ผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับโบรอนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย

Effect of Fertilizer Management in Combination with Boron on Growth and Yield of Sugarcane

ภิญญาพัชญ์ มิ่งมิตร,[1] ชัยสิทธิ์ ทองจู,[1]จุฑามาศ ร่มแก้ว,[2] สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์[3] และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย[1]*

Pinyapach Mingmit,[1] Chaisit Thongjoo,[1*]Jutamas Roomkaew,[2] Sarawut Rungmekara[3] and Tawatchai Inboonchuay[1]

ABSTRACT

This study investigated the effects of fertilizer management in combination with boron on growth and yield of sugarcane *var.* LK 92-11. Experimental design was randomized complete block (RCBD) using 9 treatments. The study revealed that the application of 110% of chemical fertilizer based on soil chemical analysis in combination with 156 g/rai of B gave the highest plant height, number of stalks for one-meter row, leaf greenness (SPAD reading), fresh yields, weight/stalk, CCS, sugar yields and concentrations of N, P, K in stalks. This was not different from the application of 110% of chemical fertilizer with 104 g/rai of B. Furthermore, the application of 110% of chemical fertilizer with 156 g/rai of B gave the highest concentration of B in the stalks which was not different from the application of chemical fertilizer based on soil chemical analysis in combination with 156 g/rai of B.

Keywords: fertilizer, boron, sugarcane

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับโบรอนต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยพันธุ์ LK 92-11 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อค (RCBD) จำนวน 3 ซ้ำ ผลการทดลอง พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ มีผลให้ความสูงของต้น จำนวนลำใน 1 แถวเมตร ค่าความเขียวของใบอ้อย ผลผลิตอ้อยสด น้ำหนักต่อลำ ค่า CCS

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

Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom 73140, Thailand.

[2]ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อ.กำแพงแสน จ.นครปฐม 73140

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Nakorn Pathom 73140, Thailand.

[3]ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900.

Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bang Khen Campus, Bangkok 10900, Thailand.

[*]Corresponding author: E-mail address: agrcht@ku.ac.th, thongjuu@yahoo.com

ผลผลิตน้ำตาล ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในท่อนลำของอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 104 กรัม/ไร่ นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ยังมีผลให้ความเข้มข้นของธาตุโบรอนที่สะสมในท่อนลำของอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่

คำสำคัญ: ปุ๋ย โบรอน อ้อย

คำนำ

อ้อยเป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่มีสำคัญและเป็นวัตถุดิบหลักของอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาล โดยสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2558) รายงานว่าประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกอ้อยประมาณ 9.96 ล้านไร่ ได้ผลผลิตอ้อยสดประมาณ 109.86 ล้านตัน คิดเป็นผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 11.03 ตัน/ไร่ ซึ่งความต้องการอ้อยภายในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ประกอบกับสถานการณ์การผลิตอ้อยของประเทศที่ค่อนข้างจำกัดทั้งด้านพื้นที่เพาะปลูกและผลผลิต โดยสาเหตุหลักมาจากสภาพลมฟ้าอากาศและความอุดมสมบูรณ์ของดินที่มีความแปรปรวน รวมทั้งปัญหาการระบาดของโรคและแมลงศัตรูอ้อย เป็นต้น ดังนั้น แนวทางที่เหมาะสมในการเพิ่มผลผลิตของอ้อย คือ การเพิ่มผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ให้สูงขึ้น ซึ่งอาจกระทำได้หลายวิธี เช่น การปรับปรุงและการคัดเลือกพันธุ์ให้เหมาะสมกับแหล่งปลูก การเลือกฤดูกาลปลูกและการศึกษาอัตราปุ๋ยที่เหมาะสม เป็นต้น ปุ๋ยเคมีเป็นปัจจัยการผลิตที่มีความสำคัญต่อการยกระดับผลผลิตของพืชผลทางการเกษตร (ยงยุทธ และคณะ, 2551) ในแต่ละปีประเทศไทยมีการนำเข้าปุ๋ยเคมีในปริมาณที่สูงขึ้น เพื่อใช้ในภาคการเกษตรสำหรับเพิ่มผลผลิตของพืช โดยในปี พ.ศ. 2559 มีการนำเข้าปุ๋ยเคมีปริมาณมากถึง 4.88 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 49,301 ล้านบาท (ยุคเลศร์, 2559) ด้วยมูลค่าของปุ๋ยเคมีที่มีราคาแพง จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเพิ่มต้นทุนการผลิต ดังนั้น การใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพ โดยพิจารณาจากปริมาณธาตุอาหารในปุ๋ยที่สอดคล้องกับราคาปุ๋ย แล้วปรับใช้ให้เหมาะสมกับค่าวิเคราะห์ดิน จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะเสริมสร้างความเข้มแข็งของระบบการผลิตของเกษตรกรไทยให้สามารถแข่งขันในระบบการค้าเสรีได้ การใช้ปุ๋ยเคมีอย่างมีประสิทธิภาพไม่ได้ขึ้นอยู่กับการประเมินปริมาณธาตุอาหารพืชในดินจากค่าวิเคราะห์ดินเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ อีกมากมาย เช่น ลักษณะของดินที่แตกต่างกันในแต่ละชุดดิน ความอุดมสมบูรณ์ของดินที่แตกต่างกันตามการจัดการดินหรือการใส่ปุ๋ยของเกษตรกร สภาพภูมิอากาศ หรือปริมาณและการกระจายตัวของฝนที่ไม่สม่ำเสมอในแต่ละปี เป็นต้น (ระวิวรรณ และคณะ, 2552; ศิริสุดา และคณะ, 2552) โบรอน เป็นธาตุอาหารเสริมแม้ว่าพืชต้องการใช้ธาตุนี้ในปริมาณเพียงเล็กน้อย แต่ก็มีความสำคัญต่อการดำรงชีพของพืช หากขาดแคลนพืชก็ไม่อาจเจริญเติบโตและให้ผลผลิตตามปกติได้ (Plaster,1992; Miller and Donahue, 1995) โบรอนมีส่วนสำคัญในการออกดอกและการผสมเกสร มีบทบาทในการติดผล และการเคลื่อนย้ายน้ำตาลมาสู่ผล การเคลื่อนย้ายฮอร์โมน รวมทั้งการใช้ประโยชน์จากไนโตรเจน และการแบ่งเซลล์ หากพืชขาดโบรอนจะส่งผลให้ตายอดตายและเริ่มมีตาข้าง ลำต้นไม่ค่อยยืดตัว กิ่งและใบชิดกัน ใบเล็กหนา โค้งและเปราะ (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2541) จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการใช้โบรอนเพื่อการผลิตพืชไร่เศรษฐกิจในประเทศไทยมีค่อนข้างน้อย จึงเกิดแนวความคิดว่าควรมีการศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับโบรอนต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยในสภาพแปลง ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูล

ที่สำคัญ และเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับเกษตรกรในการเลือกใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับธาตุอาหารเสริมสำหรับการผลิตอ้อยในอนาคตต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับโบรอนต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยพันธุ์ LK 92-11 ณ แปลงทดลองของภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ซึ่งเป็นชุดดินกำแพงแสน (Kamphaeng Saen soil series, Ks; Typic Haplustalfs; fine-silty, mixed, semiactive, isohyperthermic) (Soil Survey Staff, 2003) ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559-เดือนมกราคม พ.ศ. 2560 โดยเก็บตัวอย่างดินก่อนปลูกจากแปลงทดลองที่ระดับความลึก 0-30 ซม. เพื่อวิเคราะห์สมบัติบางประการของดิน ได้แก่ ค่า pH (1:1) ค่าสภาพการนำไฟฟ้าของดินในสภาพอิ่มตัวด้วยน้ำ (EC_e) ปริมาณอินทรียวัตถุ ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ ปริมาณโบรอนที่สกัดได้โดยสกัดดินด้วยสารละลาย 0.01 M $CaCl_2$ แล้วนำไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร ตามวิธีของ Azomethine-H (Shanina *et al.*,1967;Gupta, 1993) และเนื้อดิน สำหรับสมบัติบางประการของดินก่อนการทดลองได้แสดงไว้ใน Table 1 งานทดลองนี้ประกอบด้วย 27 แปลงย่อย แต่ละแปลงย่อยมีขนาดกว้าง 7.5 เมตร ยาว 6.0 เมตร จำนวน 5 แถว ระยะห่างระหว่างแถว 1.5 เมตร เก็บข้อมูลการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยเฉพาะ 3 แถวกลาง เว้นหัวและท้ายแถวประมาณ 1 เมตร โดยมีพื้นที่เก็บเกี่ยวในแต่ละแปลงย่อยเท่ากับ 4.5 x 4.0 ตารางเมตร วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block จำนวน 3 ซ้ำ 9 ตำรับทดลอง ดังนี้

ตำรับทดลอง	คำบรรยาย	สัญลักษณ์	ปริมาณธาตุอาหารหลัก (กก. N-P_2O_5-K_2O ต่อไร่)
T_1	ไม่ใส่ปุ๋ยเคมี	control	0-0-0
T_2	ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน	$IF_{DOA_100\%}$	12-3-6
T_3	ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 52 กรัม/ไร่	$IF_{DOA_100\%}+B_{52}$	12-3-6
T_4	ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 104 กรัม/ไร่	$IF_{DOA_100\%}+B_{104}$	12-3-6
T_5	ใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่	$IF_{DOA_100\%}+B_{156}$	12-3-6
T_6	ใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดิน	$IF_{DOA_110\%}$	13.2-3.3-6.6
T_7	ใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 52 กรัม/ไร่	$IF_{DOA_110\%}+B_{52}$	13.2-3.3-6.6
T_8	ใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 104 กรัม/ไร่	$IF_{DOA_110\%}+B_{104}$	13.2-3.3-6.6
T_9	ใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่	$IF_{DOA_110\%}+B_{156}$	13.2-3.3-6.6

การใส่ปุ๋ยเคมี ได้แก่ ปุ๋ยแอมโมเนียมซัลเฟต (21 %N) ทริปเปิลซูเปอร์ฟอสเฟต (42 %P_2O_5) และโพแทสเซียมคลอไรด์ (60 %K_2O) แบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งอัตราในแต่ละตำรับทดลอง ที่อายุ 2 และ 4 เดือนหลังปลูก โดยตำรับทดลองที่ 2-5 ใส่อัตรา 12, 3 และ 6 กก.N,

