

การศึกษาผลของโบรอนต่อผลผลิตและคุณภาพของอ้อย 1. การทดลองในถังซีเมนต์

Effect of Boron on Yield and Quality of Sugarcane I. Pot Experiment

ดำริ ธารวมาศ¹

สมภพ จงรวยทรัพย์²

อุดม รัตนรักษ์¹

Damri Thavonmas¹

Somphob Jongruaysup²

Udom Rattanak¹

ABSTRACT

The effect of boron supply on the yield and quality of sugarcane var. K84-200 grown in the cement pots was conducted in the glasshouse in 1998-2000. The soil was Korat series (fine loamy, siliceous isohyperthermic, Oxic Paleustults) with pH 5.4, organic matter 0.8%, available P 7 mg/kg, exchangeable K 35 mg/kg and boron 0.1 mg/kg. The experimental design was randomized complete block with 4 replications. The treatments consisted of 5 levels of boric acid (0, 2.3, 4.6, 9.2 and 18.4 g / pot) with the basal fertilizers N, P_2O_5 and K_2O as 90, 45 and 90 g/pot, respectively.

The results indicated that sugarcane plants responded strongly to boron supply. Consequently, the boron concentration in the third leaf from the TVD (Top Visible Dewlap) increased as boron increases.

Boron supply had not effect on the growth (height and diameter) and yield of sugarcane. On the contrary, boron supply had the effect on sugarcane quality. With the rate of boric acid 4.6 g/cement pot, sugarcane produced the highest CCS as 12.1% comparing to 9.7% CCS of plants grown without boron supply. Nevertheless, the high level of boron supply upto 9.2 g/pot of boric acid caused the toxic to the plants. The relationship between the boron concentration of the third leaf of plant cane and the % CCS was very poor with $R^2 = 0.0031$ suggesting that this leaf was not suitable for the prognosis of the sugarcane quality.

Keywords : sugarcane, yield and quality, boron

1 กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชไร่ กองปฐพีวิทยา

1 Soil and Fertilizer for Field Crops Research Group, Soil Science Division

2 กลุ่มงานวิจัยปฐพีกายภาพ กองปฐพีวิทยา

2 Soil Physics Research Group, Soil Science Division

บทคัดย่อ

อิทธิพลของโบรอน (Boron) ต่อผลผลิตและคุณภาพของอ้อย ทดลองในถังซีเมนต์ บริเวณเรือนทดลองของโรงงานน้ำตาลทรายตะวันออก จังหวัดสระแก้วดำเนินการทดลองในปี 2541-2543 (อ้อยปลูกและอ้อยตอปี 1) กับอ้อยพันธุ์ K 84-200 ในดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ pH = 5.4 อินทรีย์วัตถุ = 0.8% ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ = 7 มก./กก. ดินโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยน = 35 มก./กก. ดิน และโบรอน = 0.1 มก./กก. ดิน วางแผนการทดลองแบบ RCB 4 ซ้ำ ประกอบด้วยบอริกแอซิด 5 อัตรา คือ 0, 2.3, 4.6, 9.2 และ 18.4 กรัม/ถังซีเมนต์ ทุกตัวรับการทดลองอ้อยได้รับ N, P และ K = 90, 45 และ 90 กรัม/ถังซีเมนต์

ผลการทดลองพบว่าอ้อยมีการตอบสนองต่อโบรอน โดยวัดความเข้มข้นของโบรอนในใบอันดับที่ 3 (นับจากเขี้ยวใบแรก (TVD) ที่มองเห็นด้วยตา มาจนถึงเขี้ยวใบที่ 3) มีค่าสูงขึ้นตามอัตราโบรอนที่ใส่ที่ระดับ 0 กรัม ความเข้มข้นของโบรอนในใบเท่ากับ 10.24 มก./กก.น.แห้ง และจะมีค่าเท่ากับ 113.78, 217.83, 363.42 และ 428.45 มก./กก. น.แห้ง เมื่อได้รับโบรอนอัตรา 2.3, 4.6, 9.2 และ 18.4 กรัม/ถังซีเมนต์ ตามลำดับ โบรอนที่ใส่ไม่มีผลต่อความเข้มข้นของ % N, % P และ % K ในใบที่ 3 นับจาก TVD ยกเว้นที่ได้รับโบรอนอัตรา 18.4 กรัม ซึ่งให้ค่า N, P และ K ในใบสูงทั้งนี้เนื่องจากพืชมีผลกระทบจากความเป็นพิษของโบรอน โบรอนที่ใส่ไม่มีผลต่อน้ำหนักต่อลำและการเจริญเติบโตของอ้อย (เส้นผ่าศูนย์กลางของลำอ้อยและความสูงของอ้อยและความยาวราก) แต่โบรอนมีผลต่อการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความหวานโดยเฉพาะของอ้อยปลูก เมื่อได้รับโบรอนอัตรา 4.6 กรัม/ถังซีเมนต์ อ้อยให้ความหวานสูงสุด คือ 12.1% เมื่อเปรียบเทียบกับอ้อยที่ไม่ได้รับโบรอนให้ความหวานเฉลี่ยเท่ากับ 9.7% สาเหตุที่คุณภาพความหวานเพิ่มขึ้นอาจเป็นเพราะ

โบรอนมีบทบาทต่อการเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากใบสู่ลำอ้อย ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความหวานกับความเข้มข้นของโบรอนในอันดับที่ 3 มีค่า $R^2 = 0.0031$ แสดงให้เห็นถึงใบอันดับที่ 3 นี้ไม่เหมาะสมเป็นตัวแทนเพื่อใช้ในการวินิจฉัยคุณภาพความหวานได้

