

ผลของอัตราปุ๋ยฟอสเฟต โพแทสเซียม และปูนขาวต่อผลผลิตอ้อย ในดินร่วนทราย ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ

Effect of Rates of Phosphate, Potassium and Lime on Yield of Sugarcane on Sandy Loam Soil in the Northeast

สมภพ จงรวยทรัพย์¹ สมพร เหมยรุ่งเรือง² อุดม รัตนารักษ์¹
Somphob Jongruaysup¹ Somporn Raingrungrueng² Udom Ratanarak¹

ABSTRACT

Study on the rates of phosphate, potassium and lime supply on yield and quality of sugarcane was conducted on the sandy loam soil in the northeast of Thailand during 1994-1995. The experiments were localized on two sites at Khon Kaen and Udon Thani provinces. Each experiment was designed as factorial in RCB with three replications. The experiment comprised two levels of lime (-lime (0 kg/rai) + lime (200 kg/rai) and five levels of K_2O (0, 6, 12, 18 and 24 kg K_2O /rai) for the Khon Kaen site. With the same rate of lime supply, five levels of P_2O_5 (0, 6, 12, 18 and kg P_2O_5 /rai) were treated at Udon Thani site.

The results indicated that P_2O_5 supply had the effect on sugarcane yield. With the rate of 12-24 kg P_2O_5 /rai, the plants produced the highest yield about 20-24 ton/rai. However, P_2O_5 supply had no effect on the quality. In contrast, potassium supply had no effect on yeild, but it likely increased the quality of sugarcane. The highest rate of K_2O supply (24 K_2O /rai) produced the highest %CCS,%BRIX and %POL. Furthermore, we suggested that the 10th leaf blade from the top was the poor indicator for prediction of potassium nutrition on plant quality.

Key words: Phosphate, potassium, lime, sugarcane yield

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของอัตราปุ๋ยฟอสเฟต โพแทสเซียม และปูนขาวต่อผลผลิตอ้อยพันธุ์อู่ทอง 1 ในดินร่วนทรายภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ไร่กสิกร อำเภอน้ำพอง จังหวัดขอนแก่น และอำเภอกุมภวาปี จังหวัดอุดรธานี ในระหว่างปี พ.ศ. 2537-2538 วางแผนการทดลองแบบ Factorial in RCB 3 ซ้ำ กรรมวิธีการทดลองประกอบด้วย ปูนขาว 2 อัตรา (0 และ 200 กก./

ไร่) และ ปุ๋ยโพแทสเซียม 5 อัตรา (0, 6, 12, 18 และ 24 K_2O /ไร่) จำนวน 1 แปลง ที่จังหวัดขอนแก่น และ ปูนขาว 2 อัตรา (0 และ 200 กก./ไร่) และปุ๋ยฟอสเฟต 5 อัตรา (0, 6, 12, 18 และ 24 กก. P_2O_5 /ไร่) อีกจำนวน 1 แปลง ที่จังหวัดอุดรธานี

ผลปรากฏว่า ปุ๋ยฟอสเฟตมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตอ้อย การใช้ปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 12 และ 24 กก. P_2O_5 /ไร่ ให้ผลผลิตสูงสุดคือ 20 และ 24 ตัน/ไร่ ใน

¹กลุ่มงานวิจัยความอุดมสมบูรณ์ของดินและปุ๋ยพืชไร่ กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ 10900
Soil Fertility and Fertilizer for Field Crop Research Group, Soil Science Division, Dept. of Agriculture, Chatuchak, Bangkok 10900

²สถานีทดลองพืชสวนเพชรบุรี อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี
Phetchaburi Horticultural Research Station, Phetchaburi

ทางตรงข้าม ปุ๋ยโพแทสเซียมไม่มีผลต่อผลผลิตอ้อย
ปุ๋ยฟอสเฟตไม่มีผลต่อคุณภาพความหวานอ้อย แต่
ปุ๋ยโพแทสเซียมมีแนวโน้มที่จะมีผลต่อคุณภาพ
ความหวานอ้อย พืชที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 24
กก. K_2O /ไร่ ให้ค่าเปอร์เซ็นต์ CCS, BRIX และ POL
เท่ากับ 13.1, 21.8 และ 17.6 ตามลำดับ ในขณะที่
พืชไม่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียม จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์
CCS, BRIX และ POL เท่ากับ 11.9, 19.7 และ 61.1
ตามลำดับ ในการศึกษาคาดคะเนความเข้มข้นของ
โพแทสเซียมในใบที่ 10 ของอ้อย กับคุณภาพของอ้อย
พบว่าไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน ทั้งนี้ค่าสหสัมพันธ์
ของโพแทสเซียมกับ %CCS, %BRIX และ %POL เท่า
กับ 0.2, 0.2 และ 0.02 ตามลำดับ

ในการทดลองนี้ พบว่าการใส่ปุ๋ยขี้วัวมีผลต่อ
ผลผลิตอ้อย โดยเฉพาะการศึกษาอัตราปุ๋ยฟอสเฟตกับ
อ้อย การใส่ปุ๋ยขี้วัวร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 6 กก.
 P_2O_5 /ไร่ ให้ผลผลิตอ้อยสูงสุดคือ 23.5 ตันไร่ ในขณะที่
ที่อ้อยปลูกในแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยขี้วัวแต่ได้รับปุ๋ย
ฟอสเฟตอัตรา 6 กก. P_2O_5 /ไร่ ให้ผลผลิตต่ำสุดคือ
19.6 ตันไร่ แต่อย่างไรก็ตามการใส่ปุ๋ยขี้วัวไม่มี
ผลต่อคุณภาพความหวานของอ้อย

