

การตอบสนองด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยปลูกพันธุ์ K95-84 ต่อการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์และโพแทสเซียมไทโอซัลเฟต

Growth and yield response of virgin cane, K95-84 variety, to potassium chloride and potassium thiosulfate

พจรัตน์ ไตรทิพย์ชวลิต¹, สมชัย อนุสนธิ์พรเพิ่ม^{1*}, เอิบ เขียววรีนรมณ์¹
และ สุภิศา ธนะจิตต์¹

Pojjarat Traithipchawalit¹, Somchai Anusontpornperm^{1*}, Irb Kheoruenromne¹
and Suphicha Thanachit¹

บทคัดย่อ: ดำเนินการทดลองในแปลงของเกษตรกร บ้านช่องด่าน ตำบลช่องด่าน อำเภอปอดพลอย จังหวัดกาญจนบุรี เพื่อศึกษาการตอบสนองด้านการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยต่อการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมไทโอซัลเฟตทางใบของอ้อยพันธุ์ K 95-84 ในชุดดินกำแพงแสน วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCBD) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วย 9 ตำรับการทดลอง ที่เป็นการเปรียบเทียบอัตราปุ๋ยโพแทสเซียม 3 อัตรา ได้แก่ 2.5, 5.0 และ 7.5 กก. K₂O/ไร่ โดยตำรับที่ 1-3 (T1-T3) ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ทางดิน ตำรับที่ 4-6 (T4-T6) ฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ทางใบ และตำรับที่ 7-9 (T7-T9) ฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมไทโอซัลเฟตทางใบตามลำดับ ใส่ปุ๋ยเมื่ออ้อยอายุ 3 เดือนหลังปลูก เก็บเกี่ยวผลผลิต และข้อมูลองค์ประกอบพืชเมื่ออ้อยปลูกอายุครบ 12 เดือน ผลการศึกษา พบว่า การฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมไทโอซัลเฟตที่อัตรา 7.5 กก. K₂O /ไร่ (T9) ทำให้ได้ผลผลิตน้ำหนัสดของอ้อย และชีวมวลส่วนเหนือดินสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 21.46 และ 26.10 ตันต่อไร่ตามลำดับ รองลงมาได้แก่ การฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์อัตรา 5 กก. K₂O/ไร่ (T5) ที่ได้เท่ากับ 17.56 และ 23.79 ตัน/ไร่ ส่วนการให้โพแทสเซียมทางดินในทุกอัตราได้ผลผลิตทั้งสองส่วนต่ำที่สุด การฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมไทโอซัลเฟตที่อัตรา 7.5 กก. K₂O/ไร่ (T9) ยังทำให้อ้อยมีค่าปริมาณการดูดใช้กำมะถันในส่วนยอดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 37.48 กก./ไร่ ซึ่งสอดคล้องกับผลผลิตน้ำหนัสดลำอ้อยที่มีค่าสูงสุด

คำสำคัญ: อ้อย, โพแทสเซียมไทโอซัลเฟต, ปุ๋ยโพแทสเซียม, ปุ๋ยทางใบ, ชุดดินกำแพงแสน

ABSTRACT: Field experiment was conducted in a farmer field at Ban Chong Dan, Chong Dan subdistrict, Bor Ploy district, Kanchanaburi province to investigate growth and yield response of sugarcane, K95-84 variety, in Kamphaengsaen soil series foliar application of potassium thiosulfate. The experiment was arranged in Randomized Complete Block design (RCBD) with four replications. There were nine treatment, comprising three rates, 2.5, 5.0 and 7.5 kg/rai of K₂O, of potassium application of which treatments 1-3 (T1-T3) were topdressing of potassium chloride, treatments 4-6 (T4-T6) were foliar application of potassium chloride, and treatments 7-9 (T7-T9)

¹ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

* Corresponding author: Somchai.a@ku.ac.th

were foliar application of potassium of potassium thiosulfate, respectively. Fertilization was undertaken when sugarcane was at 3-month after planting. Sugarcane yield and its components were harvested and measured when the plant was 12 months old. Results showed that foliar application of potassium thiosulfate at the rate of 7.5 kg/rai of K_2O (T9) significantly gave the highest fresh cane yield and aboveground biomass of 21.46 and 26.10 t/rai, respectively, followed by foliar application of potassium chloride at the rate of 5.0 kg/rai of K_2O (T5) that gave these yields of 17.56 and 23.79 t/rai whereas topdressing of potassium chloride at all rates gave the lowest cane yield and aboveground biomass. In addition, foliar application of potassium thiosulfate highly significantly induced the highest sulfur uptake of 37.48 kg/rai in the top part of sugarcane which was consistent with the greatest cane yield obtained.

Keywords: sugarcane, potassium thiosulfate, potassium fertilizer, foliar application, Kamphaengsaen soil series

บทนำ

อ้อย (*Saccharum officinarum* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาลทรายเป็นหลัก ในปี พ.ศ. 2558 ประเทศไทยมีอ้อยสดส่งเข้าโรงงานทั้งสิ้น 105.96 ล้านตัน (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล, 2560) โดยมีปริมาณการส่งออกน้ำตาลในปี พ.ศ. 2558 จำนวน 8,839,089 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2558) ซึ่งประเทศไทยนับเป็นผู้ส่งออกน้ำตาลทรายรายใหญ่อันดับ 2 ของโลก รองจากประเทศบราซิล อย่างไรก็ตาม ผลผลิตเฉลี่ยของอ้อยในประเทศไทยยังคงอยู่ในระดับต่ำ การจัดการธาตุอาหารพืชเป็นแนวทางหนึ่งในการช่วยเพิ่มผลผลิต โดยเฉพาะการใช้โพแทสเซียม ธาตุนี้มีหน้าที่หลักในการเจริญเติบโตของพืช โดยเฉพาะในกรณีของอ้อย โดยโพแทสเซียมจะมีบทบาทในกระบวนการสังเคราะห์แสง การเคลื่อนย้ายน้ำตาล ทำให้อ้อยทนแล้ง และทนต่อสภาพอากาศหนาวเย็น โพแทสเซียมเป็นธาตุอาหารที่สามารถเคลื่อนย้ายได้ในพืช อาการขาดโพแทสเซียมจึงมักปรากฏขึ้นในใบแก่ก่อน อาการขาดโพแทสเซียมในใบจะมีจุดสีน้ำตาลแดงบริเวณเส้นกลางใบและจะค่อย ๆ กระจายทั่วทั้งใบ (Marschner, 1995) ข้อมูลจากการทดลองอ้อยภาคสนาม และในกระถาง รวมถึงการวิเคราะห์ใบพืชในประเทศออสเตรเลีย แสดงให้เห็นว่า บทบาทของโพแทสเซียมมีความซับซ้อนมากกว่าที่มี