คำหลัก : ผลผลิต และคุณภาพอ้อย โบรอน

คำนำ

การผลิตอ้อยในปัจจุบัน นอกจากเกษตรกรต้องการให้ได้ผลผลิตสูงแล้ว ยังคงต้องคำนึงถึงคุณภาพของอ้อยที่ตัดส่งโรงงานด้วย เนื่องจากระบบการซื้อขายอ้อยให้ราคาตามคุณภาพของความหวาน คิดเป็น % CCS (Commercial Cane Sugar) โดยราคาที่ได้รับกำหนดในฤดูเก็บเกี่ยวปี 2543 ต้นละ 450 บาท ที่ CCS = 10% ซึ่งคิดเป็นราคาที่ต่ำมาก ต่ำเกินกว่าที่เกษตรกรยอมรับ การหาวิธีในการเพิ่มความหวานอ้อยเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร ปัจจุบันที่มีผลต่อการสร้างและสะสมน้ำตาลในอ้อยขึ้นกับสาเหตุหลายประการ ประการแรกได้แก่ปุ๋ยไนโตรเจน ในระยะที่อ้อยมีการเจริญเติบโตจะต้องการปุ๋ยไนโตรเจนอย่างสม่ำเสมอ แต่เมื่อถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยวถ้าอ้อยได้ปุ๋ยไนโตรเจนมากเกินไป อ้อยก็จะเจริญต่อไป จะทำให้มีการสะสมน้ำตาลซูโครสน้อย อ้อยบางพันธุ์เมื่อใส่ปุ๋ยไนโตรเจนสูงๆ จะทำให้ความหวานลดลง (จักรินทร์, 2528) ประการที่สอง ความชื้นในดินหรือน้ำหากมีน้อยลงจะทำให้ความชื้นในปล้องที่เกิดใหม่น้อยลง การเจริญเติบโตลดลง ความต้องการใช้น้ำตาลลดลง ทำให้มีการสะสมน้ำตาลในลำต้นเพิ่มขึ้น ซึ่งการบังคับให้อ้อยขาดน้ำ จะต้องปฏิบัติอย่างค่อยเป็นค่อยไป (Alexander, 1973) จากรายงานของปรีชา (2523) ระบุว่าธาตุโพแทสเซียมมีบทบาทต่อความหวานของอ้อยเช่นกัน แต่สมภพและคณะ (2541)

รายงานว่ายปุ๋ยโพแทสเซียมที่ใส่ไม่มีผลต่อคุณภาพความหวานของอ้อยนอกจากนี้การใช้ธาตุอาหารเสริม เช่น โบรอน อาจจะมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของอ้อย เพราะโบรอนมีบทบาทในการเคลื่อนย้ายน้ำตาล (Berger, 1949) จากการตรวจเอกสารพบว่า ข้อมูลนี้ยังไม่มีการศึกษาที่ปรากฏชัดเจน นอกจากนี้ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน มีผลต่อความเป็นประโยชน์ได้ของของปริมาณโบรอนในดิน ซึ่ง Evans (1987) พบว่าปริมาณการดูดซับโบรอนในดินมีความสัมพันธ์กับปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน ดินร่วนทรายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นดินที่เคยปลูกมันสำปะหลังติดต่อกันมาก่อน และมีอินทรีย์วัตถุในดินสูงไม่เกิน 1% จึงเชื่อมั่นได้ว่าโบรอนในดินมีในระดับต่ำกว่าระดับวิกฤต 0.1 มิลลิกรัม/กิโลกรัมของดิน

การทดลองนี้ จึงศึกษาบทบาทของโบรอนต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพความหวานของอ้อย เพราะแหล่งปลูกอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือบางส่วนเป็นดินร่วนทรายประมาณ 2 แสนไร่ ถ้านำผลจากงานวิจัยนี้ไปทดลองในแปลงชาวนาจะมั่นใจว่าโบรอนมีบทบาทต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพของอ้อย จึงนำไปแนะนำในแหล่งปลูกอ้อยที่เป็นดินร่วนทราย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะเป็นอีกกลุ่มทางหนึ่งที่เพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกร โดยทางโรงงานจะให้ราคาอ้อยเพิ่มขึ้นตันละ 30 – 50 บาท ถ้าค่า CCS เพิ่มขึ้น 1 เปอร์เซ็นต์

อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์

1. อ้อยพันธุ์ K 84 - 200
2. ปุ๋ยเคมี - แอมโมเนียมซัลเฟต (21% N)
 - ทริปปิเลชูปอร์ฟอสเฟต (45% P_2O_5)
 - โพแทสเซียมคลอไรด์ (60% K_2O)

- บอริก แอซิด (17.5% B)

3. ถังซีเมนต์ขนาด 120 ซม. x 40 ซม. จำนวน 40 ถัง

4. ดินที่ใช้ 500 กก./ กระถาง

2. วิธีการทดลอง

2.1 แผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ RCB ทำ 4 ซ้ำ

2.2 กรรมวิธี

กรรมวิธีประกอบด้วยบอริกแอซิด 5 อัตรา

1. อัตรา	0	กรัม / กระถาง
2. อัตรา	2.3	กรัม / กระถาง
3. อัตรา	4.6	กรัม / กระถาง
4. อัตรา	9.2	กรัม / กระถาง
5. อัตรา	18.4	กรัม / กระถาง

