Prawarun Agr. J. Volume 17(1) 2020, 11 - 20
Received: October 24, 2019; Accepted: March 18, 2020

บทความวิจัย

อิทธิพลของการให้สังกะสีซัลเฟตต่อการเจริญเติบโต และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อยของอ้อยที่ปลูกภายใต้สภาพดินทราย

รัชนีกร หาญสุด[1,2] และ วรรณวิภา แก้วประดิษฐ์[1,2*]

[1] คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002
[2] ศูนย์วิจัยอ้อยและน้ำตาลภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40002

บทคัดย่อ

การขาดธาตุสังกะสีเป็นหนึ่งปัญหาที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อย โดยเฉพาะดินทรายซึ่งเป็นดินที่พบการขาดธาตุสังกะสี การให้ปุ๋ยสังกะสีในระบบการปลูกอ้อยในพื้นที่ดินทรายจึงเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการแก้ไขปัญหาการขาดธาตุสังกะสีรวมทั้งช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของอ้อยได้ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการให้สังกะสีต่อการเจริญเติบโต และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อยของอ้อยที่ปลูกในพื้นที่ดินทรายเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) จำนวน 5 กรรมวิธี 3 ซ้ำ: 1) ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและไม่ใส่ปุ๋ยสังกะสี (ควบคุม) 2) ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว 3) ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 4 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ 4) ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 8 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ และ 5) ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 10 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ ผลการศึกษาการให้ปุ๋ยสังกะสีในรูปสังกะสีซัลเฟตในระบบการปลูกอ้อยของพื้นที่ดินทราย พบว่า ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ค่าความเขียวเข้มของใบ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อย ไม่มีความแตกต่างในแต่ละกรรมวิธี ($P<0.05$) อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 4 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ ส่งผลให้อ้อยมีการแตกกอสูงที่สุด (7.78 หน่อ/กอ) และแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม และกรรมวิธีใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว

คำสำคัญ: สังกะสี ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อย และ ดินทราย

*ผู้เขียนให้ติดต่อ: E-mail: wanwka@gmail.com

Prawarun Agr. J. Volume 17(1) 2020, 11 - 20

The Influence of Zinc Sulphate ($ZnSO_4$) Application on Growth and Total Soluble Solid in Juice of Sugarcane Grown Under Sandy Soil

Ratchaneekon Hansud[1,2] and Wanwipa Kaewpradit[1,2*]

[1]Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand 40002
[2]Northeast Thailand Cane and Sugar Research Center, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand

Abstract

Zinc deficiency is one problem that affects growth of sugarcane especially under sandy soil condition, which zinc possibly lose from soil profile. Therefore, zinc application to sugarcane cropping systems under sandy soil may promising approach to ameliorate sugarcane growth and total soluble solid in juice. The objectives of this research was to study the effect of zinc application on growth and total soluble solid in juice of sugarcane grown under sandy soil condition. The experiment consisted of five treatments i.e. 1) Control (non chemical fertilizer), 2) Chemical fertilizer at recommended rate (CF), 3) Chemical fertilizer at recommended rate combined with 4 kgZn/ha (CF+4 kgZn/ha), 4) Chemical fertilizer at recommended rate combined with 8 kgZn/ha (CF+8 kgZn/ha) and 5) Chemical fertilizer at recommended rate combined with 10 kgZn/ha (CF+10 kgZn/ha) with 3 replications using Randomized Complete Block Design (RCBD) . Our results indicated that plant height, stalk diameter, SPAD reading and total soluble solid in juice were not significantly different between treatments ($P<0.05$). However, CF+4 kgZn/ha treatment provided significantly tillering higher (7.78 tiller/hill) than control and CF treatments.

