนวณหาผลผลิตน้ำตาล/ไร่

การวิเคราะห์ผลตอบแทน โดยคำนวณต้นทุนการผลผลิต ประกอบด้วย ราคาปุ๋ย อัตราปุ๋ยต่อไร่ และราคาขายผลผลิตเพื่อคำนวณรายได้จากราคาขายอ้อย/ผลผลิตต่อไร่ และเปรียบเทียบผลกำไรจากแต่ละวิธีการจัดการปุ๋ยเปรียบเทียบกับตำรับที่เกษตรกรปฏิบัติ และการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษานำมาวิเคราะห์ทางสถิติโดยวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test)

Table 2 Chemical property of soil (Korat soil series; Kt), vinasse, and filter cake prior to conducting the experiment

Properties	Plot No.1	Plot No. 2	Vinasse	Filter cake
pH (1:1)	5.62	5.81	3.57	7.41
Organic matter (g/kg)	7.06	4.88	-	-
Available P (mg/kg)	149	200	118	5325
Exchangeable K (mg/kg)	38.6	40.0	10076	3027
Exchangeable Ca (mg/kg)	237	359	3355	13260
Exchangeable Mg (mg/kg)	35.0	33.0	2071	2703
Extractable S (mg/kg)	2.73	9.32	7897	4772
Extractable Zn (mg/kg)	0.73	0.53	0.30	49

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ปริมาณธาตุอาหารในดินหลังปลูก

พื้นที่ปลูกอ้อยในจังหวัดกาฬสินธุ์และจังหวัดร้อยเอ็ดส่วนใหญ่มีชุดดินโคราช ซึ่งเป็นดินร่วนปนทราย (sandy loam) ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูกของทั้งสองแปลงแสดงไว้ใน **Table 2** ส่วนผลการวิเคราะห์ดินหลังปลูกแปลงที่ 1 **(Table 3)** และแปลงที่ 2 **(Table 4)** พบว่า พีเอชดิน ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ กำมะถันที่สกัดได้ และสังกะสีที่สกัดได้ในดินทั้ง 2 แปลงอยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกับดินก่อนการทดลอง ถึงแม้ว่าจะมีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ แมกนีเซียมซัลเฟต และสังกะสีซัลเฟตในปริมาณเพิ่มขึ้นแต่ไม่พบความแตกต่างในดินก่อนและหลังการทดลองในแต่ละตำรับการทดลอง ซึ่งดินยังคงมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นในดินสูงมาก เนื่องจากการจัดการดินของเกษตรกรทั้ง 2 แปลงใส่กากตะกอนหม้อกรองอัตรา 5 ตัน/ไร่ ก่อนการปลูกอ้อย และน้ำกากส่า (vinasse) ปีละ 5 ลูกบาศก์เมตร/ไร่ หลังจากการตัดอ้อย ซึ่งในกากตะกอนหม้อกรองและน้ำกากส่ามีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูง **(Table 2)** เช่นเดียวกับ Vasconcelos et al. (2014) และ Moda et al. (2015) พบว่ากากตะกอนหม้อกรองจากโรงงานน้ำตาลเป็นแหล่งของฟอสฟอรัสที่ทำให้ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินเพิ่มขึ้น จึงทำให้ดินทั้งสองแปลงมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินสูงมาก ซึ่งสูงกว่าชุดดินโคราชปกติทั่วไป

Table 3 Soil chemical property in plot no.1 (Korat soil series) after harvesting the 1st ratoon cane

Plot 1	pH	OM	Avail.P	Exch.K	Exch.Ca	Exch.Mg	Extr.S	Extr.Zn
Tr	(1:1)	(g/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
1	5.78a	0.73	161ab	42.5	144	34.2	6.10	1.92
2	6.13ab	0.67	143a	48.4	111	30.4	6.37	1.45
3	6.62b	0.66	260b	36.4	167	22.9	8.77	2.79
4	5.96a	0.71	191ab	53.8	111	27.6	7.13	1.61
5	6.26ab	0.79	208ab	36.5	161	29.6	5.67	2.75
6	5.98a	0.69	197ab	44.8	132	28.9	8.78	2.59
	**	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns
CV(%)	6.1	15.6	27.5	37.0	27.6	41.2	27.5	36.3

ns = not significant, * ,**significantly different at P<0.05, and P<0.01 respectively;