ทุกตำรับการทดลองจะให้ปุ๋ย N, P และ K เท่ากับ 90 กรัม N / ถังซีเมนต์ 45 กรัม P_2O_5 / ถังซีเมนต์ และ 90 กรัม K_2O / ถังซีเมนต์

2.3 วิธีปฏิบัติการทดลอง

นำดินร่วนทรายชุดโคราช วงศ์ดิน fine loamy, siliceous isohyperthermic, Oxic Paleustults ซึ่งสมบัติทั่วไปของดิน เป็นดินร่วนทรายความอุดมสมบูรณ์ต่ำ วัดความเป็นกรดเป็นด่างของดินได้ 5.4 มีอินทรีย์วัตถุ 0.8 เปอร์เซ็นต์ มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ (Avail.P) 7 มก./กก.ดิน มีโพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. K) 35 มก./กก.ดิน มีปริมาณโบรอน 0.1 มก./กก.ดิน นำดินที่ใช้ในการศึกษามารบรจุลงในถังซีเมนต์ โดยใช้ 2 ถังวางซ้อนต่อกัน ใส่ปุ๋ยเคมีตามอัตราที่กำหนดไว้ ตามตำรับการทดลอง โดยใส่ปุ๋ย N ร่วมกับ P, K และโบรอน รองกันหลุมพร้อมปลูก และใส่ปุ๋ย N ที่เหลืออีก 3 เดือนต่อมา ปลูกอ้อย 2 ท่อนต่อถังซีเมนต์ ทำการให้น้ำแก่อ้อยอย่างพอเพียงตลอดการทดลอง

2.4 บันทึกข้อมูล

1. ข้อมูลดิน

- pH (1:1 ดิน : น้ำ)
- อินทรีย์วัตถุ (Walkley and Black, 1934)
- ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ได้ (Avail.P) (Bray and Kurtz, 1945)
- โพแทสเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exch. K) (Peech et al., 1947)
- โบรอน (Berger and Troug, 1940)

2. ข้อมูลพืช

1. บันทึกความสูงของอ้อยปลูกและอ้อยตอปี 1 เมื่ออายุ 10 - 11 เดือน โดยสุ่มวัด 3 ลำ ต่อแปลงย่อย จะวัดตั้งแต่โคนอ้อยเหนือระดับดิน 5 เซนติเมตร จนถึง ใบที่ 3 นับจากเขี้ยวใบแรกที่ยังมองเห็นด้วยตามาจนถึง เขี้ยวใบที่ 3 จาก TVD (Top Visible Dewlap) (Clement, 1980) วัดเส้นผ่าศูนย์กลางลำอ้อย สุ่มวัด 3 ลำ ต่อถังซีเมนต์ การวัดเส้นผ่าศูนย์กลางจะใช้เวอร์เนียแคลิเปอร์ วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำอ้อยตรงโคน กลาง และปลายลำอ้อยของทั้ง 3 ลำ

2. ตัดอ้อยเมื่ออ้อยปลูกและอ้อยตอปี 1 อายุ 10-11 เดือน แต่ละตำรับการทดลองให้ตัดตอสูงเหนือดินประมาณ 5 เซนติเมตร นับจำนวนลำทั้งหมดในแต่ละถังซีเมนต์ พร้อมกับชั่งน้ำหนัก เพื่อหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักต่อลำอ้อยและสุ่มถังซีเมนต์ละ 3 ลำ เพื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณภาพความหวาน (% CCS)

3. การวิเคราะห์ใบพืชเก็บใบที่ 3 นับจาก TVD จากจำนวน 3 ลำ ต่อถังซีเมนต์ของอ้อยปลูกอายุ 10 เดือนเพื่อวิเคราะห์หาธาตุอาหาร N, P และ K โดยนำตัวอย่างใบพืชมาอบที่อุณหภูมิ 75°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง วิเคราะห์หาไนโตรเจนโดยใช้วิธี UV-VIS spectrophotometer (Issac and Johnson, 1976) วิเคราะห์หาฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม โดยนำตัวอย่างใบพืชที่บดและอบแห้งมาย่อยสลายด้วย HNO_3 และ HClO_4 วัดฟอสฟอรัสโดยวิธี Vanadomolybdate โพแทสเซียม

โดยใช้ Atomic emission spectroscopy การวิเคราะห์โบรอนใช้วิธี Azomethine method อ้อยตอปี 1 หลังจากตัดอ้อยเรียบร้อยแล้วทำการวัดความยาวรากของตำรับการทดลอง 0, 4.6 และ 18.4 กรัม/ถังซีเมนต์ (ทำเพียง 1 ซ้ำเท่านั้น) โดยการยกถังซีเมนต์ออกจากดินแล้วใช้น้ำฉีด เพื่อให้เศษดินหลุดออกจากรากอ้อยแล้ววัดความยาวของรากโดยใช้ตลับเมตร

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

ศึกษาความแตกต่างกันของกรรมวิธี โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และ DMRT (Duncan Multiple Range Test) นำข้อมูลที่วัดความเข้มข้นของโบรอนในใบอันดับที่ 3 กับเปอร์เซ็นต์ ความหวานของแต่ละซ้ำทั้งสองตัวแปรมาศึกษาหาความสัมพันธ์ (R^2) โดยวิธีการของ Pearson