Keywords: Zinc, Total soluble solid in juice and Sandy soil

*Corresponding author: E-mail: wanwka@gmail.com

บทนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญพืชหนึ่งของประเทศไทย การส่งออกน้ำตาลนำรายได้เข้าสู่ประเทศประมาณ 70,000 ล้านบาท/ปี (FAO, 2018) ในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวอ้อย 11.47 ล้านไร่ ผลผลิตเฉลี่ย 10.41 ตัน/ไร่ ซึ่งลดลงจากปี พ.ศ. 2561 1.37 ตัน/ไร่ จะเห็นว่าผลผลิตอ้อยมีแนวโน้มลดลง ประกอบกับราคาอ้อยในปัจจุบันมีแนวโน้มลดลงเช่นกัน ซึ่งราคาอ้อยที่เกษตรกรขายได้ลดลงจากปี พ.ศ. 2561 ถึง 23.46% ส่งผลให้รายได้ของเกษตรกรชาวไร่อ้อยลดลงตามไปด้วย การที่จะทำให้เกษตรกรชาวไร่อ้อยมีรายได้เพิ่มขึ้นการเพิ่มผลผลิตต่อไร่จึงเป็นอีกหนึ่งแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งผลิตอ้อยที่สำคัญของประเทศมีพื้นที่เก็บเกี่ยวมากที่สุดคิดเป็น 43.70% ของพื้นที่เก็บเกี่ยวอ้อยทั้งประเทศ (Office of Agricultural Economics, 2019) แต่พื้นที่ส่วนใหญ่ของภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดินทรายซึ่งคิดเป็น 72.53% ของพื้นที่ดินทรายทั้งหมดในประเทศ (Land Development Department, 2019) จึงทำให้การปลูกอ้อยของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีผลผลิตต่อไร่ต่ำกว่าการปลูกอ้อยในพื้นที่อื่นๆ เพราะดินทรายเป็นดินที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ ไม่อุ้มน้ำหรือธาตุอาหาร และเกิดการสูญเสียธาตุอาหารไปจากดินได้ง่ายกว่าดินชนิดอื่น ส่งผลต่อความสามารถในการกักเก็บธาตุอาหารในดินทำให้เกิดการขาดธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของอ้อย เนื่องจากอ้อยเป็นพืชที่ต้องการธาตุอาหารต่างๆ สำหรับการเจริญเติบโต และการสะสมน้ำตาล เช่น ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) และโพแทสเซียม (K) ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลัก อ้อยต้องการในปริมาณที่มากเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและสร้างผลผลิต โดยส่วนใหญ่ธาตุอาหารดังกล่าวอ้อยได้รับอย่างเพียงพอจากการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร (Paisancharoen, 2013) นอกจากธาตุอาหารหลักแล้วธาตุอาหารจำพวกจุลธาตุก็มีความสำคัญสำหรับการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของอ้อย เช่น เหล็ก (Fe) แมงกานีส (Mn) สังกะสี (Zn) โบรอน (B) ทองแดง (Cu) และโมลิบดีนัม (Mo) โดยดินทรายเป็นดินที่มักมีการขาดจุลธาตุบางตัวที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของอ้อยเช่นเดียวกับธาตุอาหารหลัก คือ สังกะสี (Zn) ซึ่งเป็นจุลธาตุที่พืชขาดมากที่สุด (Filho *et al*., 2015) โดยจากงานวิจัยของ Gupta (2005) ที่ศึกษาปริมาณของจุลธาตุในดินของประเทศอินเดีย พบว่าสังกะสีคือจุลธาตุที่ขาดมากที่สุดในประเทศอินเดียและสังกะสียังเป็นจุลธาตุที่มีความสำคัญกับพืช เนื่องจากสังกะสีเป็นองค์ประกอบของเอนไซม์หลายชนิดเช่น เอนไซม์ carbonic anhydrases เกี่ยวข้องกับกระบวนการขนส่งคาร์บอนไดออกไซด์ในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช C4 รวมทั้งกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ aldolase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสร้างน้ำตาลซูโครส (sucrose) เพราะเมื่ออ้อยเกิดกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงจะได้ glyceraldehyde-3-phosphate ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการสร้างแป้งและน้ำตาลซูโครส (Ponprasert, 2007) โดยเอนไซม์ aldolase จะเป็นตัวเข้ามาเร่งปฏิกิริยาการเปลี่ยน glyceraldehyde-3-phosphate ให้เป็น Fructose-1,6-bisphosphste เพื่อเข้าสู่กระบวนการสร้างน้ำตาลซูโครสในไซโตซอลต่อไป (Taiz and Zeiger, 2003) นอกจากสังกะสีจะมีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ aldolase สังกะสีและธาตุอาหารพวกจุลธาตุยังทำหน้าที่ในการขนส่งน้ำตาลผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ไปใช้ในการเจริญเติบโตและสะสมในลำต้น (Mazhar, 2016) อีกทั้งสังกะสียังมีบทบาทสำคัญในการสร้างฮอร์โมนออกซิน หรือ IAA (Alloway, 2004) และมีบทบาทสำคัญในระบบเอนไซม์ที่ควบคุมกิจกรรมเมตาบอลิซึมควบคุมระบบออกซิเดชั่น–รีดักชั่น (Singh *et al*., 2002) รวมทั้งมีส่วนร่วมในการสร้างคลอโรฟิลล์ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ใช้ในการสังเคราะห์แสง (Chittamart *et al*., 2016) โดยจากการศึกษาของ Jain *et al*. (2010) พบว่าเมื่ออ้อยได้รับปริมาณสังกะสีเพิ่มขึ้นปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบอ้อยก็จะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย จากที่กล่าวมาข้างต้นจึง

