วารสารแก่นเกษตร
THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

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

ผลของปุ๋ยโพแทสเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน และสังกะสีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตอ้อยตอ 1 พันธุ์ขอนแก่น 3 ที่ปลูกบนชุดดินชุมพวง

Effects of potassium, magnesium, sulfate and zinc fertilizers management on growth and yield of 1St ratoon sugarcane var KK3 in Chum Phuang series

วิภาวรรณ ท้ายเมือง[1]*, สุชาดา กรุณา[1], นภาพร พันธุ์กมลศิลป์[1], อัญธิชา พรมเมืองคุก[1], จำเนียร ชมภู[1] และ ทิมทอง ดรุณสนธยา[2]

Wipawan Thaymuang[1]*, Suchada Karuna[1], Napaporn Phankamolsil[1], Aunthicha Phommuangkhuk[1], Jamnian Chompoo[1] and Timtong Darunsontaya[2]

[1] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140
[1] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140
[2] ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900
[2] Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

บทคัดย่อ: ศึกษาผลการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน และสังกะสีต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตอ้อยตอ 1 พันธุ์ขอนแก่น 3 ภายใต้สภาพน้ำฝนที่ปลูกในชุดดินชุมพวง อ.พิมาย จ.นครราชสีมา โดยวางแผนการทดลองแบบ randomized complete block (RCB) จำนวน 3 ซ้ำ โดยใส่ปุ๋ยอัตรา 100 กก./ไร่ ประกอบด้วย 7 ตำรับการทดลอง ดังนี้ (1) 21N-7P_2O_5-18K_2O (2) 21N-7P_2O_5-18K_2O+6MgO+4S (3) 21N-7P_2O_5-25K_2O+6MgO+4S (4) 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.1Zn (5) 21N-7P_2O_5-25K_2O+0.1Zn (6) 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.2Zn และ (7) 21N-7P_2O_5-25K_2O+0.2Zn ผลการทดลอง พบว่า ปุ๋ยไม่มีผลต่อความยาวลำ เส้นผ่าศูนย์กลางลำ และความหวาน แต่การใส่ปุ๋ย 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.1Zn ทำให้ได้ผลผลิตอ้อยตอและผลผลิตน้ำตาลเพิ่มขึ้นเป็น 16.8 ตัน/ไร่ และ 2.26 ตัน CCS/ไร่ ตามลำดับ นอกจากนี้การใส่ปุ๋ย 21N-7P_2O_5-18K_2O+6MgO+4S หรือ 21N-7P_2O_5-25K_2O+6MgO+4S หรือ 21N-7P_2O_5-25K_2O+0.1Zn หรือ 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.2Zn ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและกำไรเพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย 21-7-18 เพียงอย่างเดียว ดังนั้น การใส่ปุ๋ยอ้อยตอ 1 ในดินเนื้อหยาบควรใส่ปุ๋ย 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.1Zn อัตรา 100 กก./ไร่ หรือเลือกปุ๋ยที่มีโพแทสเซียม 18-25 กก. K_2O/ไร่ และเพิ่มแมกนีเซียม 6% MgO กำมะถัน 4%S หรือสังกะสี 0.1-0.2%Zn จะทำให้ผลผลิตอ้อยตอ 1 และกำไรเพิ่มขึ้น
คำสำคัญ: อ้อยตอ; ปุ๋ยโพแทสเซียม; แมกนีเซียมซัลเฟต; สังกะสี

ABSTRACT: The study was the effect of potassium, magnesium, sulfur, and zinc fertilizer on growth and yield for the first ratoon sugarcane (Khon Kaen 3 variety) under rainfed condition in Chum Phuang series. The experimental plots were in Pimai district, Nakhon Ratchasima province. The experimental design was randomized complete block (RCB) with 3 replications. Fertilizers were applied by 100 kg/rai from (1) 21N-7P_2O_5-18K_2O (2) 21N-7P_2O_5-18K_2O+6MgO+4S (3) 21N-7P_2O_5-25K_2O+6MgO+4S (4) 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.1Zn (5) 21N-7P_2O_5-25K_2O+0.1Zn (6) 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.2Zn and (7) 21N-7P_2O_5-25K_2O+0.2Zn. The results showed that fertilizers were not affected on stalk length and diameter, and CCS, but fertilizer 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.1Zn increased sugarcane yield and sugar yield to 16.8 t/rai and 2.26 t CCS/rai respectively. Moreover, fertilizer management should maintain fertilizer formula 21N-7P_2O_5-18K_2O+6MgO+4S or 21N-7P_2O_5-25K_2O+6MgO+4S or 21N-7P_2O_5-25K_2O+0.1Zn or 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.2Zn to increase yield and better profit than formula 21-7-18 with no Mg, S and Zn. Therefore, fertilizer formula 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.1Zn at the rate of 100 kg/rai should be applied for the 1st ratoon sugarcane production on coarse soil