Means in the same column with the same letter (s) are not significantly different at P<0.05 by DMRT

Table 4 Soil chemical properties of plot no.2 (Korat soil series) after harvesting the 1st ratoon cane

Plot 2	pH	OM	Avail.P	Exch.K	Exch.Ca	Exch.Mg	Extr.S	Extr.Zn
Tr	(1:1)	(g/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
1	5.89	7.33	177	29.3	194	25.1	6.50ab	1.42ab
2	5.89	7.20	238	48.1	233	29.6	8.20ab	1.85ab
3	5.89	6.74	180	43.3	217	28.2	7.46ab	1.24a
4	5.93	5.40	137	39.0	154	22.4	7.14ab	0.94a
5	5.92	7.11	181	35.6	186	22.1	5.56a	2.42b
6	5.91	7.34	174	38.1	204	22.2	9.14b	1.63ab
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	**
CV(%)	1.4	30.6	26.6	60.5	35.4	60.6	28.2	45.9

ns = not significant, * ,**significantly different at P<0.05, and P<0.01 respectively;

Means in the same column with the same letter (s) are not significantly different at P<0.05 by DMRT

ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต คุณภาพผลผลิต และผลตอบแทน

ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และคุณภาพผลผลิต (Table 5 and Table 6) จะพบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นจากปริมาณที่เกษตรกรใช้ทำให้ผลผลิต จำนวนลำต่อไร่ และผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ในทั้งสองแปลงเกษตรกร โดยการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นอัตรา 10 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยแมกนีเซียมซัลเฟตและปุ๋ยสังกะสีซัลเฟต และการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นอัตรา 20 กก./ไร่ ทำให้ผลผลิต จำนวนลำ/ไร่ และผลผลิตน้ำตาลเพิ่มขึ้นแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยของเกษตรกรอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) ในทั้ง 2 แปลงทดลอง สำหรับอ้อยแปลงที่ 1 การจัดการปุ๋ยไม่มีผลต่อค่าความหวาน แต่ เมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์เพิ่ม 10 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยแมกนีเซียมซัลเฟต ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ซึ่งเป็นไปในแนวทางเดียวกับ Calcino (2010) ที่แนะนำให้ปุ๋ยกำมะถันเมื่อดินมีปริมาณกำมะถันที่สกัดได้ต่ำกว่า 5 มก./กก และปุ๋ยแมกนีเซียมเมื่อดินมีแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำ ส่วนแปลงที่ 2 จะพบว่าการปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์เพิ่ม 20 กก./ไร่ และการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (เพิ่มปุ๋ย 0-0-60 อัตรา 10 กก./ไร่

จากเกษตรกร) ร่วมกับปุ๋ยสังกะสีทำให้ผลผลิตและผลผลิตน้ำตาลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ซึ่งปุ๋ยสังกะสีจึงมีบทบาทต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตในดินที่มีสังกะสีที่สะสกัดได้ต่ำถึงต่ำมาก และการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์เพิ่ม 20 กก./ไร่ ทำให้ความหวานแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้น 10 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยสังกะสีซัลเฟต เช่นเดียวกับ Calcino (2010) และ Mellis et al (2011) แนะนำให้ใส่ปุ๋ยสังกะสีถ้าดินมีปริมาณสังกะสีที่สกัดได้ต่ำจะทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ผลตอบแทนการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นจากปริมาณที่เกษตรกรใช้ **(Table 7 and Table 8)** พบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นอัตรา 10 กก./ไร่ จากที่เกษตรกรใส่ตามปกติซึ่งเทียบเท่ากับคำแนะนำปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ของกรมวิชาการเกษตรทำให้ได้กำไรเพิ่มขึ้น 7-51% และเมื่อใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์เพิ่มขึ้นจากเกษตรกรเป็นอัตรา 20 กก./ไร่ ซึ่งสูงกว่าคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร 10 กก.K_2O/ไร่ ทำให้กำไรเพิ่มขึ้น 52-54% อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมตามคำแนะนำของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียมซัลเฟตหรือสังกะสีซัลเฟตทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและได้กำไรเพิ่มมากขึ้น 24-66%