ทำให้อ้อยที่ขาดธาตุสังกะสีมีข้อปล้องสั้น ลำเล็ก (Mazhar, 2016) หากขาดธาตุสังกะสีอย่างรุนแรงใบจะแห้งตาย แตกกอ และไว้ตอได้ลดลง (Kaewpradit, 2013) จึงทำให้การปลูกอ้อยในพื้นที่ดินทรายมีศักยภาพในการเจริญเติบโต และการให้ผลผลิตต่ำกว่าการปลูกอ้อยในดินชนิดอื่น ดังนั้น การให้สังกะสีแก่ระบบการผลิตอ้อยในเขตพื้นที่ดินทรายของภาคตะวันออกเฉียงเหนืออาจเป็นอีกหนึ่งแนวทางที่จะทำให้อ้อยมีการเจริญเติบโตและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อยเพิ่มขึ้น และเป็นแนวทางในการจัดการธาตุอาหารของเกษตรกรเพื่อการผลิตอ้อยอย่างยั่งยืนในอนาคต

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาอิทธิพลของการให้สังกะสีต่อการเจริญเติบโต และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อยของอ้อยที่ปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือภายใต้สภาพดินทราย ดำเนินการทดลอง ณ หมวดพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561 – เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2562 วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design จำนวน 3 ซ้ำ 5 กรรมวิธี ได้แก่ กรรมวิธีที่ 1 ไม่ใส่ปุ๋ยเคมีและไม่ใส่ปุ๋ยสังกะสี (ควบคุม) กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 4 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 8 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ และกรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 10 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ แปลงย่อยมีขนาด 13.5 x 6 เมตร ระยะปลูก 150 x 50 เซนติเมตร ซึ่งการปลูกจะทำการเปิดร่องเพื่อวางท่อนพันธุ์และใส่ปุ๋ยก่อนปลูก วางท่อนพันธุ์แบบข้อตา การใส่ปุ๋ยสังกะสีดำเนินการตอนปลูกพร้อมกับการใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กิโลกรัมต่อไร่ โดยปุ๋ยเคมีแบ่งใส่ 2 ครั้ง คือ ครั้งที่ 1 ใส่พร้อมปลูก ครั้งที่ 2 ใส่เมื่ออ้อยอายุ 5 เดือน ปุ๋ยสังกะสีที่ใช้ในการทดลองอยู่ในรูปสังกะสีซัลเฟต ($ZnSO_4$)

การเก็บข้อมูล

1. ข้อมูลดินก่อนการทดลอง

การเก็บข้อมูลดิน ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างดินก่อนการทดลองที่ 2 ระดับความลึก คือ ระดับความลึก 0-15 และ 15-30 เซนติเมตร เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีของดิน ได้แก่ ลักษณะเนื้อดิน ค่าความเป็นกรด–ด่างของดิน ค่าการนำไฟฟ้าของดิน ปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนแคทไอออนของดิน ปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ไนโตรเจนทั้งหมดในดิน ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดิน ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดิน โพแทสเซียม และแคลเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ในดิน (Table 1) ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าดินมีลักษณะเป็นดินทราย (sand 91.86 %, silt 7.52 %, clay 0.62 %) และปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์ในดินต่ำ (<0.6 mg kg^{-1})