2.6 เวลาและสถานที่

เวลา : ปีพ.ศ. 2541 – 2543 (อ้อยปลูกและอ้อยตอปี 1)

สถานที่ : พื้นที่โรงงานน้ำตาลทรายตะวันออก อ.วัฒนานคร จ.สระแก้ว

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ลักษณะทางการเกษตรของอ้อยพันธุ์ K 84 – 200

อ้อยพันธุ์ K84-200 ได้มาจากแปลงขยายพันธุ์ของโรงงานน้ำตาลทรายตะวันออกลักษณะทางเกษตรของอ้อยที่ใช้ในการทดลอง คือพันธุ์เค 84 -200 หรือ K84-200 (R.O.C.I.X C.P. 63-588) เป็นพันธุ์ที่ปรับปรุงโดยศูนย์เกษตรอ้อยภาคกลางสำนักงานคณะกรรมการวิจัยและน้ำตาลทรายกระทรวงเกษตรและอุตสาหกรรม มีลักษณะทนทานสภาพความแห้งแล้งได้ดี ปลูกมากในเขตภาคกลาง ภาคเหนือตอนล่าง และภาคตะวันตก เจริญเติบโตช้าในระยะแรก แตกกอ 4 ถึง 5 กอ ต่อลำ ทรงกอแคบตั้งตรง ทนทานต่อการหักล้ม ลอก

กาบง่าย อายุเก็บเกี่ยว 11 ถึง 12 เดือน ให้ผลผลิต 11 ถึง 13 ตัน /ไร่ คุณภาพความหวาน 12 - 13 %

2. ผลของโบรอนต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

ที่โบรอนระดับ 4.6 กรัม/ถังซีเมนต์ มีแนวโน้มให้น้ำหนักต่อลำเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.82 กิโลกรัมแต่ไม่แตกต่างกับโบรอนระดับอื่นๆ (Table 1) ในขณะที่อ้อยได้รับโบรอนอัตรา 0 กรัม/ถังซีเมนต์ ให้น้ำหนักเฉลี่ยต่อลำเท่ากับ 0.71 กิโลกรัม เมื่อให้เพิ่มอัตราโบรอนไปจนถึง 9.2 และ 18.4 กรัม/ถังซีเมนต์ น้ำหนักเฉลี่ยต่อลำอ้อยเริ่มลดลงคือ ที่ระดับ 9.2 กรัม/ถังซีเมนต์ น้ำหนักเฉลี่ยต่อลำเท่ากับ 0.74 กิโลกรัม และลดลงต่ำสุดที่ระดับ 18.4 กรัม/ถังซีเมนต์ คือ 0.63 กิโลกรัม ทั้งนี้เนื่องจากความเป็นพิษของโบรอนที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของอ้อยเช่นความสูงเป็นต้น ในอ้อยตอปี 1 โบรอนไม่มีผลต่อน้ำหนักเฉลี่ยต่อลำอ้อย ทุกอัตราน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 1.1 กิโลกรัม / ลำอ้อย

จากการทดลองไม่พบอาการขาดธาตุโบรอน (ใบบิดเบี้ยว หด่น ยอดแตกหน่อ เพราะผิดปกติ) แต่จากงานทดลองนี้ เมื่อใส่โบรอนที่อัตราสูงๆ ตั้งแต่ 4.6 - 18.4 กรัม/ถังซีเมนต์ พบใบอ้อยมีอาการไหม้ เมื่ออ้อยอายุ 4 เดือน โดยเริ่มใบแก่จนถึงใบอ่อนทั้งอ้อยปลูกและอ้อยตอปี 1 ความรุนแรงของอาการไหม้เป็นไปตามอัตราของโบรอนที่ใส่ กล่าวคือ อ้อยได้รับปุ๋ยโบรอนสูง ใบจะไหม้รุนแรง ซึ่งลักษณะของใบไหม้เป็นไปตามลักษณะการเป็นพิษของโบรอน (Bennett, 1993) เมื่อวัดเป็นระดับคะแนนแล้ว อาการไหม้ เนื่องจากโบรอนเป็นพิษจะอยู่ในช่วง 3, 4 และ 5 คะแนน ของอ้อยที่ได้รับโบรอนระดับ 4.6, 9.2 และ 18.4 กรัม/ถังซีเมนต์ ตามลำดับ แต่จะไม่พบใน 0 และ 2.3 กรัม/ถังซีเมนต์ (Table 2)

โบรอนไม่มีผลต่อความสูงเฉลี่ยของอ้อยโดยมีความสูงเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 107 - 133 ซม. ของอ้อยปลูก และ 187-220 ซม. ของอ้อยตอปี 1 (Table 3) แต่ทั้งสองฤดูปลูกพบว่าความสูงของอ้อยที่ 9.2 และ 18.4 กรัม/

ถังซีเมนต์ มีความสูงต่ำสุดสาเหตุเนื่องจากความเป็นพิษของโบรอนที่มีผลต่อการเจริญเติบโต

โบรอนไม่มีผลต่อขนาดของลำอ้อย (เส้นผ่าศูนย์กลาง) คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางอยู่ระหว่าง 3.0-3.2 ซม. ของอ้อยปลูกและ 2.8-3.2 ซม. ของอ้อยตอปี 1 ที่โบรอนระดับ 9.2-18.4 กรัม/ถังซีเมนต์ (Table 4)