* Corresponding author: wipawan.t@ku.th

Received: date; October 11, 2021 Accepted: date; January 5, 2022 Published: date; June 30, 2022

texture. Including, potassium fertilizer at rate 18-25 kg K_2O/rai plus fertilizer at rate 6%MgO, 4%S or 0.1-0.2%Zn also should be applied for increasing yield and profit for 1st ratoon sugarcane.
Keywords: ratoon sugarcane; potassium fertilizer; magnesium sulfate; zinc

บทนำ

พื้นที่ปลูกอ้อยทั้งประเทศ 10.9 ล้านไร่ โดยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ปลูกอ้อย 4.59 ล้านไร่หรือ 42.3% ของทั้งประเทศ แต่มีผลผลิตเฉลี่ยปีการผลิต 2563/64 เพียง 8.05 ตัน/ไร่ มีปริมาณอ้อยเข้าโรงงาน 30.5 ล้านตัน คุณภาพความหวาน วัดเป็นซีซีเอส (Commercial Cane Sugar: CCS) เฉลี่ย 13.7 และมีประสิทธิภาพการผลิตน้ำตาลทรายต่อต้นอ้อย 121.0 ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยรวมทั้งประเทศอยู่ที่ 113.8 กก./ตันอ้อย แต่ผลผลิตอ้อยตอจะลดลงจากอ้อยปลูกมากทำให้ผลผลิตเฉลี่ยลดลงต่ำ (กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย, 2564) ดินในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นดินเนื้อหยาบจะมีโพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ต่ำ (พิพัฒน์ และคณะ, 2538; สุมิตรา, 2541) โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่ควรต้องใส่ให้กับอ้อย โดยเฉพาะในดินทรายที่มีความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนต่ำทำให้โพแทสเซียมสูญหายไปกับการชะละลายได้ง่าย โดยทั่วไปแนะนำอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมตามค่าวิเคราะห์ดิน เช่น เมื่อโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ระดับปานกลาง (60-90 mg/kg) ควรใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 6.4-24 กก.K_2O/ไร่/ปี (Cantarella and Rossetto, 2014; Calcino et al., 2018) และอัตรา 18-24 กก. K_2O/ไร่/ปี (กรมวิชาการเกษตร, 2553) รวมทั้งมักพบปัญหาดินขาดธาตุอาหารรอง เช่น ดินขาดแมกนีเซียมในดินเนื้อหยาบที่มีอัตราการชะละลายของดินสูง (Ridge, 2013) และกำมะถันมักพบขาดในดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุต่ำ (Calcino et al., 2018) กำมะถันมีบทบาทสำคัญต่อการสังเคราะห์กรดอะมิโน โปรตีน และวิตามินในอ้อย และช่วยเพิ่มคุณภาพน้ำอ้อย (juice quality) คุณภาพความหวานและผลผลิตอ้อย (Kumar, 2002; Abdelrahman et al., 2014) อ้อยต้องการกำมะถันประมาณ 4 กก. S/ไร่/ปี เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและโครงสร้างของต้นอ้อย (Salter et al., 2015) เมื่อดินมีกำมะถันที่เป็นประโยชน์ต่ำกว่า 7 มก./กก. ควรใส่ปุ๋ยกำมะถันปีละ 1.6 กก. S/ไร่ (Calcino et al., 2018) โดยทั่วไปกำมะถันและแมกนีเซียมมีผลต่อคุณภาพผลผลิตอ้อย น้ำหนักลำอ้อย ความยาวลำ (Hongwei et al., 2005; Singh et al., 2007) รวมทั้งสังกะสีเป็นจุลธาตุที่มีบทบาทสำคัญต่อการผลิตอ้อยทั่วโลก การขาดสังกะสีของอ้อยมีผลต่อการเจริญเติบโตโดยเฉพาะการแตกกอและความยาวปล้อง หากอ้อยขาดสังกะสีจะแสดงอาการเหลืองซีดหรือสีขาวบนแผ่นใบอ่อน ข้อปล้องสั้น การแตกกอลดลง หน่อมีขนาดเล็ก การขาดสังกะสีในอ้อยบ้างครั้งอาจไม่แสดงอาการจึงควรวิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารในใบร่วมกับการวิเคราะห์ดินเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการธาตุอาหาร (Römheld and Nikolic, 2007) การขาดจุลธาตุมีสาเหตุมาจากหลายปัจจัย เช่น ปุ๋ยโดยทั่วไปมีจุลธาตุต่ำหรือไม่มี (Mellis et al., 2012) การใส่ปุ๋ยจุลธาตุในดินที่ขาดทำให้การเจริญเติบโต คุณภาพอ้อย ความยาวลำและจำนวนลำต่อไร่เพิ่มมากขึ้น โดยปุ๋ยสังกะสีทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นมากกว่าแมงกานีส ทองแดง และโบรอน (Madhuri et al., 2013; Cantarella and Rossetto, 2014; Mellis et al., 2016a; Mellis et al., 2016b)