2. ข้อมูลการเจริญเติบโตของอ้อย

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตทำการเก็บเมื่ออ้อยอายุ 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ได้แก่ จำนวนต้นต่อกอ ความสูงต้น เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น และค่าความเขียวเข้มของใบ โดยการวัดใช้เครื่อง SPAD chlorophyll meter การวัดทำการสุ่มวัด 3 จุดต่อใบคือ บริเวณโคนใบ กลางใบ และปลายใบ ซึ่งการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตจะทำการสุ่มเก็บข้อมูลจากต้นหลักของแต่ละกอจำนวน 6 กอต่อแปลงย่อย

3. ข้อมูลปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อย

การเก็บข้อมูลปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อย โดยทำการเก็บค่าบริกซ์ของอ้อยที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก สุ่มเก็บจำนวน 4 ต้นต่อแปลงย่อย ตรวจวัด 3 จุดต่อต้น โดยเจาะน้ำหวานจากลำต้นอ้อยบริเวณส่วนยอด กลางต้น และโคนต้น โดยใช้ hand refractometer

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนำมาวิเคราะห์ผลการทดลองตามแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design และทดสอบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Least Significant Difference (LSD)

Table 1 Chemical and physical properties of initial soil.

Soil depth (cm)	pH (H_2O)	EC (ds m^{-1})	CEC (cmol kg^{-1})	OM (%)	Total N (%)	Available		Exchangeable	
						P	Zn	K	Ca
						(mg kg^{-1})		(mg kg^{-1})	
0-15	6.48	0.025	2.57	0.45	0.004	30.34	0.57	32.60	261.56
15-30	6.42	0.038	2.52	0.47	0.010	31.16	0.58	39.78	271.52

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. การเจริญเติบโตของอ้อย

การศึกษาการแตกกอของอ้อยที่อายุ 4 และ 6 เดือนหลังปลูก พบว่าทุกกรรมวิธีส่งผลให้การแตกกอของอ้อยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก พบว่าการแตกกอมีความแตกต่างกันทางสถิติโดยการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 10 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ ส่งผลให้อ้อยมีการแตกกอสูงที่สุด ที่อายุ 10 เดือนหลังปลูก พบว่าการแตกกอมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 8 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ อ้อยมีการแตกกอสูงที่สุด และที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก พบว่าการแตกกอมีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 4 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ อ้อยมีการแตกกอมากกว่าการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี และการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียวแต่ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 8 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ และการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 10 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ (Table 2) จากผลการทดลองมีข้อสังเกตว่าอ้อยมีการแตกกอสูงสุดที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก แต่เมื่ออ้อยมีการเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นที่อายุ 10 และ 12 เดือนหลังปลูก พบว่าการแตกกอของอ้อยมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากเมื่ออ้อยมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้เกิดการบังแสงส่งผลให้ปริมาณแสงแดดที่ส่องผ่านเข้าไปในกออ้อยลดลง จึงทำให้หน่ออ้อยที่เกิดขึ้นใหม่ไม่ได้รับแสงอย่างเหมาะสม ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงลดลงหรืออาจเป็นผลมาจากการสะสมของโรค และแมลง จึงทำให้หน่ออ้อยที่เกิดขึ้นใหม่ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Thongjoo *et al*. (2017) และ Klinhom *et al*. (2018) ที่พบว่าเมื่ออ้อยมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงเพิ่มขึ้นจะทำให้จำนวนลำใน 1 แถวเมตรของอ้อยลดลง

การศึกษาการจัดการธาตุอาหารที่แตกต่างกันต่อความสูงของอ้อยพบว่า ทุกกรรมวิธีทำให้อ้อยมีความสูงในแต่ละระยะการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 3) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ Filho *et al*. (2015) ที่ทำการศึกษาในดินทรายที่ขาดธาตุสังกะสี โดยอัตราสังกะสีสูงสุดที่ใช้ในการศึกษาคือ 10 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ เช่นเดียวกับกรณีศึกษาที่ทำการศึกษาในดินทรายที่ขาดสังกะสี และอัตราสังกะสีที่ใช้สูงสุดคืออัตราเดียวกันซึ่งผลการศึกษาพบว่า การเพิ่มสังกะสีในระบบการปลูกอ้อยไม่ได้ส่งผลต่อความสูงของอ้อย เนื่องจากดินทรายมีความสามารถในการดูดยึดธาตุอาหารต่ำเมื่อมีการเพิ่มสังกะสีลงไปในดิน สังกะสีจะถูกชะล้างหรือสูญเสียไปจากดินได้ง่ายทำให้ปริมาณสังกะสีที่เป็น