P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ (กรมวิชาการเกษตร, 2548) ส่วนตำรับทดลองที่ 6-9 ใส่อัตรา 13.2, 3.3 และ 6.6 กก.N, P_2O_5 และ K_2O ต่อไร่ ตามลำดับ (เพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ของค่าวิเคราะห์ดิน) สำหรับการใส่ปุ๋ยโบรอน (B_2O_3) ซึ่งมีลักษณะเป็นเม็ดสีขาว pH = 9.3 ความชื้น 0.53 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณโบรอนทั้งหมด 14.50 เปอร์เซ็นต์ แบ่งใส่ 2 ครั้งๆ ละครึ่งอัตราในแต่ละตำรับทดลอง (ผสมคลุกเคล้าและใส่ร่วมไปกับปุ๋ยเคมี) ที่อายุ 2 และ 4 เดือนหลังปลูก โดยใส่อัตรา 52, 104 และ 156 กรัม/ไร่ ในตำรับทดลองที่ 3 กับ 7 ตำรับทดลองที่ 4 กับ 8 และตำรับทดลองที่ 5 กับ 9 ตามลำดับ

การเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของอ้อยที่อายุ 3, 6, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนลำใน 1 แถวเมตร และค่าความเขียวของใบ (SPAD reading) (วัดตำแหน่งใบที่ 3-5 จากปลายยอด ทำการวัด 6 ครั้งต่อใบ) ซึ่งวัดโดยใช้เครื่อง chlorophyll meter (Minolta Co., Ltd., JAPAN: SPAD-502 model) ส่วนการเก็บข้อมูลผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก ได้แก่ ผลผลิตต่อไร่ จำนวนลำต่อไร่ ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ น้ำหนักต่อลำ จำนวนปล้องต่อลำ ค่า CCS และผลผลิตน้ำตาล นอกจากนี้ วิเคราะห์ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในท่อนลำ ได้แก่ ความเข้มข้นธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมตามที่ได้อธิบายไว้โดยทัศนีย์ และจงรักษ์ (2542) และปริมาณโบรอนที่สกัดได้ โดยการย่อยสลายตัวอย่างพืชตามวิธี Azomethine-H จากนั้น นำไปวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร ตามที่ได้อธิบายไว้โดยทัศนีย์ และจงรักษ์ (2542)

Table 1 Chemical and physical properties of initial soil.

Properties	Results	Rating
pH (1:1)	6.82	neutral
EC_e (dS/m)	2.20	non-saline
Organic matter (%)[1/]	1.68	moderately
Available P (mg/kg)[2/]	108.88	very high
Exchangeable K (mg/kg)[3/]	104.49	high
Exchangeable Ca (mg/kg)[3/]	2,365	high
Exchangeable Mg (mg/kg)[3/]	173.02	high
Exchangeable Na (mg/kg)	33.69	-
Extractable B (mg/kg)[4/]	1.12	moderately
Texture[5/]	sandy clay loam	-

Note [1/] = Walkley and Black method (Walkley and Black, 1934) [2/] = Bray II method (Bray and Kurtz, 1945)
[3/] = Extracted with NH_4OAc pH 7.0 (Pratt, 1965) [4/] = Azomethine-H method (Shanina *et al*., 1967; Gupta, 1993)
[5/] = Pipette method (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2558)

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับโบรอนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยพันธุ์ LK 92-11 ปรากฏผลดังนี้

1. การเจริญเติบโตของอ้อย

การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับโบรอนอัตราต่างๆ มีผลให้ความสูงของต้นอ้อยที่อายุ 3, 6, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก แตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 2) กล่าวคือ ที่อายุ 3 เดือนหลังปลูก พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{156}$) มีผลให้ความสูงของต้นอ้อยมากที่สุด (50.13 ซม.) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 104 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{104}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 52 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{52}$) ที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{156}$) มีผลให้ความสูงของต้นอ้อยมากที่สุด (164.11 ซม.) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 104 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{104}$) การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 52 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{52}$) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_100\%}+B_{156}$) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 104 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_100\%}+B_{104}$) การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{DOA_110\%}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 52 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_100\%}+B_{52}$) ที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก พบว่า ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับโบรอนอัตราต่างๆ มีผลให้ความสูงของต้นอ้อยไม่แตกต่างกันทางสถิติ (230.03-254.90 ซม.) ส่วนที่อายุ 9 เดือนหลังปลูก พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{156}$) มีผลให้ความสูงของต้นอ้อยมากที่สุด (281.87 ซม.) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 104 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{104}$)

การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับโบรอนอัตราต่างๆ มีผลให้จำนวนลำใน 1 แถวเมตรของอ้อยที่อายุ 3, 6, 8 และ 9 เดือนหลังปลูกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 3) กล่าวคือ ที่อายุ 3 เดือนหลังปลูก พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{156}$) มีผลให้จำนวนลำใน 1 แถวเมตรของอ้อยมากที่สุด (12.66 ลำ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 104 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{104}$) ที่อายุ 6 และ 9 เดือนหลังปลูก พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{156}$) มีผลให้จำนวนลำใน 1 แถวเมตรของอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 104 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{104}$) การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 52 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{52}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_100\%}+B_{156}$) ส่วนที่อายุ 8 เดือนหลังปลูก พบว่า การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{156}$) มีผลให้จำนวนลำใน 1 แถวเมตรของอ้อยมากที่สุด (13.12 ลำ) รองลงมา คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 104 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{104}$) ซึ่งไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 52 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{52}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_100\%}+B_{156}$) อย่างไรก็ตาม มีข้อสังเกตว่าจำนวนลำใน 1 แถวเมตรของอ้อยที่อายุ 8 และ 9 เดือนหลังปลูก มีแนวโน้มลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่ออ้อยมีการเจริญเติบโตในด้านความสูงเพิ่มขึ้น จึงมีผลให้เกิดการบังแสงทำให้แสงแดดที่ส่องผ่านเข้าไปในกออ้อยมีปริมาณลดลง ดังนั้น เมื่อหน่ออ้อยที่เกิดขึ้นใหม่ไม่ได้รับแสงอย่างเหมาะสม ก็ส่งผลให้ประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงลดลง หรืออาจเป็นผลจากการแก่งแย่งธาตุอาหาร การสะสมของ