ผลของโบรอนต่อความยาวของรากอ้อย จากการสุ่มวัดความยาวของรากอ้อยที่ระดับ 0, 4.6 และ 18.4 กรัม/ถังซีเมนต์ ของอ้อยตอปี 1 พบว่าอ้อยที่ได้รับโบรอนระดับ 18.4 กรัม/ถังซีเมนต์ ความยาวของรากสั้นที่สุดเพียงประมาณ 95 เซนติเมตร ในขณะที่อ้อยได้รับโบรอน 0 และ 4.6 กรัม/ถังซีเมนต์ ความยาวของรากเท่ากับ 150 และ 135 เซนติเมตรตามลำดับ เพราะได้ทำการวัดเพียงระดับโบรอนละ 1 ตัน (ไม่ได้ทำซ้ำ) แต่อย่างไรก็ตาม จากการตรวจเอกสาร พบว่า การขาดโบรอนของพืชชั้นสูงจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของราก (Root elongation) (Marschner, 1995)

3. ผลของโบรอนต่อปริมาณธาตุอาหารในใบ

ความเข้มข้นของโบรอนในใบที่ 3 นับจาก TVD เพิ่มขึ้นตามอัตราโบรอนที่ใส่ อ้อยที่ไม่ได้รับโบรอน (0 กรัม/ถังซีเมนต์) ความเข้มข้นของโบรอนในใบที่ 3 มีค่าต่ำสุดเท่ากับ 10.24 มก./กก.น้ำหนักแห้งของใบ และความเข้มข้นของโบรอนในใบที่ 3 เพิ่มขึ้นเป็น 113.78 และ 217.83 มก./กก.น้ำหนักแห้งของใบ เมื่ออ้อยได้รับโบรอนอัตรา 2.3 และ 4.6 กรัม/ถังซีเมนต์ ตามลำดับ ในขณะที่อ้อยได้รับโบรอนอัตรา 9.2 และ 18.4 กรัม/ถังซีเมนต์ ความเข้มข้นของโบรอนในใบจะสูงกว่าอ้อยที่ไม่ได้รับโบรอนถึง 35 และ 42 เท่า ตามลำดับ (Table 5) แสดงให้เห็นว่าอ้อยมีการตอบสนองต่อโบรอนที่ดี จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าอ้อยที่ไม่ได้รับโบรอน 0 กรัม/ถังซีเมนต์ ความเข้มข้นของโบรอนในใบที่ 3 นับจาก TVD นั้น อยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของอ้อย และจะแสดงความเป็นพิษกับอ้อย (เมื่อได้รับ 9.2 และ 18.4 กรัม/ถังซีเมนต์) ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับการ

ศึกษาของ Reuter (1986) ได้รายงานวาระดับความเข้มข้นของโบรอนในใบที่ 3 นับจาก TVD ค่าวิกฤตจะอยู่ในระหว่าง 1.6-10 มก./กก.น้ำหนักแห้ง และจากการรายงานของ Nable *et al.* (1997) รายงานว่าเมื่อดินเริ่มมีปริมาณโบรอนสูง จะพบความเข้มข้นของโบรอนในใบพืชที่ระดับ 250 มก./กก.น้ำหนักแห้ง ถือว่าเป็นพิษและในบางพืชอาจพบโบรอนสูงถึง 700-1,000 มก./กก.น้ำหนักแห้ง จากการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าอ้อยที่ได้รับโบรอนอัตรา 9.2 และ 18.4 กรัม/ถังซีเมนต์ ปริมาณโบรอนที่พบในใบสูงมากถึงขั้นเป็นพิษต่อต้นอ้อย (360-430 มก./กก.น.น.แห้ง) อาการแสดงออกทางใบดังได้กล่าวมาแล้ว การศึกษานี้จึงสอดคล้องกับการรายงานของ Nable *et al.* (1997)

โบรอนที่ใส่ไม่มีผลต่อความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (Table 5) ที่ระดับ 0-9.2 ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในใบที่ 3 นับจาก TVD มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ยกเว้นของไนโตรเจนค่าที่ได้ไม่คงที่มากนักโดยเฉพาะที่ระดับ 2.3 กรัม/ถังซีเมนต์ ค่า % N มีค่าต่ำสุด 0.5% ความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (%) ในใบที่ 3 นับจาก TVD มีค่าเพิ่มขึ้นแตกต่างกันทางสถิติ โดยเฉพาะเมื่ออ้อยได้รับอัตราโบรอน 18.4 กรัม โดย % N, P และ K ในใบมีค่าเท่ากับ 0.88, 0.21 และ 2.64% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ % N, P และ K ในใบอ้อยที่ได้รับโบรอนอัตรา 0 กรัม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 0.62, 0.13 และ 2.0% ตามลำดับ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้คงอธิบายได้ว่าอ้อยที่ระดับ 18.4 กรัมมีการเจริญเติบโตต่ำสุดทำให้มีมวลชีวภาพน้อยจึงทำให้ % N, P และ K ในใบสูงขึ้น

ผลจากการวิเคราะห์ปริมาณ % N, P และ K ในใบอ้อยครั้งนี้พบว่าความเข้มข้นของไนโตรเจนในใบมีค่าค่อนข้างต่ำกว่าค่าความเข้มข้นวิกฤต ในขณะที่ %P และ %K อยู่ในระดับที่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของอ้อย ทั้งนี้เมื่อนำผลมาเปรียบเทียบกับรายงานของ