ประโยชน์กับอ้อยมีน้อยลงหรือมีปริมาณไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ของอ้อยจึงทำให้ไม่เห็นความแตกต่างของความสูงระหว่างกรรมวิธีการทดลอง และจากผลการทดลองมีข้อสังเกตว่าเมื่ออ้อยมีอายุการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นความสูงก็มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเจริญเติบโต เนื่องจากเมื่ออายุเพิ่มขึ้นรากอ้อยจะมีปริมาณ และความยาวที่เพิ่มขึ้น (Smith *et al*., 2005) สามารถดูดน้ำ ธาตุอาหาร เพื่อไปใช้ในการเจริญเติบโตได้มากขึ้น นอกจากนี้ใบจะมีการเจริญเติบโตเต็มที่พัฒนาจากใบที่เป็นแหล่งรับอาหาร (sink) เป็นใบที่เป็นแหล่งสร้างอาหาร (source) สามารถสังเคราะห์แสงสร้างอาหารได้ อ้อยจึงมีปริมาณอาหารสำหรับใช้ในการเจริญเติบโตมากขึ้นส่งผลให้อ้อยมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงเพิ่มขึ้น (Taiz and Zeiger, 2003)

การศึกษาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของอ้อยพบว่า ทุกกรรมวิธีการทดลองทำให้อ้อยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นในแต่ละระยะการเจริญเติบโตที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 4) ซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Filho *et al*. (2015) ที่พบว่าอัตราปุ๋ยสังกะสีที่เพิ่มขึ้นไม่ได้ส่งผลต่อการเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของอ้อย ผลการศึกษาเช่นเดียวกับความสูงที่แสดงให้เห็นว่าการศึกษาในดินทรายที่มีความสามารถในการดูดยึดธาตุอาหารต่ำปริมาณสังกะสีที่ใส่ลงไปในดินจะถูกชะล้างหรือสูญเสียไปจากดิน สังกะสีที่เพิ่มลงไปจึงไม่เป็นประโยชน์กับอ้อย และอ้อยไม่สามารถดูดใช้ธาตุสังกะสีได้ทำให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นของอ้อยไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกรรมวิธีการทดลอง

การศึกษาค่าความเขียวเข้มของใบพบว่า อ้อยที่อายุ 4, 6, 10 และ 12 เดือนหลังปลูก ทุกกรรมวิธีการทดลองมีค่าความเขียวเข้มของใบที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ แต่ที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก ค่าความเขียวเข้มของใบมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยกรรมวิธีที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 4 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ และการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 8 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ เป็นกรรมวิธีที่ทำให้อ้อยมีค่าความเขียวเข้มของใบสูง (Table 5) จากผลการทดลองมีข้อสังเกตว่าอ้อยจะมีค่าความเขียวเข้มใบสูงสุดเมื่ออายุ 6 เดือนหลังปลูก และค่าความเขียวเข้มใบจะลดลงเมื่ออ้อยมีอายุการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Klinhom *et al*. (2018) ที่พบว่าค่าความเขียวเข้มใบสูงสุดเมื่ออ้อยอายุ 6 เดือนหลังปลูก และค่าความเขียวเข้มใบจะลดลงเรื่อยๆ เมื่ออ้อยมีอายุมากกว่า 6 เดือนหลังปลูก ในทุกกรรมวิธีการทดลองและอัตราสังกะสีที่ใช้ในการศึกษา โดยค่าความเขียวเข้มใบที่มีแนวโน้มลดลงเนื่องจากเมื่ออ้อยมีอายุที่เพิ่มขึ้น และมีการดูดธาตุอาหารไปใช้ในการเจริญเติบโตเรื่อยๆ ทำให้ปริมาณไนโตรเจนและสังกะสีในดินลดลงส่งผลให้ค่าความเขียวเข้มใบลดลง เพราะไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์ และสังกะสีเป็นจุลธาตุที่มีส่วนร่วมในการสร้างคลอโรฟิลล์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mawan and Kaewpradit (2018) ที่ศึกษาระดับของปุ๋ยเคมีไนโตรเจนต่อผลผลิต ประสิทธิภาพการใช้ไนโตรเจน เอนไซม์ยูรีเอส และความอุดมสมบูรณ์ของดินหลังการเก็บเกี่ยวอ้อยในสภาพดินทราย พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบอ้อยมีแนวโน้มลดลงเมื่ออ้อยมีอายุที่เพิ่มขึ้นในทุกกรรมวิธีการทดลอง