โรคและแมลงจึงทำให้หน่อใหม่ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ ซึ่งผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของชัยสิทธิ์และปาจรีย์ (2552) จุฑามาศ และคณะ (2553) นรีรัตน์ และคณะ (2553) เยาวลักษณ์ และคณะ (2554) ปิยพงศ์ และคณะ (2555) วิษณุ และคณะ (2556) ปิยวรรณ และคณะ (2557) พชรกร และคณะ (2558) และชัยสิทธิ์ และคณะ (2560)

Table 2 Heights of sugarcane at different stages.

Treatments	Heights (cm)			
	3 MAP[1/]	6 MAP[1/]	8 MAP[1/]	9 MAP[1/]
T_1 = control	34.77^{d} [2/]	127.90^{c} [2/]	174.33^{b} [2/]	194.77^{d} [2/]
T_2 = $IF_{DOA_100\%}$	38.50^{c}	144.73^{b}	230.03^{a}	246.93^{c}
T_3 = $IF_{DOA_100\%}$+B_{52}	39.43^{c}	155.77^{ab}	240.87^{a}	248.13^{c}
T_4 = $IF_{DOA_100\%}$+B_{104}	41.00^{c}	158.87^{a}	244.43^{a}	264.93^{b}
T_5 = $IF_{DOA_100\%}$+B_{156}	46.10^{b}	159.90^{a}	248.77^{a}	266.20^{b}
T_6 = $IF_{DOA_110\%}$	40.67^{c}	157.97^{a}	242.53^{a}	248.37^{c}
T_7 = $IF_{DOA_110\%}$+B_{52}	48.10^{ab}	161.33^{a}	249.93^{a}	266.57^{b}
T_8 = $IF_{DOA_110\%}$+B_{104}	48.67^{ab}	162.40^{a}	251.57^{a}	274.57^{ab}
T_9 = $IF_{DOA_110\%}$+B_{156}	50.13^{a}	164.11^{a}	254.90^{a}	281.87^{a}
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	14.32	13.16	12.74	13.01

[1/] MAP = months after planting

[2/] mean within the same column followed by the same letter indicates no statistical difference by DMRT.

** indicated significant difference at P< 0.01

Table 3 Numbers of stalk for one-meter row of sugarcane at different stages.

Treatments	Number of stalks for one-meter row			
	3 MAP[1/]	6 MAP[1/]	8 MAP[1/]	9 MAP[1/]
T_1 = control	9.55^{f} [2/]	10.41^{f} [2/]	10.12^{g} [2/]	10.01^{f} [2/]
T_2 = $IF_{DOA_100\%}$	10.84^{e}	11.23^{e}	11.10^{f}	10.92^{e}
T_3 = $IF_{DOA_100\%}$+B_{52}	11.34^{d}	11.86^{d}	11.69^{e}	11.52^{d}
T_4 = $IF_{DOA_100\%}$+B_{104}	11.75^{c}	12.46^{bc}	12.36^{c}	12.30^{bc}
T_5 = $IF_{DOA_100\%}$+B_{156}	12.18^{b}	12.81^{ab}	12.69^{b}	12.54^{abc}
T_6 = $IF_{DOA_110\%}$	11.62^{c}	12.21^{cd}	12.11^{d}	12.00^{cd}
T_7 = $IF_{DOA_110\%}$+B_{52}	12.35^{b}	13.11^{a}	12.75^{b}	12.63^{ab}
T_8 = $IF_{DOA_110\%}$+B_{104}	12.54^{a}	13.21^{a}	12.88^{b}	12.74^{ab}
T_9 = $IF_{DOA_110\%}$+B_{156}	12.66^{a}	13.34^{a}	13.12^{a}	12.95^{a}
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	12.95	12.58	12.06	12.61

[1/] MAP = months after planting

[2/] mean within the same column followed by the same letter indicates no statistical difference by DMRT.

** indicated significant difference at P< 0.01

การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับโบรอนอัตราต่างๆ มีผลให้ค่าความเขียวของใบอ้อยที่อายุ 3, 6, 8 และ 9 เดือนหลังปลูก แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 4) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}$+B_{156}) มีผลให้ค่าความเขียวของใบอ้อยโดยภาพรวมมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 104 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}$+B_{104}) โดยมีข้อสังเกตว่าค่าความเขียวของใบอ้อยที่อายุ 9 เดือนหลังปลูก มีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาของการใส่ปุ๋ยไนโตรเจน ทั้งนี้เนื่องจากชุดดินกำแพงแสนมีปริมาณอินทรียวัตถุและไนโตรเจนทั้งหมดในระดับต่ำถึงปานกลาง ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ และโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้อยู่ในระดับสูง ดังนั้น ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนที่ลดลงตามระยะเวลา จึงส่งผลให้ค่าความเขียวของใบอ้อยลดลง ทั้งนี้เนื่องจากไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบของคลอโรฟิลล์นั่นเอง (ยงยุทธ, 2552) อย่างไรก็ตาม ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ความสูงของต้น จำนวนลำใน 1 แถวเมตร และค่าความเขียวของใบอ้อยน้อยที่สุดทุกระยะการเจริญเติบโต

Table 4 Leaf greenness (SPAD reading) of sugarcane at different stages.