อย่างไรก็ตาม การจัดการปุ๋ยอ้อยตอของเกษตรกรในแต่ละพื้นที่มักเน้นเฉพาะธาตุอาหารหลัก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม แต่ในดินเนื้อหยาบของภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบปัญหาขาดธาตุอาหารรองและสังกะสีร่วมด้วย ซึ่งจากผลการศึกษาของวิภาวรรณ และคณะ (2562) ที่ใส่ปุ๋ยแมกนีเซียม กำมะถัน และสังกะสีร่วมกับการใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลักทำให้ผลผลิตอ้อยตอที่ปลูกในชุดดินโคราชเพิ่มขึ้นและได้กำไรเพิ่มขึ้น ดังนั้นจากผลการศึกษาดังกล่าวจึงเป็นแนวทางจากการจัดการปุ๋ยในชุดดินชุมพวงซึ่งเป็นดินเนื้อหยาบ เพื่อจะได้เป็นแนวทางสำหรับเกษตรกรหรือโรงงานในการเลือกซื้อปุ๋ยที่มีการใส่ปุ๋ยแมกนีเซียม หรือกำมะถัน หรือสังกะสีเพิ่มในสูตรปุ๋ยธาตุอาหารหลักสำหรับการผลิตอ้อยตอ

วิธีการศึกษา

ทำการทดลองในแปลงอ้อยตอ 1 พันธุ์ขอนแก่น 3 ภายใต้สภาพน้ำฝนที่มีฝนสะสมเดือนมกราคม-ตุลาคม 2563 ปริมาณ 1,000 มิลลิเมตร (ศูนย์ภูมิอากาศ, 2563) ของเกษตรกร จำนวน 2 แปลง แปลงที่ 1 บ้านมาบประดู่ (15°06'23.9"N 102°28'14.8"E) และแปลงที่ 2 บ้านหนองระเวียง (15°07'59.7"N 102°27'32.4"E) ต.หนองระเวียง อ.พิมาย จ.นครราชสีมา ซึ่งเป็นชุดดินชุมพวง (Cpg): (Coarse-loamy, siliceous, isohyperthermic Typic Kandiustults) ซึ่งทั้ง 2 แปลงตัดอ้อยในเดือนธันวาคม 2562 แล้วมีการจัดการ

แปลงหลังตัดอ้อยแตกต่างกัน โดยแปลงที่ 1 ทิ้งใบไว้ในแปลง (ไม่ใส่น้ำกากส่า) ส่วนแปลงที่ 2 ราดน้ำกากส่าอัตรา 3,000 ลิตร/ไร่ ปลายเดือนมกราคม 2563 (หลังตัดอ้อย 1 เดือน)

การเก็บตัวอย่างดินและการวิเคราะห์ เก็บตัวอย่างดินแบบสุ่ม (composite sample) ตามความลึกชั้นไถพรวน (0-30 ซม) เพื่อวิเคราะห์การแจกกระจายขนาดอนุภาคดินเพื่อประเมินเนื้อดินด้วยวิธี pipette (Gee and Bauder, 1986) ซึ่งพบว่าชุดดินชุมพวงเป็นดินร่วนปนทราย (sand 820 g/kg, silt 130 g/kg, clay 5 g/kg) และวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของดินก่อนการทดลอง ได้แก่ พีเอชดิน (ดิน:น้ำ; 1:1) (Thomas, 1996) ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน (Organic Matter: OM) ด้วยวิธีของ Walkley and Black (1934) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Avail. P) ด้วยวิธีของ Bray II (Bray and Kurtz, 1945) โพแทสเซียมและแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. K and Mg) ที่สะกัดด้วย 1 M NH_4OAc และวัดปริมาณด้วย Atomic absorption spectrophotometer (AAS) (Thomas, 1982) ซัลเฟตที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. SO_4^{2}) โดยสกัดด้วย 0.25 M acetic-acetate และวัดปริมาณด้วยวิธีการวัดความขุ่น (Turbidity) (Jones, 2001) และสังกะสีที่สกัดได้ด้วย 0.005 M Diethylene triamine pentaacetic acid (DTPA) และวัดปริมาณด้วยเครื่อง AAS (Loeppert and Inskeep, 1996) ผลวิเคราะห์ดังแสดงใน **Table 1**