Table 2 Tillering of sugarcane at different stages

Treatments	Tillering (tiller number/hill)				
	4 MAP	6 MAP	8 MAP	10 MAP	12 MAP
Control	6.50	6.83	7.06 b	5.59 c	6.00 b
Chemical fertilizer at recommended rate (CF)	7.00	6.39	8.17 b	6.72 b	5.72 b
CF+4 kgZn/ha	6.94	7.74	8.61 b	7.30 b	7.78 a
CF+8 kgZn/ha	6.28	7.45	8.72 b	8.41 a	6.83 ab
CF+10 kgZn/ha	6.28	6.89	10.61 a	7.39 b	6.61 ab
F-test	**ns**	**ns**	*****	******	*****
CV (%)	**11.99**	**8.99**	**10.46**	**6.85**	**10.68**

ns: not significantly different at P ≤ 0.05, MAP: months after planting, *,** : significantly different at P ≤ 0.05 and 0.01

Table 3 Height of sugarcane at different stages

Treatments	Height (cm.)				
	4 MAP	6 MAP	8 MAP	10 MAP	12 MAP
Control	101.13	151.59	183.87	218.69	227.02
Chemical fertilizer at recommended rate (CF)	86.28	132.98	177.09	211.94	221.58
CF+4 kgZn/ha	94.84	142.57	180.46	205.39	218.63
CF+8 kgZn/ha	100.50	148.07	184.57	217.46	224.04
CF+10 kgZn/ha	89.15	134.63	167.56	206.63	207.91
F-test	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**
CV (%)	**10.41**	**7.62**	**5.64**	**4.55**	**5.13**

ns: not significantly different at P ≤ 0.05, MAP: months after planting

Table 4 Stalk diameter of sugarcane at different stages.

Treatments	Stalk diameter (mm)				
	4 MAP	6 MAP	8 MAP	10 MAP	12 MAP
Control	29.20	33.13	31.83	30.26	29.48
Chemical fertilizer at recommended rate (CF)	29.41	30.90	28.87	28.44	27.77
CF+4 kgZn/ha	28.91	31.56	30.26	29.58	28.37
CF+8 kgZn/ha	31.77	32.71	29.96	29.99	27.77
CF+10 kgZn/ha	29.69	31.55	30.43	29.34	27.71
F-test	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**	**ns**
CV (%)	**5.63**	**3.94**	**5.06**	**5.14**	**4.36**

ns: not significantly different at P ≤ 0.05, MAP: months after planting

Table 5 SPAD reading of sugarcane at different stages.

Treatments	SPAD				
	4 MAP	6 MAP	8 MAP	10 MAP	12 MAP
Control	37.7	41.4	36.6 b	32.4	23.1
Chemical fertilizer at recommended rate (CF)	38.2	40.5	40.2 a	30.6	22.0
CF+4 kgZn/ha	37.2	39.6	39.4 a	31.8	21.9
CF+8 kgZn/ha	36.3	40.0	40.3 a	31.8	19.4
CF+10 kgZn/ha	33.3	40.5	37.1 b	32.0	19.2
F-test	**ns**	**ns**	******	**ns**	**ns**
CV (%)	**6.49**	**3.98**	**2.58**	**2.16**	**8.75**

ns: not significantly different at P ≤ 0.05, MAP: months after planting, **: significantly different at P ≤ 0.01

2. ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อย

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อย (องศาบริกซ์) ของอ้อยในทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (Table 6) กล่าวคือการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีในทุกอัตราไม่ได้ทำให้อ้อยมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อยแตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี ถึงแม้ว่าสังกะสีจะมีบทบาทในการสร้างน้ำตาลซูโครส แต่จากการศึกษากลับพบว่าอัตราปุ๋ยสังกะสีที่เพิ่มขึ้นไม่ได้ส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อย ซึ่งผลการทดลองแตกต่างจากผลงานวิจัยของ Franco *et al*. (2011) ที่พบว่าการเพิ่มสังกะสีในระบบการปลูกอ้อยทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อย (องศาบริกซ์) แตกต่างกับการไม่ใส่ปุ๋ยสังกะสี เนื่องจากการทดลองทำการศึกษาในดินที่ขาดสังกะสีแต่มีปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนแคทไอออนของดินสูง และมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในดินน้อย การเพิ่มสังกะสีลงไปในระบบการปลูกอ้อยสังกะสีจะถูกดูดยึดไม่ถูกชะล้างหรือสูญเสียไปจากดินได้ง่ายทำให้ปริมาณสังกะสีที่เป็นประโยชน์กับอ้อยมีมากขึ้นส่งผลให้อ้อยในกรรมวิธีที่ได้รับปุ๋ยสังกะสีสามารถดูดสังกะสีไปใช้ในการเจริญเติบโตได้จึงทำให้เห็นความแตกต่างของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อย (องศาบริกซ์) ระหว่างกรรมวิธีการทดลองถึงจะใช้อัตราสังกะสีสูงสุดเพียง 6 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ แต่กลับแตกต่างจากกรณีศึกษาที่ไม่เห็นความแตกต่างระหว่างกรรมวิธีการทดลองที่ใช้อัตราสังกะสีสูงสุดถึง 10 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ เพราะกรณีศึกษาครั้งนี้ทำการศึกษาในดินทรายที่ขาดสังกะสีมีปริมาณอินทรียวัตถุในดิน ปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนแคทไอออนของดินต่ำ และมีปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงกว่าดินที่ใช้ในการศึกษาของ Franco *et al*. (2011) จากข้อมูลคุณสมบัติของดินที่กล่าวมาข้างต้นทำให้สังกะสีที่เพิ่มลงไปในดินไม่ถูกดูดยึด สูญเสียไปจากดินและปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์สูงในดินจะไปดูดยึดกับธาตุสังกะสีทำให้สังกะสีอยู่ในรูปที่ไม่เป็นประโยชน์ตกตะกอน และสะสมในดินความเป็นประโยชน์ของสังกะสีจึงลดลง ส่งผลให้ปริมาณสังกะสีไม่เพียงพอต่อความต้องการ และอ้อยไม่สามารถดูดใช้ธาตุสังกะสีได้ทำให้ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อยไม่มีความแตกต่างกันระหว่างกรรมวิธีการทดลอง ดังนั้นการศึกษาอิทธิพลของสังกะสีต่ออ้อยที่ปลูกในดินทรายควรจะมีการเพิ่มอัตราสังกะสีให้สูงกว่ากรณีศึกษาเพื่อจะได้เห็นความแตกต่างของปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อย รวมทั้งทราบถึงอัตราสังกะสีที่ทำให้อ้อยมีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อยเพิ่มขึ้น และเหมาะสมแก่ระบบการปลูกอ้อยในดินทราย

Table 6 Total soluble solid (°brix) of sugarcane at harvest

Treatments	Total soluble solid (°brix)
Control	23.50
Chemical fertilizer at recommended rate (CF)	24.07
CF+4 kgZn/ha	22.43
CF+8 kgZn/ha	23.00
CF+10 kgZn/ha	23.37
F-test	**ns**
CV (%)	**2.85**

ns: not significantly different

สรุปผลการวิจัย

1. การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีในทุกอัตรา การทดลองไม่ได้ทำให้อ้อยมี ความสูง เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ค่าความเขียวเข้มของใบ และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำอ้อย แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และการไม่ใส่ปุ๋ยเคมีในระบบการปลูกอ้อย

2. การใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 4 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ อ้อยมีการแตกกอมากกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว และการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี แต่ไม่แตกต่างจากการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 8 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์ และการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับปุ๋ยสังกะสีอัตรา 10 กิโลกรัมสังกะสีต่อเฮกตาร์

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัย ประเภทอุดหนุนทั่วไป ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2561 ที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัย และห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ธาตุอาหารพืช

References

Alloway, B.J. 2004. Zinc in soils and crop nutrition. Second edition, published by IZA and IFA Brussels, Belgium and Paris, France.