Treatments	SPAD reading			
	3 MAP[1/]	6 MAP[1/]	8 MAP[1/]	9 MAP[1/]
T_1 = control	31.21^{e} [2/]	28.88^{f} [2/]	27.69^{d} [2/]	26.58^{f} [2/]
T_2 = $IF_{DOA_100\%}$	34.21^{d}	37.69^{e}	37.52^{c}	37.11^{e}
T_3 = $IF_{DOA_100\%}$+B_{52}	34.52^{cd}	38.52^{de}	38.23^{c}	37.92^{de}
T_4 = $IF_{DOA_100\%}$+B_{104}	35.22^{bc}	40.23^{cd}	40.13^{b}	38.88^{cd}
T_5 = $IF_{DOA_100\%}$+B_{156}	35.46^{b}	40.75^{c}	40.64^{b}	39.52^{bc}
T_6 = $IF_{DOA_110\%}$	34.69^{cd}	38.74^{de}	38.59^{c}	38.12^{d}
T_7 = $IF_{DOA_110\%}$+B_{52}	35.65^{b}	41.05^{bc}	40.86^{b}	39.85^{abc}
T_8 = $IF_{DOA_110\%}$+B_{104}	36.75^{a}	42.68^{ab}	42.55^{a}	40.21^{ab}
T_9 = $IF_{DOA_110\%}$+B_{156}	37.23^{a}	43.15^{a}	42.85^{a}	40.58^{a}
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	11.52	12.72	13.16	11.49

[1/] MAP = months after planting

[2/] mean within the same column followed by the same letter indicates no statistical difference by DMRT.

** indicated significant difference at P< 0.01

2. ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย

2.1 ผลผลิตและจำนวนลำต่อไร่

การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับโบรอนอัตราต่างๆ มีผลให้ผลผลิตอ้อยสดและจำนวนลำต่อไร่ของอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 5) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}$+B_{156}) มีผลให้ผลผลิตของอ้อยมากที่สุด (22.89 ตัน/ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 104 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}$+B_{104}) การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 52 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}$+B_{52}) และการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_100\%}$+B_{156}) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ผลผลิตอ้อยสดของอ้อยต่ำที่สุด (14.59 ตัน/ไร่) อย่างไรก็ตาม ตำรับควบคุม (control) มีผลให้จำนวนลำต่อไร่ของอ้อยมากที่สุด (10,576 ลำ/ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 104 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_100\%}$+B_{104}) ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{DOA_100\%}$) มีผลให้จำนวนลำต่อไร่ของอ้อยน้อยที่สุด (9,697 ลำ/ไร่) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}$+B_{156})

2.2 ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ น้ำหนักต่อลำ และจำนวนปล้องต่อลำ

การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับโบรอนอัตราต่างๆ มีผลให้ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ น้ำหนักต่อลำ และจำนวนปล้องต่อลำของอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 5 และ Table 6) กล่าวคือ ทุกตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับโบรอนอัตราต่างๆ มีผลให้ความยาวลำ และเส้นผ่านศูนย์กลางลำของอ้อยไม่แตกต่างกันทางสถิติ (299.20-311.07 และ 3.09-3.25 ซม. ตามลำดับ) ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอน

อัตรา 156 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{156}$) มีผลให้น้ำหนักต่อลำของอ้อยมากที่สุด (2.34 กก./ลำ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 104 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{104}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 52 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{52}$) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{156}$) ยังมีผลให้จำนวนปล้องต่อลำของอ้อยมากที่สุด (31.90 ปล้อง/ลำ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 104 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{104}$) การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 52 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{52}$) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_100\%}+B_{156}$) การใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 104 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_100\%}+B_{104}$) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{DOA_110\%}$) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ความยาวลำ เส้นผ่านศูนย์กลางลำ น้ำหนักต่อลำ และจำนวนปล้องต่อลำของอ้อยน้อยที่สุด (268.27 ซม., 2.60 ซม., 1.38 กก./ลำ และ 25.40 ปล้อง/ลำ ตามลำดับ)

2.3 ค่า commercial cane sugar (CCS) และผลผลิตน้ำตาล

การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับโบรอนอัตราต่างๆ มีผลให้ค่า CCS และผลผลิตน้ำตาลของอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 6) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{156}$) มีผลให้ค่า CCS และผลผลิตน้ำตาลของอ้อยมากที่สุด (11.11 เปอร์เซ็นต์ และ 2.54 ตัน/ไร่ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 104 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}+B_{104}$) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ค่า CCS และผลผลิตน้ำตาลของอ้อยน้อยที่สุด (8.68 เปอร์เซ็นต์ และ 1.27 ตัน/ไร่ ตามลำดับ)

Table 5 Yields, number of stalks/rai, stalk heights and stalk diameters of sugarcane at 12 MAP.