การศึกษามา ซึ่งจำเป็นต้องพิจารณาถึงความสามารถของดินที่จะให้โพแทสเซียมแก่พืช ลักษณะการดูดใช้ธาตุอาหารของอ้อย เช่นเดียวกับความแตกต่างของพันธุ์อ้อย โพแทสเซียมมีความสำคัญต่อการผลิตอ้อยเป็นอย่างมาก ปุ๋ยที่ใช้ต้องพอเหมาะเพื่อให้การใส่ การดูดใช้ และการใช้ประโยชน์โพแทสเซียมโดยอ้อย ซึ่งจะทำให้อ้อยสามารถดูดใช้ธาตุอาหารได้อย่างสมดุล มีความต้านทานสภาพแล้งได้ดีขึ้น (Wood and Schroeder, 2004) โดยทั่วไปปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใช้ในประเทศไทยจะอยู่ในรูปของโพแทสเซียมคลอไรด์ (0-0-60) ซึ่งเป็นแม่ปุ๋ยที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่พืชทั่วไปซึ่งรวมถึงอ้อยมีความต้องการคลอรีนในปริมาณเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ปุ๋ยโพแทสเซียมไทโอซัลเฟต (Potassium thiosulfate, KTS) ซึ่งประกอบไปด้วยโพแทสเซียมและกำมะถัน ($25\%K_2O$, $17\%S$) ซึ่งเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการให้ผลผลิตของอ้อย สำหรับกำมะถันธาตุนี้มีความสำคัญต่อการช่วยเพิ่มคุณภาพและผลผลิตต่อไร่ให้สูงขึ้น (Jeschke and Diedrick, 2010) กำมะถันมีผลเชิงบวกต่อผลผลิตและความหวานของอ้อย (Abdelrahman et al., 2014) ซึ่งอาการขาดกำมะถันในพืชจะมีความคล้ายคลึงกับอาการขาดไนโตรเจน อาการของพืชที่ขาดกำมะถันที่ปรากฏคือ พืชจะหยุดการเจริญเติบโต ใบเหลือง แต่ถ้าพืชที่ขาดกำมะถันในระดับที่ไม่รุนแรง พืชจะไม่แสดงอาการออกมาให้เห็น แต่จะมีผลกระทบกับผลผลิตและคุณภาพของพืช (Ceccotti, 1996) สำหรับในประเทศไทย การศึกษาการใช้โพแทสเซียมไทโอซัลเฟต

ซึ่งเป็นปุ๋ยน้ำยังไม่ปรากฏว่ามีการทดสอบในอ้อยมาก่อน ดังนั้น การศึกษาการใช้ปุ๋ยนี้ฉีดพ่นทางใบจึงน่าจะเป็นแนวทางที่จะช่วยเพิ่มผลผลิตอ้อยได้ เนื่องจากเป็นปุ๋ยที่มีธาตุโพแทสเซียมและกำมะถัน ซึ่งอ้อยมีความต้องการในปริมาณสูง จึงได้ดำเนินการศึกษาเพื่อตรวจสอบการตอบสนองด้านผลผลิต และการดูดใช้ธาตุอาหารของอ้อยพันธุ์ K95-84 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนต่อการฉีดพ่นโพแทสเซียมไทโอซัลเฟตทางใบเปรียบเทียบกับใช้โพแทสเซียมคลอไรด์ทั้งที่ให้ทางใบ และทางดินในอัตราที่เทียบเคียงกัน

วิธีการศึกษา

ดำเนินการคัดเลือกพื้นที่แปลงเกษตรกรรมซึ่งเป็นดินชุดกำแพงแสน ตั้งอยู่ที่บ้านช่องด่าน ตำบลช่องด่าน อำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block (RCB) จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วยตัวรับการทดลองจำนวน 9 ตัวรับการทดลอง (Table 1)

Table 1 Treatments' detail used in the experiment

Treatments	Detail
1	Topdressing at the rate of 2.5 kg/rai of K_2O using potassium chloride
2	Topdressing at the rate of 5.0 kg/rai of K_2O using potassium chloride
3	Topdressing at the rate of 7.5 kg/rai of K_2O using potassium chloride
4	Foliar application at the rate of 2.5 kg/rai of K_2O using potassium chloride
5	Foliar application at the rate of 5.0 kg/rai of K_2O using potassium chloride
6	Foliar application at the rate of 7.5 kg/rai of K_2O using potassium chloride
7	Foliar application at the rate of 2.5 kg/rai of K_2O using potassium thiosulfate
8	Foliar application at the rate of 5.0 kg/rai of K_2O using potassium thiosulfate
9	Foliar application at the rate of 7.5 kg/rai of K_2O using potassium thiosulfate

การให้ปุ๋ยทางใบใช้ความเข้มข้นไม่เกิน 4% โดยใช้ผสมน้ำ 20 ล. สำหรับฉีดในพื้นที 36 ตร.ม. ในทุกแปลงย่อยและในแต่ละตัวรับการทดลองที่มีการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ทางดินจะทำการฉีดน้ำเปล่าที่ปริมาณเดียวกันกับตัวรับที่มีการฉีดปุ๋ยทางใบ โดยทำการการฉีดพ่นเมื่ออ้อยปลูกอายุได้ 3 เดือนหลังปลูก สำหรับปุ๋ยไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทำการใส่ตามอัตราแนะนำสำหรับดินเหนียวและดินร่วน โดยในแต่ละตัวรับการทดลอง ใส่ปุ๋ยไนโตรเจนเท่ากับ 20 กก. N/ไร่ และฟอสฟอรัสเท่ากับ 10 กก. P_2O_5 /ไร่ในเวลาเดียวกันกับการให้ปุ๋ยโพแทสเซียม โดยอ้อยที่ใช้ในการทดลองเป็นพันธุ์ K95-84 ใช้ระยะปลูกระหว่างแถวเท่ากับ 1.50 ม. โดยวางท่อนพันธุ์แบบแถวคู่ที่ระยะห่าง 20 ซม. ทำการเก็บตัวอย่างดินแบบ composite sample ก่อนปลูกอ้อยที่ 2 ระดับความลึกได้แก่ ดินบน 0-31 ซม. และดินล่าง 31-60 ซม. เพื่อนำมาวิเคราะห์สมบัติดินก่อนการทดลอง เก็บเกี่ยว