จากผลการวิเคราะห์ดินและผลการศึกษาการใส่ปุ๋ยอ้อยตอของวิภาวรรณและคณะ (2562) ทำให้วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) จำนวน 3 ซ้ำ ใส่ปุ๋ยอัตรา 100 กก./ไร่ จากการใส่ปุ๋ย 7 สูตร ได้แก่ (1) 21N-7P_2O_5-18K_2O (2) 21N-7P_2O_5-18K_2O+6MgO+4S (3) 21N-7P_2O_5-25K_2O+6MgO+4S (4) 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.1Zn (5) 21N-7P_2O_5-25K_2O+0.1Zn (6) 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.2Zn และ (7) 21N-7P_2O_5-25K_2O+0.2Zn โดยเกษตรกรแปลงที่ 1 และ 2 ใส่ปุ๋ยสูตร 16-16-8 อัตรา 25 และ 40 กก./ไร่ ตามลำดับ ใส่ปุ๋ยครั้งที่ 1 เดือนพฤษภาคม และครั้งที่ 2 เดือนกรกฎาคม การทดลองจึงคำนวณจากแม่ปุ๋ยสูตร 46-0-0, 18-16-0 และ 0-0-60 เพื่อให้ได้ปุ๋ยสูตร 21-7-18 และ 21-7-25 ร่วมกับปุ๋ยแมกนีเซียมและกำมะถัน ($MgSO_4.7H_2O$; 26%MgO+16%S) อัตรา 25 กก./ไร่ และปุ๋ยสังกะสี ($ZnSO_4.7H_2O$; 22%Zn) อัตรา 0.50 และ 1.0 กก./ไร่ ได้สูตรปุ๋ยตามแผนการทดลองพร้อมการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ดำเนินการทดลองภาคสนามในแปลงเกษตรกร ภายใต้สภาพน้ำฝน ปีการผลิตอ้อย 2563 ในแปลงย่อยขนาด 5 ร่อง x 10 เมตร ระยะระหว่างร่อง 1.80 เมตร แบบร่องคู่

เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตจากการวัดความสูงจากต้นที่เลือก 10 ต้นต่อแปลงย่อย และนับจำนวนต้นต่อแปลงย่อยเพื่อคำนวณเป็นจำนวนต้นต่อไร่เมื่ออ้อยอายุ 7, 8 และ 10 เดือน เก็บข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตเมื่ออ้อยอายุ 12 เดือน โดยตัดอ้อย 3 ร่องกลาง x 10 เมตรต่อแปลงย่อย ชั่งน้ำหนักผลผลิตและนับจำนวนลำต่อแปลงย่อยเพื่อคำนวณผลผลิตต้นต่อไร่และจำนวนลำต่อไร่ สุ่มอ้อยจำนวน 10 ลำต่อแปลงย่อยเพื่อวัดความยาวลำจากโคนถึงจุดตัดที่ระดับตามธรรมชาติ วัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำอ้อยด้วยเวอร์เนียแคลิปเปอ และสุ่มเลือกอ้อย 6 ลำต่อแปลงย่อยเพื่อวิเคราะห์ความหวาน (CCS) ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น และผลผลิตน้ำตาล

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษามาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ RCB และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี DMRT (Duncan's Multiple Range Tests) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 และ 95%

ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากผลการวิเคราะห์ชุดดินชุมพวงที่ปลูกอ้อยตอ 1 พันธุ์ขอนแก่น 3 (**Table 1**) พบว่า การราดน้ำกากส่าในแปลงที่ 2 หลังการตัดอ้อยทำให้ค่าพีเอชของดิน ปริมาณโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ และซัลเฟตที่แลกเปลี่ยนได้ในดินเพิ่มขึ้นและสูงกว่าดินแปลงที่ 1 แต่ปริมาณซัลเฟตที่แลกเปลี่ยนได้ในดินทั้ง 2 แปลงทดลองต่ำกว่า 10 มก./กก. อยู่ในระดับไม่เพียงพอ และแปลงที่ 2 มีปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ระดับต่ำมาก (Extr.Zn <0.5 mg/kg) จึงจัดการปุ๋ยตามคำแนะนำการผลิตอ้อยของประเทศออสเตรเลีย (Calcino et al., 2018)

Table 1 Some properties of Chum Phuang series and vinasse

Soil properties	Plot no. 1	Level	Plot no.2	Level	Vinasse properties	Result
pH (1:1)	6.32	Slightly acid	7.29	Neutral	pH (1:10)	7.58
OM (g/kg)	11.1	Moderate low	9.40	Low	Total N (%)	0.13
Avail. P (mg/kg)	164	High	152	High	Total P (%)	0.00
Exch. K (mg/kg)	72.2	Medium	133	Very high	Total K (%)	0.68
Exch. Mg (mg/kg)	68.0	Moderate	124	High	Total Mg (mg/kg)	1,228
Exch. SO_4^{2-} (mg/kg)	4.66	-	8.56	-	Total S (mg/kg)	444
Extr. Zn (mg/kg)	1.35	Medium	0.17	Very low	Total Zn (mg/kg)	0.00

*Land classification division and FAO project staff (1973)