Treatments	yields (ton/rai)[1/]	numbers of stalk (stalk/rai)[1/]	stalk heights (cm)[1/]	stalk diameters (cm)[1/]
T_1 = control	14.59^{f}	10,576^{a}	268.27^{b}	2.60^{b}
T_2 = $IF_{DOA_100\%}$	17.25^{e}	9,697^{e}	299.20^{a}	3.09^{a}
T_3 = $IF_{DOA_100\%}+B_{52}$	18.23^{de}	10,019^{cd}	299.87^{a}	3.09^{a}
T_4 = $IF_{DOA_100\%}+B_{104}$	19.88^{bc}	10,358^{ab}	303.40^{a}	3.19^{a}
T_5 = $IF_{DOA_100\%}+B_{156}$	21.36^{ab}	10,079^{c}	304.27^{a}	3.21^{a}
T_6 = $IF_{DOA_110\%}$	19.24^{cd}	10,185^{bc}	302.33^{a}	3.16^{a}
T_7 = $IF_{DOA_110\%}+B_{52}$	21.58^{a}	9,907^{cde}	304.87^{a}	3.22^{a}
T_8 = $IF_{DOA_110\%}+B_{104}$	22.48^{a}	10,038^{cd}	305.20^{a}	3.23^{a}
T_9 = $IF_{DOA_110\%}+B_{156}$	22.89^{a}	9,784^{de}	311.07^{a}	3.25^{a}
F-test	**	**	**	*
C.V. (%)	14.46	15.73	13.67	14.38

[1/] mean within the same column followed by the same letter indicates no statistical difference by DMRT.

* indicated significant difference at P< 0.05 ** indicated significant difference at P< 0.01

Table 6 Weight/stalk, number of internode/stalk, CCS and sugar yield of sugarcane at 12 MAP.

Treatments	Weight/stalk (kg)	number of internode/stalk	CCS (%)	Sugar yields (ton/rai)
T_1 = control	1.38^{d} 1/	25.40^{c} 1/	8.68^{f} 1/	1.27^{f} 1/
T_2 = $IF_{DOA_100\%}$	1.78^{c}	28.63^{b}	9.88^{e}	1.70^{e}
T_3 = $IF_{DOA_100\%}$+B_{52}	1.82^{c}	28.87^{b}	10.12^{d}	1.84^{d}
T_4 = $IF_{DOA_100\%}$+B_{104}	1.92^{c}	29.47^{ab}	10.23^{d}	2.03^{c}
T_5 = $IF_{DOA_100\%}$+B_{156}	2.12^{b}	29.80^{ab}	10.65^{c}	2.27^{b}
T_6 = $IF_{DOA_110\%}$	1.89^{c}	29.43^{ab}	10.19^{d}	1.96^{c}
T_7 = $IF_{DOA_110\%}$+B_{52}	2.18^{ab}	30.23^{ab}	10.85^{bc}	2.34^{b}
T_8 = $IF_{DOA_110\%}$+B_{104}	2.24^{ab}	31.83^{a}	10.98^{ab}	2.47^{a}
T_9 = $IF_{DOA_110\%}$+B_{156}	2.34^{a}	31.90^{a}	11.11^{a}	2.54^{a}
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	13.56	14.51	12.35	13.29

1/ mean within the same column followed by the same letter indicates no statistical difference by DMRT.

** indicated significant difference at P< 0.01

2.4 ความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในท่อนลำของอ้อย

การใส่ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว หรือใส่ร่วมกับโบรอนอัตราต่างๆ มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และโบรอนที่สะสมในท่อนลำของอ้อยที่ระยะเก็บเกี่ยว แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (Table 7) กล่าวคือ การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}$+B_{156}) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจนที่สะสมในท่อนลำของอ้อยมากที่สุด (0.248 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 104 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}$+B_{104}) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 52 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}$+B_{52}) นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}$+B_{156}) ยังมีผลให้ความเข้มข้นของธาตุฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในท่อนลำของอ้อยมากที่สุด (0.080 และ 0.452 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 104 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}$+B_{104}) การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 52 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}$+B_{52}) และการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดิน ($IF_{DOA_110\%}$) ส่วนการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_110\%}$+B_{156}) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุโบรอนที่สะสมในท่อนลำของอ้อยมากที่สุด (7.05 mg/kg) ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ($IF_{DOA_100\%}$+B_{156}) ขณะที่ตำรับควบคุม (control) มีผลให้ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม และโบรอนที่สะสมในท่อนลำของอ้อยน้อยที่สุด

(0.089 เปอร์เซ็นต์, 0.041 เปอร์เซ็นต์, 0.358 เปอร์เซ็นต์ และ 1.61 mg/kg ตามลำดับ)

Table 7 Concentrations of plant nutrients and B in stalks of sugarcane at 12 MAP.