ผลผลิตอ้อยปลูกที่อายุ 12 เดือน การเก็บเกี่ยวข้อมูลพืชในสนามประกอบด้วย น้ำหนักลำสด น้ำหนักใบ จำนวนปล้อง เส้นผ่าศูนย์กลางลำ ความยาวลำ ตัวอย่างพืช (ลำ และใบ) และทำสุมเก็บตัวอย่างลำต้นและใบอ้อยขณะเก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยเพื่อนำมาวิเคราะห์หาความเข้มข้นของธาตุอาหารพืช ประกอบด้วยปริมาณไนโตรเจน (Jackson, 1965) ฟอสฟอรัส (Johnson and Ulrich, 1959; Murphy and Riley, 1962) โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก สังกะสี ทองแดง และแมงกานีส (Johnson and Ulrich, 1959) และกำมะถัน (Johnson and Ulrich, 1959; Bardsley and Lancaster, 1965) ทั้งหมดแล้วนำไปคำนวณหาปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารและแยกสุมเก็บตัวอย่างลำอ้อยเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่า %Fiber ค่าบรืกซ์ และค่าซีซีเอส (CCS) ข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยใช้

Duncan's multiple range test (DMRT) (SAS Institute, 2003) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ขึ้นไป (Steel and Torrie, 1997) โดยใช้โปรแกรม SPSS version 22

ผลการศึกษาและวิจารณ์

ลักษณะและสมบัติของดินตัวแทนพื้นที่ทดลอง

ดินตัวแทนพื้นที่ทดลองเป็นชุดดินกำแพงแสน (Ks) ซึ่งจำแนกอยู่ในวงศ์ดิน Fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic Typic Haplustalfs ดินนี้มีเนื้อเป็นดินร่วนเหนียวที่มีทรายแบ่งผสมเป็นดินที่มีสมบัติทางฟิสิกส์ดี ระบายน้ำได้ดี เกิดจากตะกอนน้ำทับถม พื้นที่มีความลาดชันร้อยละ 1 ระดับน้ำใต้ดินพบลึกเกินกว่า 1 ม. ในช่วงฤดูแล้ง ดินมีความลึกปานกลาง (0-130 ซม.) การเรียงชั้นกำเนิดดินเป็นแบบ A-Bt-C ดินบนมีความหนาประมาณ 32 ซม. มีการชะล้างหน้าดินบ้างเล็กน้อย สีดินเป็นสีน้ำตาลถึงน้ำตาลเข้ม และสลับกับสีน้ำตาลปนเหลือง จนถึงน้ำตาลเข้มตามความลึกของดิน และอาจพบชั้น

ของแร่ไมกาปนอยู่ในดินชั้นล่าง ดินชั้นบนเป็นกรดอ่อน (pH 6.5) และมีพีเอชเพิ่มขึ้นตามความลึกดิน (pH 7.5-8) มีชั้นสะสมดินเหนียวที่อาจพบแร่ไมกาปะปน ดินมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง-สูง ขึ้นอยู่กับวัตถุต้นกำเนิด (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548) ผลการวิเคราะห์ดินก่อนปลูก ดินในพื้นที่ทดลองดินบน (0-31 ซม.) มีพีเอชเป็นด่างเล็กน้อย มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำปานกลาง ไนโตรเจนรวมต่ำมาก ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมาก กำมะถันที่เป็นประโยชน์สูงมาก โพแทสเซียมที่สกัดได้ปานกลาง แคลเซียมที่สกัดได้ต่ำ แมกนีเซียมที่สกัดได้ปานกลาง และค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนสูงปานกลาง ส่วนดินล่าง (31-60 ซม.) มีพีเอชเป็นด่างปานกลาง มีปริมาณอินทรีย์วัตถุต่ำ ไนโตรเจนรวมต่ำมาก ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงมาก กำมะถันที่เป็นประโยชน์สูงมาก โพแทสเซียมที่สกัดได้ต่ำมาก แคลเซียมที่สกัดได้ต่ำ แมกนีเซียมที่สกัดได้ปานกลาง และค่าความจุแลกเปลี่ยนแคตไอออนปานกลาง (Table 2)

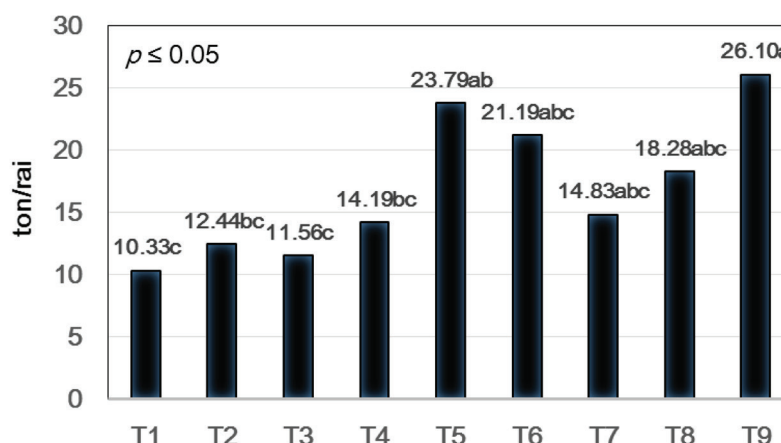
Table 2 Properties of soil prior to conducting the experiment

Depth (cm)	pH (1:1 soil:water)	OM	Total N	Avail. P	Avail. S	Ext. K	Ext. Ca	Ext. Mg	Ext. Na	CEC
		(---g/kg---)	(---mg/kg---)							
0-31	7.6	16.3	0.18	295.5	105.2	0.57	3.81	1.43	0.66	20.0
31-60	8.3	9.8	0.07	325.5	39.4	0.17	2.03	2.13	0.45	14.0