พิชิตและปรีดา (2535) รายงานถึงความเข้มข้นวิกฤตหรือความเข้มข้นของ NPK ที่เพียงพอต่อความต้องการของอ้อยโดยการวิเคราะห์ใบที่ 3 นับจาก TVD ระดับวิกฤตของ N, P และ K ในใบอ้อยคือ 2.1, 0.18 และ 1.1% ตามลำดับ

4. ผลของโบรอนต่อคุณภาพความหวาน (% CCS)

โบรอนมีผลต่อการเพิ่มคุณภาพความหวานในลำอ้อย กล่าวคือ ความหวานจะเพิ่มขึ้นตามอัตราโบรอนที่ใส่จนถึงระดับหนึ่ง (Table 6) การใส่โบรอนที่ระดับ 4.6 กรัม/ถังซีเมนต์ อ้อยให้เปอร์เซ็นต์ความหวานสูงสุดโดยเฉพาะอ้อยปลูกและอ้อยตอปี 1 สำหรับอ้อยปลูกมีค่าความหวานเท่ากับ 12.1% เมื่อเปรียบเทียบกับอ้อยที่ไม่ได้รับโบรอน (0 กรัม/ถังซีเมนต์) ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความหวานเท่ากับ 9.7% ความหวานเพิ่มขึ้น 2.4% มีค่าแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ สำหรับอ้อยตอปี 1 ค่าความหวานของอ้อยที่โบรอนระดับ 4.6 กรัม/ถังซีเมนต์ มีค่าเท่ากับ 11.8% ซึ่งไม่แตกต่างกับอ้อยที่ได้รับระดับ 0 กรัม/ถังซีเมนต์ เปอร์เซ็นต์ความหวานที่เพิ่มขึ้นนี้อาจเป็นเพราะโบรอนมีบทบาทสำคัญต่อการเคลื่อนย้ายน้ำตาลภายในพืช (Berger, 1949) และโบรอนภายในพืชนี้มีบทบาทในกระบวนการ metabolic ในการที่จะทำให้เกิดโมเลกุลของ hydroxylated ในการเคลื่อนย้ายน้ำตาล (Dugger, 1983) อย่างไรก็ตามเมื่ออ้อยได้รับโบรอนอัตรา 9.2 และ 18.4 กรัม/ถังซีเมนต์ % ความหวานของอ้อยมีค่าลดลงทั้งอ้อยปลูกและอ้อยตอปี 1 สาเหตุทั้งนี้เพราะอ้อยได้รับโบรอนในอัตราที่สูงจนเป็นพิษกับอ้อย ทำให้ใบอ้อยไหม้พื้นที่ใบสูญเสียคลอโรฟิลล์ ซึ่งใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสงจำเป็นต่อการสร้างแป้งและน้ำตาลในพืช อย่างไรก็ตามชนิดของพืชที่ต้องการปริมาณโบรอนต่อการเจริญเติบโตยังเป็นที่ถกเถียงกันอยู่ และ Matoh (1997) กล่าวว่าพืชตระกูลหญ้า ดูเหมือนจะต้องการปริมาณโบรอนน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องจากชั้นผนังเซลล์ของ

พืชตระกูลนี้มีส่วนของ pectin ที่มีโบรอนเป็นองค์ประกอบอยู่น้อยมาก แต่ Shorrocks (1997) ได้อธิบายว่า มันไม่เป็นจริงเสมอไปที่พืชใบเลี้ยงเดี่ยวต้องการ

โบรอนน้อย ทั้งนี้ พืชพวกตระกูลปาล์ม เช่น ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis*) และมะพร้าว (*Cocos nucifera*) ต้องการโบรอนสูงมาก

Table 1 Effect of boron supply on the average weight of millable cane (kilogram/millable) var. K84-200 grown in cement pot, Sra Keaw province in 1998-2000.

Boric acid (g / cement pot)	Average millable weight (kg.)	
	Plant cane	1 st year ratoon
0	0.71	1.1
2.3	0.77	1.1
4.6	0.82	1.2
9.2	0.74	1.1
18.4	0.63	1.1
F - test	ns	ns
CV (%)	22	14

ns = not significant

Table 2 Effect of boron supply on leaf burn scoring of sugarcane var. K84-200 grown in pot cement, Sra Keaw province in 1998-2000.

Boric acid (g/ cement pot)	Scoring
0	1
2.3	2
4.6	3
9.2	4
18.4	5

Visual observation

Remarkd : 1. None 2. Slightly burn 3. Mildly burn 4. Severe burn 5. Extremely burn

Table 3 Effect of boron supply on the average height (centimeter) of sugarcane var. K84-200 (Plant cane and the first year ratoon) grown in cement pot, Sra Keaw province in 1998-2000.

Boric acid (g / cement pot)	Height (cm.)	
	Plant cane	1 st year ratoon
0	132	206
2.3	130	220
4.6	133	213
9.2	125	189
18.4	107	187
F - test	ns	ns
CV (%)	10.6	11.8

ns = not significant

Table 4 Effect of boron supply on the average diameter (centimeter) of sugarcane var. K84-200 (Plant cane and the first year ratoon) grown in cement pot, Sra Keaw province in 1998-2000.

Boric acid (g / cement pot)	Diameter (cm.)	
	Plant cane	1 st year ratoon
0	3.1	3.2
2.3	3.2	2.9
4.6	3.3	3.0
9.2	3.0	2.8
18.4	3.0	3.0
F - test	ns	ns
CV (%)	6.1	7.6

ns = not significant

Table 5 Effect of boron supply on the boron concentration (mg / kg. dry weight) and % N, P and K in the third leaf from the TVD at 10 months after planting of sugarcane var. K84-200 grown in cement pot, Sra Keaw province in 1998-2000.