ผลของปุ๋ยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตอ้อย

การใส่ปุ๋ยสูตร 21-7-18 หรือ 21-7-25 ร่วมกับปุ๋ยแมกนีเซียม กำมะถัน และปุ๋ยสังกะสีไม่มีผลต่อความสูงของอ้อยตอที่อายุ 7, 8 และ 10 เดือนของอ้อยทั้ง 2 แปลง แต่อ้อยตอแปลงที่ 2 มีความสูงเฉลี่ย มากกว่าแปลงที่ 1 (**Table 2**) และไม่มีผลต่อจำนวนต้นต่อไร่เมื่ออ้อยอายุ 7 เดือนและ 10 เดือน แต่จำนวนต้นต่อไร่เมื่ออ้อยตออายุ 8 เดือนในทั้ง 2 แปลง (**Table 3**) เนื่องจากการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ร่วมกับได้รับปริมาณน้ำฝนเพิ่มขึ้นทำให้อ้อยแตกหน่อใหม่จำนวนมากแต่เมื่ออ้อยอายุมากขึ้นและมีความสูงเพิ่มขึ้นและใบอ้อยปกคลุมหน่อที่แตกใหม่จึงทำให้ไม่ได้รับแสงและหน่อใหม่จึงตายและจำนวนต้นต่อแปลงลดลงในเดือนที่ 10 และช่วงเก็บผลผลิต 12 เดือน เช่นเดียวกับงานของณัฐพร และคณะ (2561) ที่พบจำนวนต้นอ้อยลดลงเมื่อเก็บผลผลิตเช่นกัน ในแปลงที่ 1 มีจำนวนต้นเมื่อเก็บผลผลิตลดลงมาก และการใส่ปุ๋ย 21N-7P_2O_5-25K_2O+6MgO+4S มีจำนวนต้นต่อไร่น้อยกว่าใส่ปุ๋ย 21N-7P_2O_5-25K_2O+0.1Zn และ 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.2Zn อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) **(Table 4)** ส่วนแปลงที่ 2 มีจำนวนต้นต่อไร่เมื่อเก็บผลผลิต 12 เดือนมีจำนวนต้นมากกว่าแปลงที่ 1 และการใส่ปุ๋ย 21N-P_2O_5-25K_2O+6MgO+4S และ 21N-P_2O_5-18K_2O+0.1Zn ทำให้มีจำนวนต้นต่อไร่สูงกว่าการใส่ปุ๋ย 21N-P_2O_5-25K_2O+0.2Zn อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) **(Table 5)** ดังนั้น การใส่ปุ๋ย 21N-P_2O_5-18K_2O+0.1Zn ทำให้จำนวนต้นต่อไร่สูงสุดในทั้งสองแปลงทดลอง ซึ่งปุ๋ยสังกะสีช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตและการแตกกอของอ้อย (Römheld and Nikolic, 2007)

Table 2 Plant height of the 1st ratoon cane in plot-1 and plot-2

Treatments	Height (cm) (Plot-1)			Height (cm) (Plot-2)		
	7-month	8-month	10-month	7-month	8-month	10-month
(1) 21N-7P_2O_5-18K_2O	105	166	214	145	208	247
(2) 21N-7P_2O_5-18K_2O+6MgO+4S	112	180	233	140	202	253
(3) 21N-7P_2O_5-25K_2O+6MgO+4S	104	172	223	140	208	248
(4) 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.1Zn	113	170	219	137	190	239
(5) 21N-7P_2O_5-25K_2O+0.1Zn	106	167	215	168	204	252
(6) 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.2Zn	107	172	226	144	199	249
(7) 21N-7P_2O_5-25K_2O+0.2Zn	133	173	221	140	186	240
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C.V. (%)	22.1	12.1	10.0	12.8	7.59	3.99

Note: ns = non significant

Table 3 Number of stalk per rai in Plot-1 and Plot-2 at 7, 8 and 10 months

Treatments	No. stalk (stalk/rai) Plot-1			No. stalk (stalk/rai) Plot-2		
	7 months	8 months	10 months	7 months	8 months	10 months
(1) 21N-7P_2O_5-18K_2O	10,919	9,215 b	8,237	9,629	11,378 b	10,919
(2) 21N-7P_2O_5-18K_2O+6MgO+4S	11,082	8,548 b	7,837	11,170	11,837 ab	11,082
(3) 21N-7P_2O_5-25K_2O+6MgO+4S	10,423	11,778 a	7,800	11,096	12,089 ab	12,089
(4) 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.1Zn	11,200	9,037 b	10,059	12,934	13,400 a	12,089
(5) 21N-7P_2O_5-25K_2O+0.1Zn	10,711	8,311 b	8,844	11,393	12,133 ab	10,578
(6) 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.2Zn	10,859	9,466 ab	9,333	10,652	11,793 ab	10,859
(7) 21N-7P_2O_5-25K_2O+0.2Zn	10,000	9,007 b	8,933	10,593	11,156 b	10,000
F-test	ns	*	ns	ns	*	ns
C.V. (%)	9.5	15.6	16.8	18.9	8.3	10.6

Note: ns = non significant, * = Significant at P < 0.05, Means in the same columns with different letters are significant (P<0.05) determined by DMRT