ผลผลิตอ้อย และองค์ประกอบพืช

น้ำหนักสดชีวมวลส่วนเหนือดิน การฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมไทโอซัลเฟตอัตรา 7.5 กก. K_2O /ไร่ (T9) ทำให้ได้น้ำหนักสดชีวมวลส่วนเหนือดิน ซึ่งเป็นผลรวมของลำอ้อยรวมกับส่วนใบและยอดอ้อยสูงสุด อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 26.10 ตัน/ไร่ ซึ่งสูงกว่าทุกค่ารับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ทางดินที่ปริมาณอยู่ในพิสัย 10.33-12.44 ตัน/ไร่

และสูงกว่าค่ารับที่มีการฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ทางใบในอัตรา 2.5 กก. K_2O /ไร่ (T4) ที่ได้น้ำหนักสดชีวมวลส่วนเหนือดินเท่ากับ 14.19 ตัน/ไร่ (Figure 1) อย่างไรก็ตาม น้ำหนักสดชีวมวลส่วนเหนือดินสูงสุดที่ได้ ไม่แตกต่างกันทางสถิติกับผลที่ได้จากการฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ทางใบที่อัตรา 5 และ 7.5 กก. K_2O /ไร่ (T5 และ T6) ที่มีค่าเท่ากับ 23.79 และ 21.19 ตัน/ไร่แต่อย่างใด



T1-T3 = topdressing with KCl at respective rates of 2.5, 5.0 and 7.5 kg K_2O /rai; T4-T6 = foliar application with KCl at respective rates of 2.5, 5.0 and 7.5 kg K_2O /rai; T7-T9 = foliar application with $K_2S_2O_3$ at respective rates of 2.5, 5.0 and 7.5 kg K_2O /rai.

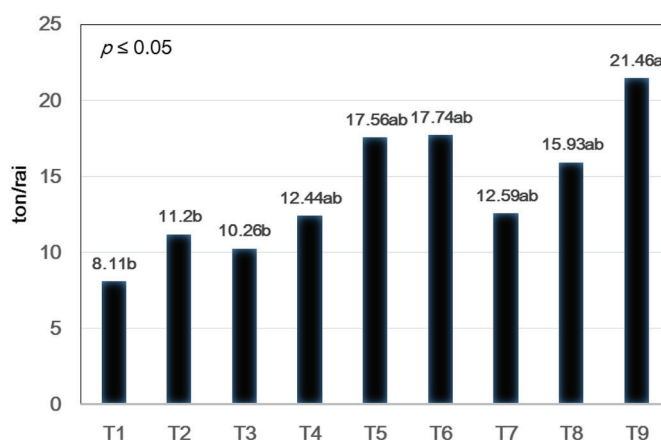
Figure 1 Effect of rate, type and method of potassium application on aboveground biomass

ผลผลิตอ้อยสด การฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมไทโอซัลเฟต อัตรา 7.5 กก. K_2O /ไร่ (T9) ทำให้ได้ผลผลิตลำอ้อยสดสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 21.46 ตัน/ไร่ ซึ่งสูงกว่าทุกตำรับการทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ทางดิน (T1-T3) ที่ได้ผลผลิตต่ำอยู่ในพิสัย 8.11-11.20 ตัน/ไร่ อย่างไรก็ตาม ตำรับที่ให้ผลผลิตน้ำหนักลำสูงสุดไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับอื่นๆ ที่มีการฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมทางใบแต่อย่างใด ไม่ว่าจะเป็นปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (T4-T5) ที่ได้ผลผลิตน้ำหนักลำสดในพิสัย 12.44-17.74 ตัน/ไร่ หรือโพแทสเซียมไทโอซัลเฟตตำรับการทดลองที่เหลือน (T7-T8) ที่ได้ผลผลิตน้ำหนักลำสดอยู่ในพิสัย 12.59-15.93 ตัน/ไร่ (Figure 2) แต่เมื่อพิจารณาแนวโน้มการให้ผลผลิตจากการฉีดพ่นในอัตราที่สูงขึ้นพบว่า การฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่อัตรา 5 กก. K_2O /ไร่ (T5) ให้ผลใกล้เคียงกับการฉีดพ่นที่อัตรา 7.5 กก. K_2O /ไร่ (T6) แต่ในกรณีของปุ๋ยโพแทสเซียมไทโอซัลเฟต ผลผลิตมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอัตราของปุ๋ยโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้น และให้ผลผลิตสูงสุดในอัตราที่ใช้สูงสุดดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น แสดงให้เห็นว่า ปริมาณกำมะถันที่เพิ่มขึ้นตามอัตราปุ๋ยโพแทสเซียมน่าจะมีผลช่วยส่งเสริมให้ผลผลิตน้ำ

หนักลำอ้อยเพิ่มสูงขึ้นด้วย ทั้งๆ ที่กำมะถันในรูปที่ประโยชน์ในดินที่ทำการทดลองโดยเฉพาะในดินบนที่ระดับความลึก 0-31 ซม. มีอยู่ในระดับสูงก็ตาม (Table 2) แสดงให้เห็นว่า อ้อยปลูกไม่สามารถดูดใช้กำมะถันขึ้นไปมากพอที่จะมีผลชัดเจนต่อการให้ผลผลิตของอ้อย ทั้งนี้เนื่องจากกำมะถันมีผลเชิงบวกต่อผลผลิตและความหวานของอ้อย (Abdelrahman et al., 2014) ซึ่งอาการขาดกำมะถันในพืชจะมีความคล้ายคลึงกับอาการขาดไนโตรเจน อาการของพืชที่ขาดกำมะถันที่จะปรากฏคือ พืชจะหยุดการเจริญเติบโต ใบเหลือง แต่ถ้าพืชที่ขาดกำมะถันในระดับที่ไม่รุนแรง พืชจะไม่แสดงอาการออกมาให้เห็น แต่จะมีผลกระทบกับผลผลิตและคุณภาพของพืช (Ceccotti, 1996) สำหรับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมทางดินที่ไม่ช่วยส่งเสริมให้อ้อยมีผลผลิตเพิ่มขึ้นแต่อย่างใด น่าจะเป็นสาเหตุมาจาก ดินในพื้นที่ทดลองมีปริมาณแคดไอออนอยู่สูง ซึ่งธาตุเหล่านี้จะไปลดความเป็นประโยชน์ของโพแทสเซียมในดิน (Havlin et al., 2005) ในระยะที่อ้อยต้องการใช้โพแทสเซียมเพื่อการเจริญเติบโต ส่วนการที่อ้อยมีการตอบสนองต่อการฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมไทโอซัลเฟตทางใบเป็นอย่างดี เนื่องจากโพแทสเซียมและกำมะถันเป็นธาตุอาหารที่ส่งเสริม