Table 5 Yield, yield component, CCS and sugar yield of 1st ratoon cane in plot no.1 (Korat soil series)

Tr	yield (ton/rai)	Number of stalk (stalk/rai)	Stalk diameter (mm)	Stalk length (cm)	CCS (%)	Sugar yield (ton/rai)
1	8.7a	7,800a	2.66	263	13.6	1.19a
2	13.2bc	7,887a	2.77	267	13.8	1.84b
3	13.3bc	10,810c	2.70	250	13.5	1.77b
4	14.2c	11,700c	2.69	260	14.3	2.07b
5	10.8ab	11,884c	2.79	259	14.2	1.53ab
6	13.9c	9,100b	2.62	264	14.3	2.08b
Sig.	**	*	ns	ns	ns	**
CV(%)	19.4	18.7	4.58	4.81	6.36	20.8

ns = not significant, * ,**significantly different at P<0.05, and P<0.01 respectively;

Means in the same column with the same letter (s) are not significantly different at P<0.05 by DMRT

Table 6 Yield, yield component, yield quality and sugar yield of 1st ratoon cane in plot no.2 (Korat soil series)

Tr	yield (ton/rai	Number of stalk (stalk/rai)	Stalk diameter (cm)	Stalk length (cm)	CCS (%)	Sugar yield (ton/rai)
1	8.7a	9,230a	2.85	237a	14.4ab	1.14a
2	9.3a	9,967ab	2.80	251ab	14.2ab	1.31ab
3	13.4b	11,938b	2.90	261ab	15.4b	2.06c
4	11.2ab	10,176ab	2.71	229a	15.0ab	1.65bc
5	14.5b	12,068b	2.83	271b	14.0a	2.07c
6	12.8b	11,960b	2.89	254ab	14.9ab	1.92c
Sig.	**	*	ns	**	*	*
CV(%)	21.8	14.1	3.90	7.95	7.20	24.0

ns = not significant, * ,**significantly different at P<0.05, and P<0.01 respectively;

Means in the same column with the same letter (s) are not significantly different at P<0.05 by DMRT

Table 7 Cost and profit from fertilizer management for sugarcane production at plot No.1 (Kt)

Treatment	Yield (Ton/rai)	Fertilizer cost (baht)	Income (baht)	Profit increase (baht)
T1	8.7	1,500	6,960	
T2	13.2	1,660	10,560	3,600
T3	13.3	1,820	10,640	3,680
T4	14.2	2,290	11,360	4,400
T5	10.8	1,714	8,640	1,680
T6	13.9	2,344	11,120	4,160

*Sugarcane price 800 baht/ton; profit was compared to treatment 1.

**Price of chemical fertilizer: 16-16-8 = 700 baht /50 kg, 21-7-18 = 800 baht /50 kg, 0-0-60 = 800 baht /50 kg. $MgSO_4.7H_2O$ = 450 baht /25 kg, and $ZnSO_4$ (32%Zn) = 850 baht /25 kg.