ผลของการใส่ปุ๋ยต่อผลผลิต องค์ประกอบผลผลิต และคุณภาพผลผลิตอ้อยตอ พบว่า ผลของปุ๋ยไม่มีผลทำให้ความยาวต้นอ้อย 198-234 ซม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต้นอ้อย 31.0-33.4 มม. ผลผลิตอ้อยตอ 9.7-12.5 ตัน/ไร่ ความหวาน 12.0-13.4 และผลผลิตน้ำตาล 1.31-1.61 ตัน CCS/ไร่ ในแปลงที่ 1 (**Table 4**) ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่การใส่ปุ๋ย 21N-7P_2O_5-25K_2O+0.1Zn หรือ 21N-7P_2O_5-25K_2O+0.2Zn หรือ 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.2Zn ทำให้ได้ผลผลิตอ้อยตอมากกว่า 12 ตัน/ไร่ ซึ่งสูงกว่าตำรับการทดลองอื่น ส่วนแปลงที่ 2 (**Table 5**) พบว่า ความยาวต้นอ้อย 229-250 ซม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางต้นอ้อย 29.4-31.1 มม. และความหวาน 11.7-13.7 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ผลของปุ๋ยทำให้ผลผลิตอ้อยจากการใส่ปุ๋ย 21N-7P_2O_5-25K_2O+6MgO+4S และ 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.1Zn ได้ผลผลิต 16.2 และ 16.8 ตัน/ไร่ แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P<0.01) จากการใส่ปุ๋ย 21N-7P_2O_5-18K_2O และ 21N-7P_2O_5-25K_2O+0.2Zn ที่ได้ผลผลิตเพียง 13.4 และ 12.4 ตัน/ไร่ ตามลำดับ และการใส่ปุ๋ย 21N-7P_2O_5-25K_2O+6MgO+4S และ 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.1Zn ทำให้ได้ผลผลิตน้ำตาลสูงแตกต่างกับการใส่ปุ๋ยอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) โดยได้ผลผลิตน้ำตาล 2.23 และ 2.26 ตัน CCS/ไร่ตามลำดับ ซึ่งผลผลิตอ้อยและผลผลิตน้ำตาลในแปลงที่ 2 สูงกว่าแปลงที่ 1 เนื่องจากการจัดการดินหลังตัดอ้อยที่แปลง 2 มีการราดน้ำกากส่าในแปลงหลังตัด 1 เดือน ทำให้ดินมีปริมาณโพแทสเซียม แมกนีเซียม และกำมะถันที่แลกเปลี่ยนได้เพิ่มขึ้นส่งผลให้อ้อยแปลงที่ 2 มีการเจริญเติบโตในช่วงแรกเร็วและส่งผลต่อผลผลิตอ้อย โดยโพแทสเซียม แมกนีเซียม กำมะถันและสังกะสีมีบทบาทสำคัญต่อการสร้างคลอโรฟิลด์และการสังเคราะห์แสงของอ้อย (Calcino et al., 2018) และสังกะสียังช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของอ้อย (Calcino et al., 2018) การแตกกอและการยืดปล้อง (Römheld and Nikolic, 2007) รวมทั้งสังกะสีช่วยสังเคราะห์เอนไซม์ของอ้อยและช่วยเพิ่มความหวาน (Kumar, 2002; Singh et al., 2007) ซึ่งดินแปลงที่ 2 มีสังกะสีที่สกัดได้อยู่ในระดับต่ำมากเมื่อใส่ปุ๋ยสังกะสีจึงทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (Mellis et al., 2016b; Calcino et al., 2018) เช่นเดียวกับการใส่ปุ๋ยกำมะถัน แมกนีเซียม และสังกะสีในชุดดินโคราชทำให้ผลผลิตน้ำตาลของอ้อยตอเพิ่มขึ้น (วิภาวรรณ และคณะ, 2562)

Table 4 Yield, yield components, CCS and sugar yield of the 1st ratoon cane in plot-1

Treatments	No. stalk (stalk/rai)	Length (cm)	Stalk Diameter (mm)	Yield (t/rai)	CCS	Sugar yield (t CCS/rai)
(1) 21N-7P_2O_5-18K_2O	7,630 ab	198	31.2	9.7	12.0	1.31
(2) 21N-7P_2O_5-18K_2O+6MgO+4S	7,556 ab	229	33.4	10.9	13.0	1.42
(3) 21N-7P_2O_5-25K_2O+6MgO+4S	7,022 b	232	33.2	10.4	11.9	1.41
(4) 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.1Zn	8,282 ab	224	31.0	11.2	12.9	1.44
(5) 21N-7P_2O_5-25K_2O+0.1Zn	8,822 a	231	32.7	12.3	13.4	1.50
(6) 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.2Zn	9,111 a	226	31.4	12.5	13.0	1.61
(7) 21N-7P_2O_5-25K_2O+0.2Zn	8,178 ab	234	31.3	12.4	12.7	1.56
F-test	*	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	12.5	8.90	5.16	16.8	9.37	12.5