การทำงานซึ่งกันและกันให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น กำมะถันเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการสังเคราะห์โปรตีน และเอนไซม์ที่พืชใช้ในการทำกิจกรรมที่สำคัญ เช่น การสังเคราะห์แสงจะมีโปรตีนอยู่ในคลอโรพลาสต์ คลอโรฟิลล์ภายในออร์แกเนลล์นี้จะเกาะอยู่ในโปรตีน จึงทำให้พืชสามารถสังเคราะห์แสงสร้างอาหารได้ดีขึ้น (ยงยุทธ, 2552) ส่วนโพแทสเซียมจะเป็นตัวกระตุ้น

เอนไซม์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง สังเคราะห์โปรตีน การสร้างแป้ง และทำการเคลื่อนย้ายโปรตีน และน้ำตาลไปสู่ลำต้นอ้อย และช่วยรักษาน้ำตาลในลำอ้อยไม่ให้เคลื่อนย้ายออกไปสู่ส่วนต่าง ๆ ในอ้อยระยะ maturity ทำให้อ้อยมีความสูง น้ำหนัก และผลผลิตเพิ่มมากขึ้น (Ng Kee Kwong, 2001)



T1-T3 = topdressing with KCl at respective rates of 2.5, 5.0 and 7.5 kg K_2O /rai; T4-T6 = foliar application with KCl at respective rates of 2.5, 5.0 and 7.5 kg K_2O /rai; T7-T9 = foliar application with $K_2S_2O_3$ at respective rates of 2.5, 5.0 and 7.5 kg K_2O /rai.

Figure 2 Effect of rate, type and method of potassium application on cane yield

จำนวนลำอ้อย การฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์อัตรา 5 กก. K_2O /ไร่ (T5) ทำให้ได้จำนวนลำอ้อยสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 13,511 ลำ/ไร่ ซึ่งสูงกว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์อัตรา 2.5 และ 7.5 กก. K_2O /ไร่ (T1 และ T3) แต่ไม่ต่างกับตำรับอื่น ๆ โดยเฉพาะตำรับที่มีการฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมทั้งสองชนิดทางใบ (Figure 1) แสดงว่ากำมะถันที่ได้จากปุ๋ยโพแทสเซียมไทโอซัลเฟตไม่มีผลต่อการเพิ่มจำนวนลำอ้อย เนื่องจากกำมะถันมีผลน้อยมากในเรื่องของความหนาแน่นของกอหรือจำนวนต้นอ้อยต่อไร่ (Abdelrahman et al., 2014)

จำนวนปล้องต่อลำ การฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมไทโอซัลเฟตที่อัตรา 5 กก. K_2O /ไร่ (T8) ทำให้อ้อยมีจำนวนปล้องต่อลำมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 28.2 ปล้อง/ลำ ซึ่งสูงกว่าตำรับที่มีการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ทางดินที่อัตรา 2.5 และ 5.0

กก. K_2O /ไร่ (T1 และ T2) ที่มีค่าเท่ากับ 22 และ 23 ปล้อง/ลำ และตำรับที่มีการฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์อัตรา 5 กก. K_2O /ไร่ (T5) ซึ่งได้จำนวนปล้องเท่ากับ 24.1 ปล้อง/ลำ ส่วนในตำรับที่เหลือไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับตำรับที่ให้ค่าสูงสุด เนื่องจากช่วงระยะอย่างปล้องอ้อยต้องการไนโตรเจนและฟอสฟอรัสสูงมาก อ้อยจะใช้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในการแบ่งเซลล์ และขยายขนาดเซลล์อันเป็นขั้นตอนการพัฒนาเนื้อเยื่อและอวัยวะใหม่ โดยกำมะถันจะเป็นตัวที่ส่งเสริมให้ไนโตรเจนและฟอสฟอรัสทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เมื่อเทียบกับการใช้ปุ๋ยที่มีไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นองค์ประกอบเพียงอย่างเดียว (Vitti et al., 2005) ดังนั้น การฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมไทโอซัลเฟต จึงมีแนวโน้มทำให้อ้อยมีจำนวนปล้องมากกว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำอ้อย ผลการทดลองพบว่า การใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ทางดินที่อัตรา 5 กก. $K_2O/ไร่$ (T2) ทำให้อ้อยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางลำอ้อยเล็กที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 2.7 ซม. ส่วนในการทดลองที่เหลือมีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในพิสัย 3.1-3.4 ซม. (Table 3)

ความยาวลำอ้อย ปริมาณโพแทสเซียมที่เพิ่มขึ้นโดยเฉพาะในกรณีของการให้ทางใบส่งผลทำให้อ้อยมีความยาวลำเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าสูงสุดได้จากการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมที่อัตรา 7.5 กก. $K_2O/ไร่$ ทั้งในกรณีของปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ (T6) และปุ๋ยโพแทสเซียมไทโอซัลเฟต (T9) ซึ่งมีค่า

เท่ากับ 274.4 และ 281.2 ซม. ลำดับ ส่วนการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ทางดินทั้ง 3 อัตรา (T1-T3) ทำให้อ้อยมีลำสั้นกว่าอยู่ในพิสัย 212.4-233.6 ซม. (Table 3) ทั้งนี้เนื่องจากโพแทสเซียมมีผลต่อน้ำหนักและความสูงของอ้อยโดยตรง (Ng Kee Kwong, 2001)