Treatments	Total N (%)	Total P (%)	Total K (%)	Extractable B (mg/kg)
T_1 = control	0.089^{g} 1/	0.041^{e} 1/	0.358^{d} 1/	1.61^{e} 1/
$T_2 = IF_{DOA_100\%}$	0.211^{f}	0.056^{d}	0.423^{c}	2.88^{d}
$T_3 = IF_{DOA_100\%}+B_{52}$	0.216^{ef}	0.059^{cd}	0.428^{c}	4.24^{c}
$T_4 = IF_{DOA_100\%}+B_{104}$	0.222^{def}	0.062^{cd}	0.430^{bc}	5.35^{b}
$T_5 = IF_{DOA_100\%}+B_{156}$	0.228^{cde}	0.066^{bc}	0.432^{bc}	6.74^{a}
$T_6 = IF_{DOA_110\%}$	0.232^{bcd}	0.073^{ab}	0.442^{ab}	3.08^{d}
$T_7 = IF_{DOA_110\%}+B_{52}$	0.238^{abc}	0.075^{a}	0.446^{a}	4.33^{c}
$T_8 = IF_{DOA_110\%}+B_{104}$	0.242^{ab}	0.078^{a}	0.449^{a}	5.58^{b}
$T_9 = IF_{DOA_110\%}+B_{156}$	0.248^{a}	0.080^{a}	0.452^{a}	7.05^{a}
F-test	**	**	**	**
C.V. (%)	13.16	13.52	12.62	12.39

1/ mean within the same column followed by the same letter indicates no statistical difference by DMRT.

** indicated significant difference at P< 0.01

จากผลการทดลองทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้น ให้ข้อสังเกตว่าการใส่ปุ๋ยเคมีร่วมกับโบรอน มีแนวโน้มให้การเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต รวมทั้งความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในท่อนลำของอ้อยดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการใส่ปุ๋ยเคมีแต่เพียงอย่างเดียว ส่วนการไม่ใส่ปุ๋ยเคมี (control) มีผลต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต รวมทั้งความเข้มข้นของธาตุอาหารที่สะสมในท่อนลำของอ้อยต่ำที่สุด ทั้งนี้เป็นเพราะการปลูกพืชที่ไม่มีการใส่ปุ๋ยในระยะยาวจะมีผลให้ปริมาณธาตุอาหารในดินลดน้อยลงและไม่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตและการสร้างผลผลิตของพืช (ชัยสิทธิ์และปาจรีย์, 2552; จุฑามาศ และคณะ, 2553; นรีรัตน์ และคณะ, 2553; เยาวลักษณ์ และคณะ, 2554; ปิยพงศ์ และคณะ, 2555; วิษณุ และคณะ, 2556; ปิยวรรณ และคณะ, 2557; พชรกร และคณะ, 2558; ชัยสิทธิ์ และคณะ, 2560) นอกจากนี้ มีข้อสังเกตว่าตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับโบรอนในอัตราที่สูงขึ้น (ตำรับทดลองที่ 6-9) มีผลให้การเจริญเติบโต ผลผลิต องค์ประกอบผลผลิตและปริมาณธาตุอาหารที่สะสมในท่อนลำของอ้อยโดยภาพรวมสูงกว่าตำรับทดลองที่มีการใส่ปุ๋ยเคมีอัตราต่างๆ ทั้งที่ใช้เดี่ยวหรือใช้ร่วมกับโบรอนในอัตราที่ต่ำกว่า (ตำรับทดลองที่ 2-5)

สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาผลของการจัดการปุ๋ยร่วมกับโบรอนต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อย สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้ คือ การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ มีผลให้ความสูงของต้น จำนวนลำใน 1 แถวเมตร ค่าความเขียวของใบอ้อย ผลผลิตอ้อยสด น้ำหนักต่อลำ ค่า CCS ผลผลิตน้ำตาล ความเข้มข้นของธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมที่สะสมในท่อนลำของอ้อยมาก

ที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 104 กรัม/ไร่ นอกจากนี้ การใส่ปุ๋ยเคมีเพิ่มขึ้น 10 % ของค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่ ยังมีผลให้ความเข้มข้นของธาตุโบรอนที่สะสมในท่อนลำของอ้อยมากที่สุด ไม่แตกต่างกับการใส่ปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินร่วมกับโบรอนอัตรา 156 กรัม/ไร่

การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า มีความเป็นไปได้ที่จะนำปุ๋ยเคมีใช้ร่วมกับโบรอนสำหรับการปลูกอ้อย ซึ่งส่งผลให้การเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อยโดยภาพรวมค่อนข้างดีกว่าการใช้ปุ๋ยเคมีอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม ควรศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของผลตอบแทนทางเศรษฐกิจ รวมทั้งผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดินในช่วงที่ทำการศึกษาด้วย

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการวิจัย ระหว่างภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ร่วมกับ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) รวมทั้งบริษัท วาย.วี.พี เฟอร์ติไลเซอร์ จำกัด ที่สนับสนุนปุ๋ยเคมีตลอดระยะการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2548. คำแนะนำการใช้ปุ๋ยกับพืชเศรษฐกิจ. 21-24 น. *ใน* เอกสารวิชาการลำดับที่ 8/2548, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2541. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2558. คู่มือปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ทางดิน ระบบโสตทัศนูปกรณ์. คณะเกษตรกำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

จุฑามาศ กล่อมจิตร, ชัยสิทธิ์ ทองจู และจุฑามาศ ร่มแก้ว. 2553. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยตอปีที่ 1 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, น. 148-159. *ใน* การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

ชัยสิทธิ์ ทองจู และปาจรีย์ แน่นหนา. 2552. ผลของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานอุตสาหกรรมเยื่อกระดาษต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 80 ที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน (ปีที่ 1). วารสารดินและปุ๋ย. 31 (1) : 6-26.

ชัยสิทธิ์ ทองจู, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ศุภชัย อำคา และธวัชชัย อินทร์บุญช่วย. 2560. ผลของวัสดุอินทรีย์ผสมจากผลพลอยได้ของโรงงานผงชูรส (อามิ-อามิ) และขี้เถ้าลอยต่อการเจริญเติบโต ผลผลิตอ้อย และสมบัติของดิน. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 6 (1) : 21-32.