Table 8 Cost and profit from fertilizer management for sugarcane production at plot No.2

Treatment	Yield (Ton/rai)	Fertilizer cost (baht)	Income (baht)	Profit increase (baht)
T1	8.7	1500	6960	
T2	9.3	1660	7440	480
T3	13.4	1820	10720	3760
T4	11.2	2290	8960	2000
T5	14.5	1714	11600	4640
T6	12.8	2344	10240	3280

*Sugarcane price 800 baht/ton Profit was compared with treatment 1,

**Price of chemical fertilizer: 16-16-8 = 700 baht /50 kg, 21-7-18 = 800 baht /50 kg, 0-0-60 = 800 baht /50 kg. $MgSO_4.7H_2O$ = 450 baht /25 kg, and $ZnSO_4$ (32%Zn) = 850 baht /25 kg.

สรุป

จากการจัดการปุ๋ยตามค่าวิเคราะห์ดินสำหรับดินปลูกอ้อยตอ 1 พันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ปลูกในชุดดินโคราชซึ่งเป็นดินร่วนปนทราย มีพื้นที่ปลูกอ้อยส่วนใหญ่ของจังหวัดกาฬสินธุ์ ซึ่งเป็นดินที่มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำมากถึงต่ำ (< 60 มก./กก.) ควรใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 18-25 กก.K_2O/ไร่ จะทำให้ผลผลิต จำนวนลำ/ไร่ และผลผลิตน้ำตาลเพิ่มขึ้น และมีกำไรเพิ่มขึ้น 7-54% นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 18 กก.K_2O/ไร่ ร่วมกับแมกนีเซียมอัตรา 6 กก.MgO/ไร่ และ 0.5 กก.Zn/ไร่ ในดินที่มีธาตุแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ต่ำและสังกะสีที่สกัดได้ต่ำทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและเกษตรกรมีกำไรเพิ่มขึ้น 24-66% ดังนั้น ควรเลือกใส่สูตรปุ๋ยที่ให้ธาตุอาหารหลักครบและเพียงพอตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร และมีธาตุรองและสังกะสีเป็นส่วนประกอบ

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการ กรมวิชาการเกษตร ฉบับที่ 8/2548, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร

จักรินทร์ ศรัทธาพร, ปรีชา พราหมณีย์, วิทยา มีรักษ์ และสุรวิทย์ สุริยพันธุ์. 2542. การตอบสนองต่อการใช้ปุ๋ยเคมีของอ้อย clone ดีเด่น 3 clone ในดินร่วนเหนียว ในเขตชลประทานภาคกลาง. รายงานประจำปีอ้อย 2542.

ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สถานีวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร

ธวัช ตินนังวัฒนะ. 2543. การทำไร่อ้อยยุคใหม่. ศูนย์เกษตรอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ

พิพัฒน์ วีระถาวร, อังสนา โตกิจกล้า, ประทวน กลิ่นโต, สมศักดิ์ รอดหลง และไตรสุดา ไวตรวจโรจ. 2538. การทดสอบปุ๋ยในไร่นาเกษตรกร, น. 118-128. ใน การประชุมวิชาการอ้อยและน้ำตาลทรายแห่งชาติครั้งที่ 2. ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

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

เอิบ เขียวรื่นรมย์. 2538. ชนิดและลักษณะของดินที่ใช้ปลูกอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, น. 1-23 ใน รายงานประจำปี 2536-2537. โครงการวิจัยปรับปรุงดินเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตอ้อยในประเทศไทย. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร และหน่วยทดสอบดิน-ปุ๋ยและการประยุกต์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

Abdelrahman, M., A. Hamid. 2014. Effect of sulfur on sugarcane yield and quality at the heavy clay soil “Vertisols” of Sudan. Universal J. of Applied Sci. 2(3): 68-71.

Blackburn, F. 1984. Sugarcane. Longman, Inc., New York.

Bray R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. Soil Science 59: 39-45

Calcino, D.V. 2010. Australian sugarcane nutrition manual. Soil and Sugarcane Growth, BSES Limited.