เปอร์เซ็นต์ไฟเบอร์ ค่าบrix และค่าซีซีเอส

พบว่า เปอร์เซ็นต์ไฟเบอร์มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างทำการทดลอง แต่ไม่พบความสัมพันธ์กับชนิดปุ๋ย และอัตราที่ใช้แต่อย่างใด โดยค่าทั้งหมดอยู่ในพิสัย 9.72-11.70 เปอร์เซ็นต์สำหรับค่าบrixก็มีความแตกต่างกัน (16.15-18.95%) เช่นเดียวกับในกรณีของค่าซีซีเอส (9.20-12.05%)

Table 3 Effect of rate, type and method of potassium application on sugarcane plant components

Treatments	cane number (No./rai)	Internode (No./cane)	Cane diameter (cm)	Cane length (cm)	%Fibre	%Brix	%CCS
1	7,644 ^b	22.0 ^c	3.1 ^{ab}	212.4 ^d	9.72 ^b	16.15	9.20
2	9,422 ^{ab}	23.0 ^{bc}	2.7 ^b	233.6 ^{bcd}	10.89 ^{ab}	17.35	9.82
3	7,467 ^b	23.6 ^{abc}	3.2 ^a	225.6 ^{cd}	11.01 ^{ab}	17.51	9.51
4	9,067 ^{ab}	24.9 ^{abc}	3.4 ^a	247.0 ^{abcd}	10.20 ^{ab}	17.86	10.84
5	13,511 ^a	24.1 ^{bc}	3.1 ^{ab}	266.3 ^{ab}	11.27 ^{ab}	18.95	12.05
6	10,844 ^{ab}	27.4 ^{ab}	3.3 ^a	274.4 ^a	10.56 ^{ab}	18.07	10.02
7	9,244 ^{ab}	26.3 ^{abc}	3.4 ^a	255.1 ^{abc}	11.70 ^a	17.36	10.06
8	9,600 ^{ab}	28.2 ^a	3.2 ^a	258.1 ^{abc}	10.11 ^{ab}	17.90	9.94
9	12,267 ^{ab}	27.9 ^{ab}	3.3 ^a	281.2 ^a	10.39 ^{ab}	18.92	10.90
F-test	*	*	*	*	*	ns	ns
CV (%)	29.8	11.4	7.6	9.2	9.3	9.4	18.1

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

T1-T3 = topdressing with KCl at respective rates of 2.5, 5.0 and 7.5 kg K_2O/rai ; T4-T6 = foliar application with KCl at respective rates of 2.5, 5.0 and 7.5 kg K_2O/rai ; T7-T9 = foliar application with K_2SO_4 at respective rates of 2.5, 5.0 and 7.5 kg K_2O/rai .

CCS = Commercial Cane Sugar

ปริมาณการดูดใช้ธาตุอาหารพืช

การดูดใช้ธาตุอาหารพืชในส่วนยอดของอ้อย

การดูดใช้ธาตุอาหารหลัก การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมที่แตกต่างกันส่งผลทำให้อ้อยมีการดูดใช้ในโตรเจน และโพแทสเซียมในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ขณะที่ฟอสฟอรัสมีการดูดใช้ขึ้นไปสะสมในส่วนยอดของอ้อยเพียงเล็กน้อย การฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ทางใบอัตรา 5.0 กก. $K_2O/ไร่$ (T5) และการฉีดพ่น

โพแทสเซียมไทโอซัลเฟตทางใบอัตรา 7.5 กก. $K_2O/ไร่$ (T9) ส่งผลให้มีการดูดใช้ธาตุทั้งสามสูงสุดใกล้เคียงกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4)

การดูดใช้ธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหาร

การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมที่แตกต่างกันส่งผลทำให้อ้อยมีการดูดใช้กำมะถัน แคลเซียม และแมกนีเซียมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีการดูดใช้แคลเซียมสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มธาตุอาหารรอง การฉีดพ่นโพแทสเซียมไทโอซัลเฟตทางใบอัตรา

7.5 กก. K_2O /ไร่ (T9) ซึ่งเป็นตำรับการทดลองที่ทำให้ผลผลิตลำอ้อยสดสูงสุด ทำให้อ้อยปลูกมีการดูดใช้ปุ๋ยเพิ่มขึ้นไปสะสมยังส่วนยอดของอ้อยสูงสุดเท่ากับ 7.48 กก./ไร่ (Table 4) ซึ่งสูงกว่าตำรับการทดลองอื่นๆ อย่างเห็นได้ชัด แสดงให้เห็นว่าปุ๋ยในปุ๋ยนี้จะมามีบทบาทต่อการช่วยเพิ่มผลผลิตน้ำหนักลำอ้อย สำหรับแคลเซียม และแมกนีเซียม อ้อย

ปลูกมีการดูดใช้ขึ้นไปสะสมในส่วนยอดเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการดูดใช้ธาตุอาหารหลัก ส่วนการดูดใช้จุลธาตุอาหารก็ให้ผลคล้ายคลึงกันเมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำรับการทดลอง โดยอ้อยปลูกมีการดูดใช้เหล็กสูงสุด รองลงมา ได้แก่ แมงกานีส และสังกะสี ขณะที่ปริมาณการดูดใช้ทองแดงมีค่าต่ำสุด

Table 4 Effect of rate, type and method of potassium application on plant nutrient uptake in leaf and tip