Boric acid (g / cement pot)	B (mg/kg)	N (%)	P (%)	K (%)
0	10.24 a	0.62 b	0.13	2.0 a
2.3	113.78 b	0.50 a	0.14	2.18 a
4.6	217.83 c	0.66 b	0.12	2.19 a
9.2	363.42 d	0.63 b	0.12	2.28 a
18.4	428.45 d	0.88 c	0.21	2.64 b
F - test	**	**	ns	*
CV (%)	24.2	11.6	28.9	4.9

In column, mean followed by a common letter are not significant different at the 5% level by DMRT

** significant at 1% level, * significant at 5% level, ns = not significant

Table 6 Effect of Boron supply per% CCS of sugarcane var. K84-200 grown in (Plant cane and the first year ratoon at 10 months after planting) grown in cement pot, Sra Keaw province in 1998-2000.

Boric acid (g / cement pot)	Height (cm.)	
	Plant cane	1 st year ratoon
0	9.7 a	11.6
2.3	11.2 ab	10.6
4.6	12.1 b	11.8
9.2	11.2 ab	10.7
18.4	10.1 a	9.1
F - test	**	ns
CV (%)	9	14

In column, mean followed by a common letter are not significant different at the 5% level by DMRT

** significant at 1% level, ns = not significant

5. ความสัมพันธ์ระหว่างโบรอนในใบกับคุณภาพความหวาน

การวิเคราะห์ธาตุอาหารในพืช (Plant analysis) เพื่อหาปริมาณความต้องการธาตุอาหารของพืชได้เริ่มสมัยแรกโดย Macy (1936) และได้มีการพัฒนาระบบนี้เรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน การหาความสัมพันธ์โดยการวิเคราะห์ธาตุอาหารโบรอนในใบที่ 3 นับจาก TVD กับเปอร์เซ็นต์คุณภาพความหวาน ผลการทดลองนี้พบว่ามีความสัมพันธ์ต่ำมาก ($R^2 = 0.0031$) (Figure 1) ซึ่งแสดงได้ว่าการใช้ใบอันดับที่ 3 จะไม่เป็นตัวแทนที่ดีใน

การใช้ประเมินความหวานของอ้อยได้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะอายุของพืชที่เก็บใบวิเคราะห์เป็นอายุที่แก่เกินไป (10 เดือน) ความต้องการโบรอนในอ้อยที่ใช้ในกระบวนการสร้างน้ำตาลจึงอาจไม่ใช่ที่อายุ 10 เดือน ซึ่ง Matoh (1997) กล่าวว่าความต้องการโบรอนของพืชขึ้นอยู่กับอายุพืช หรืออีกนัยหนึ่งคุณภาพความหวานอ้อยจะไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณโบรอนในใบ ด้วยเหตุนี้ในการที่จะหาค่าวิกฤตของโบรอนจากความสัมพันธ์ดังกล่าวจึงไม่ประสบผลสำเร็จ

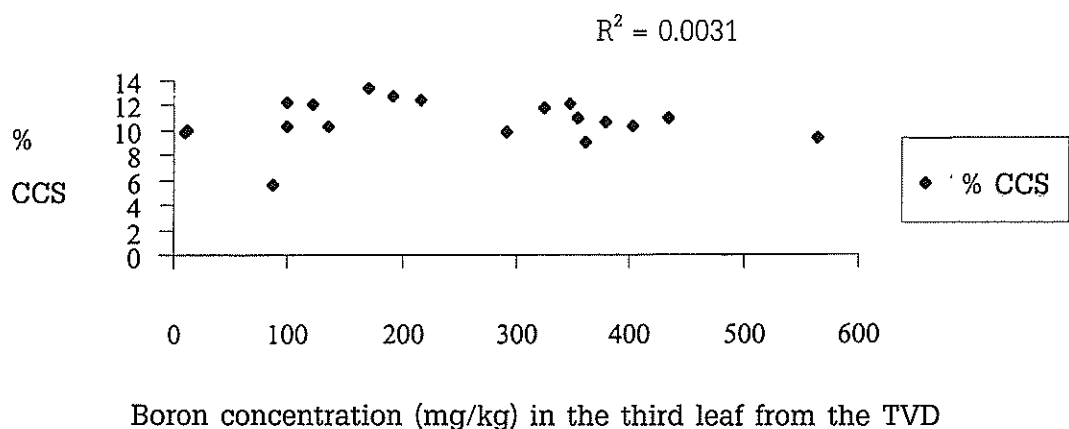


Figure 1 The relationship between boron concentration (mg/kg dry weight) and% CCS of sugarcane var. K84-200 at 10 month after planting grown in cement pot Sra Keaw province in 1998-2000.