Cantarella, H. and R. Rossetto. 2014. Fertilizers for sugarcane. p.405-422. In L.A.B. Cortez. Sugarcane bioethanol — R&D for Productivity and Sustainability, São Paulo: Editora Edgard Blücher

Franco, H.C.J., E. Mariano, A.C. Vitti, C.E. Faroni, R. Otto, and P.C.O. Trivelin. 2011. Sugarcane response to boron and zinc in southeastern Brazil. Sugar Tech. 13: 86-95.

Gee, G.W. and J.W. Bauder. 1986. Particle-sized analysis, pp. 383-411. In A. Klute, ed. Methods of Soil Analysis Part 1 Physical and Mineralogical Methods. American Society of Agronomy–Soil Science Society of America, Madison, USA.

Hongwei, T., Z. Liuqiang, X. Rulin and H. Meifu. 2005. Better Sugarcane Production for Acidic Red Soils. Better Crops. 89 (3): 24-26.

Jones, B.J. 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. Boca Raton, Fla. CRC Press

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

Loeppert, R.H. and W.P. Inskeep. 1996. Iron. p.639-664. In D.L. Sparks, A.L. Page, R.H. Helmke, R.H. Leoppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner (eds). Method of Soil Analysis. Part 3: Chemical Methods. Soil Science Society of America, Inc. U.S.A.

Mellis, E.V., J.A. Quaggio, L.A.J. Teixeira, and H. Cantarella. 2011. Sugarcane response to zinc application. In: 3rd International Zinc Symposium, Hyderabad, India.

Moda, L.R., Prado, R.M., Caione, G., Campos, C.N.S., Silva, E.C., and R.A. Flores.

2015. Effect of sources and rates of phosphorus associated with filter cake on sugarcane nutrition and yield. Aust. J. Crop Sci. 9:477-485.

Nelson, D.W. and L.E. Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter, pp. 961–1010. In D.L. Sparks, A.L. Page, P.A. Helmke, R.H. Loeppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner, eds. Methods of Soil Analysis, Part 3 Chemical Methods. Agronomy No 5. SSSA Book Series. Madison, WI.

Ridge, R. 2013. Fertilizing for High Yield and Quality Sugarcane. IPI Bulletin No. 21. International Potash Institute, Switzerland

Romheld V. and M. Nikolic. 2007. Iron. In Handbook of plant nutrition. A.V. Barker and D.J. Pilbeam. CRC Press. New York.

Schroeder, B., Calcino D., Hurney, A., Robert Smith, R., Panitz, J., Cairns, R., Wrigley, T., and P. Allsopp. 2008. Smart Cane Principles of Best Management Practice. BSES Limited Technical Publication. Canegrowers, Queensland.

Singh, A., R.N. Srivastava, and S.B. Singh. 2007. Effect of sources of sulphur on yield and quality of sugarcane. Sugar Tech.9: 98-100.

Thomas G.W. 1996. Soil pH and soil acidity. In D.L. Sparks, A.L. Page, R.H. Helmke, R.H. Leoppert, P.N. Soltanpour, M.A. Tabatabai, C.T. Johnston and M.E. Sumner. (eds). Method of Soil Analysis. Part 3: Chemical Methods. Soil Science Society of America, Inc. U.S.A

Thomas, G.W. 1982. Exchangeable cations, pp. 159-165. In A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney, eds. Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties, 2nd eds. American Society of Agronomy–Soil Science Society of America, Madison, USA.

Vasconcelos, R.L., Prado, R.M., Campos, C.N.S, Caione, G., Almeida, H.J. Moda, L.R., Fernando T. Mello, F.T., and C.C.D. Marta. 2014. Sources of phosphorus with sugar cane filter cake on the nutritional status and productivity of sugar cane (*Saccharum officinarum* L) cultivated in red-yellow latosoil. Aust. J. Crop Sci. 8:1467-1474.

Walkley, A. and C.A. Black. 1934. An examination of kjeldah method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chroma acid titration method. Soil Sci. 37: 29–35.