Treatments	N	P	K	S	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn
	(------kg/rai-----)					(------g/rai-----)				
1	14.98 ^c	1.19 ^c	16.45 ^{bc}	2.75 ^{bc}	3.62 ^b	1.66 ^b	198 ^{bc}	24.5 ^{bcd}	2.9 ^{bc}	31. ^b
2	8.69 ^c	0.77 ^c	8.25 ^c	1.10 ^c	2.52 ^b	0.83 ^b	162 ^{bc}	10.7 ^d	1.5 ^c	30.1 ^b
3	12.08 ^c	0.92 ^c	10.84 ^c	1.27 ^c	3.20 ^b	1.14 ^b	146 ^{bc}	8.1 ^d	1.8 ^c	24.4 ^b
4	11.60 ^c	0.85 ^c	10.96 ^c	1.43 ^c	3.51 ^b	1.52 ^b	136 ^c	12.3 ^d	2.3 ^{bc}	25.9 ^b
5	36.51 ^a	3.44 ^a	33.80 ^a	4.48 ^b	9.56 ^a	3.41 ^a	492 ^a	39.8 ^{ab}	6.5 ^a	77.7 ^a
6	24.96 ^b	2.12 ^b	22.91 ^b	2.92 ^{bc}	5.68 ^b	2.30 ^{ab}	320 ^b	29.5 ^{bc}	4.2 ^b	47.5 ^b
7	14.12 ^c	1.11 ^c	16.95 ^{bc}	2.05 ^{bc}	5.15 ^b	2.14 ^{ab}	208 ^{bc}	23.4 ^{bcd}	1.7 ^c	31.4 ^b
8	15.42 ^c	1.68 ^{bc}	16.11 ^{bc}	1.71 ^c	3.68 ^b	1.56 ^b	208 ^{bc}	16.6 ^{cd}	2.5 ^{bc}	28.7 ^b
9	33.62 ^{ab}	3.24 ^a	34.38 ^a	7.48 ^a	9.56 ^a	3.34 ^a	534 ^a	51.6 ^a	3.7 ^{bc}	77.5 ^a
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
%CV	27.7	27.6	24.3	47.9	36.9	39.9	33.8	36.6	39.1	40.0

** significantly different at 0.01 probability level; means with different superscript letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at $p \leq 0.01$.

T1-T3 = topdressing with KCl at respective rates of 2.5, 5.0 and 7.5 kg K_2O /rai; T4-T6 = foliar application with KCl at respective rates of 2.5, 5.0 and 7.5 kg K_2O /rai; T7-T9 = foliar application with K_2SO_4 at respective rates of 2.5, 5.0 and 7.5 kg K_2O /rai.

การดูดใช้ธาตุอาหารพืชในส่วนลำของอ้อย

การดูดใช้ธาตุอาหารหลัก การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมที่แตกต่างกันส่งผลทำให้อ้อยมีการดูดใช้โพแทสเซียมขึ้นไปสะสมในส่วนลำของอ้อยสูงสุด การดูดใช้ในโตรเจนมีปริมาณต่ำกว่าเล็กน้อย ขณะที่ฟอสฟอรัสมีการดูดใช้ขึ้นไปสะสมในปริมาณที่ต่ำกว่ามาก การฉีดพ่นโพแทสเซียมคลอไรด์ทางใบอัตรา 7.5 กก. K_2O /ไร่ (T5) และการฉีดพ่นโพแทสเซียมไทโอซัลเฟตทางใบอัตราเดียวกัน (T6 และ T9) ส่งผลให้อ้อยปลูกมีการดูดใช้โพแทสเซียมสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 61.19 และ 56.51 กก./ไร่ ขณะที่ การดูดใช้ในโตรเจน และฟอสฟอรัสขึ้นไปสะสมยังส่วนลำของอ้อยปลูกก็ให้ผลไปในทิศทางเดียวกันกับการดูดใช้โพแทสเซียม (Table 5)

การดูดใช้ธาตุอาหารรองและจุลธาตุอาหาร

การให้ปุ๋ยโพแทสเซียมที่แตกต่างกันส่งผลทำให้อ้อยมีการดูดใช้ปุ๋ยกำมะถัน แคลเซียม และแมกนีเซียมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีการดูดใช้กำมะถันสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบในกลุ่มธาตุอาหารรอง ขณะที่แคลเซียมและแมกนีเซียมมีปริมาณค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยการฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมทั้งสองชนิดทางใบมีแนวโน้มทำให้อ้อยปลูกมีการดูดใช้ธาตุอาหารรองสูงกว่าการให้โพแทสเซียมทางดินค่อนข้างชัดเจน (Table 5) สำหรับการดูดใช้จุลธาตุอาหารก็ให้ผลคล้ายคลึงกันเมื่อเปรียบเทียบระหว่างตำรับการทดลอง โดยอ้อยปลูกมีการดูดใช้เหล็กขึ้นไปสะสมยังส่วนลำของอ้อยปลูกสูงสุด รองลงมา ได้แก่ แมงกานีส สังกะสี และแมงกานีสตามลำดับ

Table 5 Effect of rate, type and method of potassium application on plant nutrient in cane

Treatments	N	P	K	S	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn
	(-----kg/rai-----)					(-----g/rai-----)				
1	16.94 ^d	2.19 ^b	20.38 ^b	7.85 ^{de}	4.37 ^{bc}	4.66 ^d	309 ^b	10.9 ^d	4.0 ^{bc}	29.2 ^b
2	22.26 ^{cd}	1.02 ^c	27.67 ^b	11.04 ^{cd}	4.18 ^{bc}	6.29 ^{cd}	348 ^b	27.7 ^b	5.3 ^{bc}	30.5 ^b
3	28.29 ^{bcd}	0.92 ^c	21.13 ^b	4.15 ^e	3.25 ^c	4.47 ^d	665 ^a	12.8 ^{cd}	7.2 ^{bc}	64.2 ^a
4	30.28 ^{bcd}	1.79 ^b	35.64 ^{ab}	13.98 ^{abc}	6.61 ^{ab}	8.35 ^c	541 ^{ab}	8.0 ^d	12.3 ^{ab}	78.1 ^a
5	34.32 ^{bc}	2.05 ^b	39.2 ^{ab}	17.78 ^a	6.14 ^{ab}	7.34 ^c	697 ^a	79.3 ^a	5.6 ^{bc}	60.8 ^a
6	45.22 ^{ab}	2.28 ^{ab}	61.19 ^a	16.33 ^a	9.89 ^a	17.70 ^a	680 ^a	21.9 ^{bc}	17.8 ^a	64.1 ^a
7	29.43 ^{bcd}	1.66 ^b	23.67 ^b	12.13 ^{bc}	5.22 ^b	6.61 ^{cd}	462 ^{ab}	22.4 ^{bc}	2.8 ^c	60.6 ^a
8	28.94 ^{bcd}	2.25 ^{ab}	29.09 ^b	11.47 ^{bcd}	5.10 ^b	6.91 ^{cd}	702 ^a	25.2 ^b	5.9 ^{bc}	76.5 ^a
9	50.64 ^a	2.82 ^a	56.51 ^a	15.47 ^{ab}	8.64 ^a	11.81 ^b	432 ^{ab}	22.7 ^{bc}	9.7 ^{abc}	71.6 ^a
F-test	**	**	*	**	**	**	*	**	*	**
%CV	28.0	17.6	41.8	18.1	31.1	15.9	27.5	23.3	59.4	22.4

*, ** significantly different at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively; means with different superscript letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$ and 0.01.