Note: ns = non significant, * = Significant at P < 0.05, Means in the same columns with different letters are significant (P<0.05) determined by DMRT

Table 5 Yield, yield components, CCS and sugar yield of the 1st ratoon cane in plot-2

Treatments	No. stalk (stalk/rai)	Length (cm)	Stalk Diameter (mm)	Yield (t/rai)	CCS	Sugar yield (t CCS/rai)
(1) 21N-7P_2O_5-18K_2O	10,000 ab	240	29.4	13.4 bc	13.1	1.76 b
(2) 21N-7P_2O_5-18K_2O+6MgO+4S	11,689 ab	245	30.0	15.4 ab	11.7	1.79 b
(3) 21N-7P_2O_5-25K_2O+6MgO+4S	12,822 a	229	30.2	16.2 a	13.7	2.23 a
(4) 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.1Zn	12,889 a	238	30.5	16.8 a	13.5	2.26 a
(5) 21N-7P_2O_5-25K_2O+0.1Zn	10,682 ab	250	30.4	14.3 abc	12.3	1.76 b
(6) 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.2Zn	10,504 ab	245	30.1	14.4 abc	13.1	1.90 ab
(7) 21N-7P_2O_5-25K_2O+0.2Zn	9,304 b	236	31.1	12.4 c	13.5	1.69 b
F-test	**	ns	ns	**	ns	*
C.V.(%)	13.6	5.54	6.03	10.9	8.52	22.9

Note: ns = non significant, *, ** = Significant at P < 0.05 and 0.01, respectively. Means in the same columns with different letters are significant (P<0.05) determined by DMRT

ผลของปุ๋ยต่อรายได้จากการขายอ้อย

การใส่ปุ๋ยธาตุอาหารหลัก 21N-7P_2O_5-18K_2O และใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน และสังกะสี เพิ่ม พบว่าเกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้นโดยแปลงที่ 1 เมื่อใส่ปุ๋ยปุ๋ยสูตร 21N-7P_2O_5-18K_2O หรือ 21N-7P_2O_5-25K_2O ร่วมกับการใส่ปุ๋ยสังกะสี 0.1-0.2%Zn ทำให้มีกำไรเพิ่มขึ้นจากการใส่ปุ๋ย 21N-7P_2O_5-18K_2O เพียงอย่างเดียว ส่วนแปลงที่ 2 ที่มีราดน้ำกากส่าหลังตัดทำให้ดินมีปริมาณธาตุอาหารในดินเพิ่มขึ้นเมื่อใส่ปุ๋ยสังกะสีเพิ่มเพียง 0.1%Zn ทำให้ได้กำไรต่อไร่สูงสุด รองลงมาคือการใส่ปุ๋ย 21N-7P_2O_5-25K_2O+6MgO+4S (**Table 6**) ซึ่งเป็นในทางเดียวกับการจัดการปุ๋ยอ้อยตอ 1 ในชุดดินโคราชของ วิภาวรรณ และคณะ (2562)

Table 6 Income from sugarcane yield plus CCS value added

Treatments	Sugarcane Yield (t/rai)		CCS		Fertilizer	Income (bath/rai)		Profit increase (bath/rai)	
	Plot		Plot		(bath/rai)	Plot		Plot	
	no.1	no.2	no.1	no.2		no.1	no.2	no.1	no.2
21N-7P_2O_5-18K_2O	9.7	13.4	12.0	13.1	1,500	8,482	13,145	-	-
21N-7P_2O_5-18K_2O+6MgO+4S	10.9	15.4	13.0	11.7	1,633	10,181	13,981	1,699	836
21N-7P_2O_5-25K_2O+6MgO+4S	10.4	16.2	11.9	13.7	1,762	8,915	16,533	433	3,388
21N-7P_2O_5-18K_2O+0.1Zn	11.2	16.8	12.9	13.5	1,540	10,557	17,162	2,075	4,017
21N-7P_2O_5-25K_2O+0.1Zn	12.3	14.3	13.4	12.3	1,540	11,292	13,328	2,810	183
21N-7P_2O_5-18K_2O+0.2Zn	12.5	14.4	13.0	13.1	1,710	11,860	14,132	3,378	987
21N-7P_2O_5-25K_2O+0.2Zn	12.4	12.4	12.7	13.5	1,634	11,600	12,116	3,118	-1,029