Chittamart, N., Inkam, J., Ketrot, D. and Darunsontaya, T. 2016. Geochemical fractionation and adsorption characteristics of zinc in Thai major calcareous soils. Commun soil sci plan. 47(20): 2348-2363.

FAO. 2018. Sugarcane [online]. [Accessed October 15, 2018]. Available from: URL: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.

Filho, M.C.M.T., Buzetti, S., de Paula Garcia, C.M., Benett, C.G.S., Benett, K.S.S., Andreotti, M. and Galindo, F.S. 2015. Rates and sources of zinc applied in sugarcane grown on sandy soil in Brazil. Afr. J. Agric. Res. 10(6): 477-484.

Franco, H.C., Mariano, E., Vitti, A.C., Faroni, C.E., Otto, R. and Trivelin, P.C. 2011. Sugarcane response to boron and zinc in Southeastern Brazil. J. Amer. Soc. Sugar Cane Tech. 13(1): 86-95.

Gupta, A.P. 2005. Micronutrient status and fertilizer use scenario in India. J. Trace Elem. Med. Bio. 18(4): 325-331.

Jain, R., Srivastava, S., Solomon, S., Shrivastava, A.K. and Chandra, A. 2010. Impact of excess zinc on growth parameters, cell division, nutrient accumulation, photosynthetic pigments and oxidative stress of sugarcane (*Saccharum* spp.). Acta. Physiol. Plant. 32(5): 979-986.

Kaewpradit, W. 2013. Training manuals knowledge construction and sugarcane development Project:

Part V Balancing plant nutrients for growth and resistance sugarcane white leaf disease. 1st Edition. Company Khon Kaen Printing. Khon Kaen. (in Thai)

Klinhom, N., Thongjoo, C., Pornprom, T. and Inboonchuay, T. 2018. Effect of Major Elements Fertilizer Management in Combination with Zinc on Growth and Yield Components of Sugarcane. Khon Kaen Agri. J. 46(4): 709-720. (in Thai)

Land Development Department. 2019. Soil management information [online]. [Accessed March 15, 2019]. Available from: URL: http://www.ldd.go.th/Web_Soil/sandy.

Mawan, N. and Kaewpradit, W. 2018. Effect of Nitrogen Fertilizer Level on Yield, Nitrogen Efficiency, Urease Activity and Soil Fertility after Sugarcane Harvesting under Sandy Soil Condition. Prawarun Agr J. 15(1): 74-84. (in Thai)

Mazhar, S. 2016. Impact of zinc and boron application on growth, cane yield and recovery in sugarcane. Life Sci. Inter J. 10(1): 30-37.

Office of Agricultural Economics. 2019. Agricultural statistics of Thailand [online]. [Accessed July 2, 2019]. Available from: URL: http://www.oae.go.th.

Paisancharoen, K. 2013. Integrated Technology for Increasing Sugarcane Productivity as Approaching Asean Economic Community. Department of Agriculture. Bangkok. (in Thai)

Ponprasert, P. 2007. Plant Physiology. 1st Edition. O.S. Printing House. Bangkok. (in Thai)

Singh, A., Gupta, A.K., Srivastava, R.N., Lal, K. and Singh, S.B. 2002. Response of zinc and manganese to sugarcane. Sugar Tech. 4(1-2): 74-76.

Smith, D.M., Inman-Bamber, N.G. and Thorburn, P.J. 2005. Growth and function of the sugarcane root system. Field Crops Research. 92(2-3): 169-183.

Taiz, L. and Zeiger, E. 2003. Plant Physiology. 3rd Edition. Annals of Botany Company, U.S.A.

Thongjoo, C., Katpiyarat, P., Amkha, S. and Inboonchuay, T. 2017. Effects of Organic Mixed Material from by-Product of Monosodium Glutamate (ami-ami) Factory and Fly Ash on Growth, Yield of Sugarcane and Soil Properties. J. Sci. Tech. 6: 21-32. (in Thai)