T1-T3 = topdressing with KCl at respective rates of 2.5, 5.0 and 7.5 kg K₂O/rai; T4-T6 = foliar application with KCl at respective rates of 2.5, 5.0 and 7.5 kg K₂O/rai; T7-T9 = foliar application with K₂SO₄ at respective rates of 2.5, 5.0 and 7.5 kg K₂O/rai.

สรุป

อ้อยพันธุ์ K95-84 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนที่มีความอุดมสมบูรณ์ระดับปานกลาง และมีปริมาณโพแทสเซียม และกำมะถันที่เป็นประโยชน์ในดินบนอยู่ในระดับสูง อ้อยปลูกยังคงตอบสนองด้านน้ำหนักลำสด และชีวมวลส่วนเหนือดินเชิงบวกต่อการฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมไทโอซัลเฟตทางใบ โดยการฉีดที่อัตรา 7.5 กก. K₂O/ไร่ ทำให้โดยให้ผลดีกว่าการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ให้ทางใบเช่นกันในอัตราของ K₂O ที่เท่ากัน สำหรับการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ทางดิน อ้อยมีการตอบสนองไม่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับ การฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมทั้งสองชนิดทางใบ การฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมทั้งสองชนิดทางใบยังส่งผลให้อ้อยมีการดูดใช้ธาตุอาหารหลัก ธาตุอาหารรอง และจุลธาตุอาหารขึ้นไปสะสมในส่วนเหนือดินสูงกว่าการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมทางดิน โดยเฉพาะการฉีดพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมไทโอซัลเฟตทางใบอัตรา 7.5 กก. K₂O/ไร่ทำให้อ้อยปลูกมีการดูดใช้กำมะถันในส่วนยอดของอ้อยสูงสุดอย่างชัดเจนซึ่งสอดคล้องกับผลผลิตผลิณน้ำหนักลำอ้อยสดที่มีค่าสูงสุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ บริษัท Aditya Birla Chemicals (THAILAND) ที่เอื้อเฟื้อโพแทสเซียมไทโอซัลเฟต (NUTRATO: K₂S₂O₃) และบริษัท ไทยเซ็นทรัลเคมี จำกัด (มหาชน) ที่เอื้อเฟื้อแม่ปุ๋ยเคมีสำหรับการดำเนินงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมพัฒนาที่ดิน. 2548. รายงานการจัดการทรัพยากรดินเพื่อการปลูกพืชเศรษฐกิจหลักตามกลุ่มชุดดิน: เล่มที่ 2 ดินบนพื้นที่ดอน. กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- ยงยุทธ ใสธสภ. 2552. ธาตุอาหารพืช. พิมพ์ครั้งที่ 33. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาล. 2560. รายงานการผลิตอ้อยและน้ำตาลทราย ประจำปีการผลิต 2557/2558. <http://product.ocsb.go.th/Default>. ค้นเมื่อ 12 ธันวาคม 2560.

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตร
ของประเทศไทยปี 2558. <https://bit.ly/2IY5zLC>
ค้นเมื่อ 12 ธันวาคม 2560.
- Abdelrahman, M., A. Hamid, and Y.M. Dagash.
2014. Effect of sulfur on sugarcane yield
and quality at the heavy clay soil "Vertisols"
of Sudan. *Univ. J. Applied Sci.* 2: 68-71.
- Bardsley, C.E. and J.D. Lancaster. 1965.
Sulphur, pp. 1102-1116. In: C.A. Black, ed.
Methods of Soil Analysis, Part 2: Chemical
and Microbiological Properties. Amer. Soc.
Agron., WI, USA.
- Ceccotti, S. 1996. Plant nutrient sulphur-a review
of nutrient balance, environmental impact
and fertilizers, pp. 185-193. In: C. Rodriguez,
ed. Fertilizers and Environment. Springer,
the Netherland.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L.
Nelson. 2005. Soil Fertility and Fertilizers:
An Introduction to Nutrient Management. 7th
ed. Prentice-Hall Inc., NJ.
- Jackson, M.L. 1965. Soil Chemical Analysis-
Advanced Course. Department of Soils,
University of Wisconsin, WI, USA.
- Jeschke, M. and K. Diedrick. 2010. Sulfur fertility
for crop production. *Crop Insights* 20: 1-12.
- Johnson, C.M. and A. Ulrich. 1959. Analytical
methods for use in plant analysis. *Calif. Agri.
Exp. Stat. Bull.* 767: 25-78.
- Murphy, J. and I.P. Riley. 1962. A modified single
solution method for the determination of
phosphate in natural waters. *Anal. Chim.
Acta* 27: 6-31.
- Ng Kee Kwong, K.F. 2002. The effects of
potassium on growth, development, yield
and quality of sugarcane, pp. 430-444. In:
N.S. Pasricha and S.K. Bansal, eds.
Potassium for Sustainable Crop Production.
Proceedings of the International Symposium
on the Role of Potassium in Nutrient
Management for Sustainable Crop
Production in India. Potash Research
Institute of India (PRII) and International
Potash Institute (IPI), Horgen, Switzerland.
- Marschner, H. 1995. Mineral Nutrition of Higher
Plants. Academic Press, NY.
- SAS Institute. 2003. SAS/STAT Guide for Personal
Computers. Version 9.1.3 ed. SAS Institute
Inc., Cary, NC, USA.
- Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1987. Principles
and procedures of statistics. McGraw-Hill
Book Co., Int., New York, NY, USA.
- Vitti, A.C., P.C.O Trivelin, G.J.C. Gava, and C.P.
Penatti. 2005. Produtividade da cana-de-
açúcar relacionada à localização de
adubos nitrogenados sobre a palha. *Stab
Açúcar, Alcool e Subprodutos.* 23: 30-35.
- Wood, A.W. and B.L. Schroeder. 2004. Potassium:
A Critical Role in Sugarcane Production,
Particularly in Drought Conditions. *Proc.
Aust. Soc. Sugar Cane Technol.* Vol. 26,
Australia.