ทัศนีย์ อัตตะนันท์ และจงรักษ์ จันทร์เจริญสุข. 2542. แบบฝึกหัดและคู่มือปฏิบัติการวิเคราะห์ดินและพืช. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นรีรัตน์ ชูช่วย, ชัยสิทธิ์ ทองจู และศุภชัย อำคา. 2553. ผลของการใช้ปุ๋ยเคมีร่วมกับยิปซัมต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน, น. 21-32. *ใน* การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ศุภชัย อำคา และชาลินี คงสุด. 2555. ผลของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ผสมขี้เถ้าลอยต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย, น. 1209-1221. *ใน* การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 9 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

ปิยวรรณ พุ่มพวง, ชัยสิทธิ์ ทองจู,ธงชัย มาลา, ศุภชัย อำคา, วิภาวรรณ ท้ายเมือง, ชาลินี คงสุด, ธีรยุทธ คล้ำชื่น, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์ และศิริสุดา บุตรเพชร. 2557. ประสิทธิภาพของการใช้ปุ๋ยยูเรียชนิดต่างๆ ที่มีต่อการเจริญเติบโตและองค์ประกอบผลผลิตของอ้อย, 11-23 น. *ใน* การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 11 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

พชรกร บุญเลี้ยง, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ทศพล พรพรหม, ธวัชชัย อินทร์บุญช่วย, ชาลินี คงสุด, ธีรยุทธ คล้ำชื่น, ปิยพงศ์ เขตปิยรัตน์, ธนศมณท์ กุลการัณย์เลิศ, อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ์, รุจิกร ศรีแม้นม่วง และศิริสุดา บุตรเพชร. 2558. ผลของปุ๋ยยูเรียปลดปล่อยช้าที่มีต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และองค์ประกอบผลผลิตของอ้อยตอปีที่ 1, 609-619 น. *ใน* การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 12 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ,นครปฐม.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2552. ธาตุอาหารพืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ยงยุทธ โอสถสภา, อรรถศิษฐ์ วงศ์มณีโรจน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2551. ปุ๋ยเพื่อการเกษตรยั่งยืน. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,กรุงเทพฯ.

ยุคเลศร์ อุ่นใจ. 2559. สถิติปริมาณปุ๋ยเคมีนำเข้า.วารสารดินและปุ๋ย.38 (1-4) : 84.

เยาวลักษณ์ เนตรสิงห์, ชัยสิทธิ์ ทองจู และรัฐชา ชัยชนะ. 2554. การใช้ประโยชน์ของกากน้ำตาลผงชูรส (อามิ-อามิ) ต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของอ้อยที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสน. วิทยาสารกำแพงแสน. 9 (3): 1-13.

ระวิวรรณ โชติพันธ์, ชัยสิทธิ์ ทองจู, กุมุท สังขศิลา, จุฑามาศ ร่มแก้ว และสุรเดช จินตกานนท์.2552. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินฝั่งแดงปลายฤดูฝน, น. 60-71. *ใน* การประชุมทางวิชาการดินและปุ๋ยแห่งชาติครั้งที่ 1, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.

วิษณุ จีนยิ้ว, ชัยสิทธิ์ ทองจู, ศุภชัย อำคา, ทศพล พรพรหม และ ศิริสุดา บุตรเพชร.

2556. การใช้ประโยชน์ของวัสดุเหลือใช้จากโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อเพิ่มผลผลิตของอ้อย, น. 86-99. *ใน* การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 10 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

ศิริสุดา บุตรเพชร, ชัยสิทธิ์ ทองจู, กุมุท สังขศิลา, จุฑามาศ ร่มแก้ว และสุรเดช จินตกานนท์. 2552. การจัดการปุ๋ยเคมีตามค่าวิเคราะห์ดินเพื่อยกระดับผลผลิตมันสำปะหลังที่ปลูกในชุดดินกำแพงแสนปลายฤดูฝน, น. 51-62. *ใน* การประชุมทางวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6 สาขาพืชและเทคโนโลยีชีวภาพ, นครปฐม.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2558. สถิติการเกษตรของประเทศไทย ปี 2556-2558. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Bray, R.H. and N. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soil. Soil Sci. 59: 39-45.

Gupta, U.C. 1993. Boron, Molybdenum and Selenium. *In* Soil Sampling and Methods of Analysis, Carter, M.R. ed. Lewis Publishers. London.

Miller, R.W. and R.L. Donahue. 1995. Soils in Our Environment. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. pp. 302-316.

Plaster, E.J. 1992. Soil Science and Management. New York, Delmar Publishers. Inc. 514 p.

Pratt, P.F. 1965. Potassium. p. 1022-1030. *In* C.A. Black, ed. Methods of Soil Analysis. Part II. Amer. Soc. of Agron, Inc. Madison, Wisconsin.

Shanina, T.M., Gelman, N.E. and V.S. Mikhailovskaya. 1967. Quantitative analysis of heteroorganic compounds, Spectrophotometric microdetermination of boron. J. Anal. Chem. USSR. 22: 782-787.

Soil Survey Staff. 2003. Key to Soil Taxonomy: Ninth Edition. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington, D.C. 332 p.

Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chronic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.

Received 18 September 2017
Accepted 30 April 2018