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาครั้งนี้ได้ข้อมูลเบื้องต้นของการเพิ่มคุณภาพอ้อยโดยการใส่โบรอน พบว่าโบรอนที่ใส่ที่อัตราเหมาะสม เพราะถ้าสามารถเพิ่มคุณภาพความหวานของอ้อยได้ ทางโรงงานน้ำตาลจะเพิ่มราคาของอ้อยขึ้น (คือที่ระดับ 4.6 กรัมต่อดิน 500 กิโลกรัมหรือใส่โบรอนที่อัตรา 27.6 กิโลกรัม/ไร่) ทำให้เกษตรกรมี

รายได้เพิ่มขึ้น มีแนวโน้มต่อการเพิ่มคุณภาพความหวานของอ้อยพันธุ์ K84-200 อย่างไรก็ตามการใส่โบรอนในอัตราที่สูงเกินไปจะไม่มีผลต่อการช่วยเพิ่มคุณภาพความหวานของอ้อยแต่อย่างใด โบรอนจะไม่มีผลต่อการเพิ่มน้ำหนัก/ลำอ้อย ขนาดของลำอ้อย และความสูง ในการใช้ใบอันดับที่ 3 นับจาก TVD ไม่เหมาะที่จะเป็นตัวแทนของตัวอย่างพืชที่สัมพันธ์กับคุณภาพความหวาน

การศึกษาในอนาคตควรจะมีการประยุกต์ผลที่ได้จากการทดลองในถังซีเมนต์ไปทำการทดลองในสภาพไร่ เพื่อหาข้อมูลที่แน่นอนอีกครั้งทั้งนี้เพื่อจะเผยแพร่สู่เกษตรกรได้เพราะถ้าสามารถเพิ่มคุณภาพความหวานของอ้อยได้ทางโรงงานน้ำตาลจะเพิ่มราคาของอ้อยขึ้นตันละ 30-50 บาท ต่อเปอร์เซ็นต์ CCS ที่เพิ่มขึ้น 1% ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- จักรินทร์ ศรัทธาพร. 2528. ศึกษาผลตอบสนองของอ้อย 4 พันธุ์ ที่มีต่อปุ๋ยไนโตรเจน. รายงานผลการวิจัยอ้อย ยาลูบพื้นเมือง ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี สถาบันวิจัยพืชไร่ กรมวิชาการเกษตร สุพรรณบุรี. 20 หน้า.
- ปรีชา ประจวบเหมาะ. 2523. ธาตุอาหารสำหรับอ้อย. ใน : เอกสารวิชาการเล่มที่ 1 อ้อย กรมวิชาการเกษตร. 264 หน้า.
- พิชิต พงษ์สกุล และปรีดา พากเพียร. 2535. ธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ใน : คู่มือการปรับปรุงดินและการใส่ปุ๋ย คณะกรรมการจัดกิจกรรมเพื่อเพิ่มกองทุน ศ.ดร.สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 337 หน้า.
- สมภพ จงรวยทรัพย์ สมพร เจริญรุ่งเรืองและอุดมรัตน์รักษ์. 2541. ผลของอัตราปุ๋ยฟอสเฟต โพแทสเซียม และปูนขาว ต่อผลผลิตอ้อยในดินร่วนทรายภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. วารสารกรมวิชาการเกษตร 16 (3) : 203 - 211.
- Alexander, A.G. 1973. Sugarcane Physiology. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. 752 p.
- Bennett, W.F. 1993. Nutrient deficiencies and Toxicities in Crop Plants. APS Press, St. Paul, MN. USA.130 p.
- Bray, R.H. and L.T. Kurtz. 1945. Determination of total organic and available form of phosphorus in soil. *Soil Science*. 59 : 39 - 45 .
- Berger, K.C. 1949. Boron in soils and crops. In : Advance in Agronomy, vol 1. Ed. A.G. Norman. Academic Press, New York. 255 p.
- Berger, K.C. and E. Troug. 1940 Boron deficiencies as revealed by plant and soil tests. *J. Am. Soc. Arogn*. 32 : 297 - 301.
- Clement, H.R. 1980. Sugarcane Crop Logging and crop control. The University Press of Hawaii, Hawaii. 520 p.
- Dugger, W.M. 1983. Boron in plant metabolism. In Inorganic Plant Nutrition. Encyclopedia of Plant Physiology. Vol.15 Eds. A Läuchli and R.L. Bielecki. Springer -Verlag, Heidelberg.626 - 650 p.
- Evans, L.J. 1987. Retention of boron by agricultural soils from Ontario. *Can. J. Soil Sci*, 67 : 33 - 42.
- Issac, R.A and W.C. Johnson. 1976. Determination of total nitrogen in plant tissue using a block digester. *J. Assoc. Offi. Anal. Chem*. 59: 98-100.
- Macy, P. 1936. The quantitative mineral requirements of plants. *Plant Physiol*. 11 : 749, 764.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2 nd ed. Academic Press. London. 250 p.

- Matoh, T. 1997 : Boron in plant cell walls. In :Boron in Soils and Plants : Reviews. Eds. Dell, B.; P.H. Brown and R.W. Bell. Kluwer Academic Publishers. 219 p.
- Nable, R.O.; G.S. Banuelos and G Paull. 1997. Boron toxicity. In : Boron in Soils and Plants : Reviews. Eds. Dell, B.; P.H. Brown and R.W. Bell. Kluwer Academic Publishers. 219 p.
- Peech, M.L.T.; L.A. Dean Alexander and J.F. Reed. 1947. Method of soil analysis for soil fertility investigation/S.U.S., Dept. Agri. Circ. 757 p.
- Reuter, D.J. 1986. Temperate and subtropical crops. Pages 38 - 99 In: B.J. Reuter and J.B. Robinson (eds). Plant analysis : An interpretation manual. Inkata Press. Melbourne.
- Shorrocks, V.M. 1997. The occurrence and correction of boron deficiency. In :Boron in Soils and Plants:Reviews. Eds. Dell, B.; P.H. Brown and R.W. Kluwer Bell. Academic Publishers. 219 p.
- Walkley, A. and J.A Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determinating soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37 : 29 - 38.
-