sugarcane price 920 bath/t and plus CCS 55.2 bath/CCS for CCS>10%

สรุป

การจัดการปุ๋ยสำหรับอ้อยตอ 1 พันธุ์ขอนแก่น 3 ในชุดดินชุมพวง เมื่อใส่ปุ๋ย 21N-7P_2O_5-18K_2O และเพิ่มปุ๋ยโพแทสเซียม แมกนีเซียม กำมะถัน และสังกะสี พบว่า การใส่ปุ๋ย 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.1Zn อัตรา 100 กก./ไร่ ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นและได้กำไรเพิ่มขึ้น และการใส่ปุ๋ย 21N-7P_2O_5-18K_2O+6MgO+4S หรือ 21N-7P_2O_5-25K_2O+6MgO+4S หรือ 21N-7P_2O_5-25K_2O+0.1Zn หรือ ปุ๋ย 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.2Zn ที่ทำให้ได้กำไรเพิ่มขึ้นและสูงกว่าการใส่ปุ๋ย 21N-7P_2O_5-18K_2O ที่ไม่เพิ่มธาตุอาหารรองหรือจุลธาตุ ดังนั้น การใส่ปุ๋ยอ้อยตอ 1 ที่ปลูกในดินเนื้อหยาบ ควรใส่ปุ๋ย 21N-7P_2O_5-18K_2O+0.1Zn อัตรา 100 กก./ไร่ หรือเลือกซื้อปุ๋ยที่มีโพแทสเซียม 18-25 กก.K_2O และเพิ่มธาตุแมกนีเซียม หรือ กำมะถัน หรือสังกะสีในปุ๋ยธาตุอาหารหลัก จะทำให้ได้ผลผลิตและกำไรเพิ่มขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช) สำหรับทุนอุดหนุนการวิจัย โรงงานน้ำตาลพิมาย จ.นครราชสีมา ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนและประสานงานแปลงเกษตรกร และภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสถานที่ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2553. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. เอกสารวิชาการลำดับที่ 001/2553, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพมหานคร.

กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย. 2564. รายงานการผลิตอ้อยของประเทศไทย ประจำปีการผลิต 2563/64. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย.

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

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

วิภาวรรณ ท้ายเมือง, สุชาดา กรุณา, ศิวโรจน์ สุวรรณโณ และอาณัติ เฮงเจริญ. 2562. ผลของปุ๋ยโพแทสเซียม แมกนีเซียม และสังกะสีต่อผลผลิตและคุณภาพผลผลิตอ้อยตอ 1 ในชุดดินโคราช. วารสารแก่นเกษตร. 47(4): 739-748.

ศูนย์ภูมิอากาศ. 2563. กรมอุตุนิยมวิทยา แหล่งข้อมูล: http://climate.tmd.go.th/gge/. ค้นเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2563.

สุมิตรา วัฒนา. 2541. การวิเคราะห์สมบัติของดินที่ใช้ปลูกอ้อยในบริเวณภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Abdelrahman, M., H. Ahmed, and M.Ib. Dagash. 2014. Effect of sulfur on sugarcane yield and quality at the heavy clay soil "Vertisols" of Sudan. Universal Journal of Applied Science. 2(3): 68-71.

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., B. Schroeder, J. Panitz, A. Hurney, D. Skocaj, A. Wood, and B. Salter. 2018. Australian sugarcane nutrition manual. Sugar Research Australia 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.

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.

Kumar, S. 2002. Indian Journal of Sugarcane Technology. 17(1-2): 56-59.

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.

Madhuri, K.V., N.V. Sarala, M.H. Kumar, M.S. Rao, and V. Giridhar. 2013. Influence of micronutrients on yield and quality of sugarcane. Sugar Tech. 15(2): 187-191.

McCray, J.M., and R. Mylavarapu. 2010. Sugarcane nutrient management using leaf analysis. Florida Cooperative Extension Service Pub. SS-AGR-335. Available: http://edis.ifas.ufl.edu/ag345. Accessed Jun. 26, 2016.

Mellis, E.V., J.A. Quaggio, and L.A.J. Teixeira. 2012. Zinc fact sheet: sugarcane. The Zinc Initiative. Available: www.zinc.org/crops Accessed Jun. 26, 2016.

Mellis, E.V., J.A. Quaggio, G.R.G. Becari, L.A.J. Teixeira, H. Cantarella, and F.L.F. Dias. 2016a. Effect of micronutrients soil supplementation on sugarcane in different production environments: cane plant cycle. Agronomy Journal. 108: 2060–2070.

Mellis E.V., J.A. Quaggio, L.A.J. Teixeira, and R.C. Vieira. 2016b. Effect of rates and sources of zinc in sugarcane. 16th World Fertilizer Congress of CIEC. 96-98.

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.

Rossetto, R., F.L.F. Dias, A.C. Vitti, S. Tavares, and S. Potássio. P. 289-312. In L.L. Dinardo-Miranda, A.C.M. Vasconcelos, and M.G.A Landell (ed). Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agronômico.

Singh, A., R.N. Srivastava, and S.B. Singh. 2007. Effect of sources of sulphur on yield and quality of sugarcane. Sugar Tech. 9(1): 98-100.

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 Editions. American Society of Agronomy–Soil Science Society of America, Madison, USA.

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 Science. 37: 29–35.