คำหลัก : ฟอสเฟต โพแทสเซียม ปุ๋ยขี้วัว ผลผลิตอ้อย

คำนำ

ปัจจุบันพื้นที่ปลูกอ้อยในภาคตะวันออกเฉียง
เหนือเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว (พิพัฒน์, 2537) ดินในภาค
นี้ส่วนใหญ่เป็นดินทรายที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่ำ
ปริมาณธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ได้อ้อยใน
เกณฑ์ต่ำ ดินมีสภาพเป็นกรดถึงกรดอ่อน การจัดการ
ดินจึงเป็นสิ่งสำคัญในการปลูกอ้อยเพื่อให้ได้ผลผลิต
และคุณภาพดี การใส่ปุ๋ยและปุ๋ยขี้วัวเป็นวิธีการ
จัดการและปรับปรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินให้
เหมาะสมต่อการเพิ่มผลผลิตและคุณภาพอ้อย

อ้อยเป็นพืชที่มีความต้องการโพแทสเซียมสูง
และมีผลต่อคุณภาพความหวานของอ้อย จากการราย-
งานของ Malavolta (1994) พบว่าในน้ำอ้อยมีโพ-
แทสเซียมถึง 80% ซึ่ง Malavolta (1994) ได้อ้างการ

ศึกษาในอดีตของ Hartt (1934) เกี่ยวกับการที่โพ-
แทสเซียมมีผลต่อคุณภาพความหวาน อาจเป็นเพราะ
สาเหตุสามประการคือ ประการแรกพืชที่ขาดโพ-
แทสเซียมมีการสังเคราะห์แสงน้อยลง ประการที่
สองมีการเคลื่อนย้ายน้ำตาลจากใบสู่ลำอ้อยน้อยลง
หรืออีกนัยหนึ่งคือแหล่งสร้างและรับน้ำตาลถูกกระทบ
(source/sink) ในพืชที่ขาดโพแทสเซียม ประการสุด
ท้ายอาจเป็นเพราะมีการสังเคราะห์แสงน้อยลง และ
แหล่งสร้างและรับน้ำตาลถูกกระทบ ในแง่ผลของปุ๋ย
ฟอสเฟตต่อคุณภาพความหวานนั้นยังมีข้อมูลการ
ศึกษาน้อย อย่างไรก็ตาม ฟอสเฟตมีความสำคัญต่อ
การแบ่งเซลล์ของพืช และทำให้อ้อยมีลำยาว
Lumbert (1968) รายงานว่าฟอสเฟตมีผลต่อการ
พัฒนารากและยอดของพืช นอกจากนี้ชบวนการสร้าง
น้ำตาลและการเคลื่อนย้ายน้ำตาลก็เป็นในรูปขององค์
ประกอบฟอสเฟต (Clements, 1980)

การทดลองนี้ได้ศึกษาผลของปุ๋ยฟอสเฟต
โพแทสเซียม และปุ๋ยขี้วัว ในการเพิ่มผลผลิตและ
คุณภาพอ้อย เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษางานวิ-
ชาการในด้านดินและปุ๋ยอ้อยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in random-
ized complete block design (RCB) มี 3 ซ้ำ ประกอบด้วย
ด้วย 10 กรรมวิธี คือ ปุ๋ยโพแทสเซียม 5 อัตรา (0, 6,
12, 18 และ 24 กก. K_2O /ไร่) โดยใช้ปุ๋ยโพแทสเซียม
คลอไรด์ (60% K_2O) กับปุ๋ยขี้วัว 2 อัตรา (0 และ 200
กก./ไร่) แต่ละกรรมวิธีได้รับปุ๋ยไนโตรเจนจากปุ๋ย
แอมโมเนียมซัลเฟต (20%N) และ ฟอสเฟตในอัตรา
24 กก. N/ไร่ และ 12 กก. P_2O_5 /ไร่ ตามลำดับ ดำเนิน
การทดลองในไร่กสิกร อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น หนึ่งใน
แปลง และปุ๋ยฟอสเฟต 5 อัตรา (0, 6, 12, 18 และ
24 กก. P_2O_5 /ไร่) โดยใช้ปุ๋ยทริปเปิลซูเปอร์ฟอส-
เฟต (45% P_2O_5) กับปุ๋ยขี้วัว 2 อัตรา (0 และ 200
กก./ไร่) แต่ละกรรมวิธีได้รับปุ๋ยไนโตรเจนอัตรา 24
กก. N/ไร่ และโพแทสเซียม 24 กก. K_2O /ไร่ ตามลำดับ
อีกหนึ่งแปลงที่ไร่กสิกร อ.น้ำพอง จ.ขอนแก่น

สภาพดินทั้งสองแหล่ง เป็นดินไร่ มีเนื้อดินเป็นทรายสีเทา ไม่มีน้ำชลประทาน อาศัยน้ำฝนธรรมชาติ ปลูกอ้อยพันธุ์อุ้มทอง 1 ระยะ 1.4x0.5 เมตร หลุมละ 2 ท่อน ในแปลงทดลองย่อย 7.0x6.0 เมตร ทำการหว่านปุ๋ยก่อนปลูก 2 สัปดาห์ อ้อยปลูกปลายฝน ใสบ่อยเคมีครั้งแรกตอนต้นฝน ประมาณ 5-6 เดือนหลังปลูกระยะเวลาปลูกอ้อยถึงเก็บเกี่ยว ตั้งแต่ปลายเดือนตุลาคม-ธันวาคม 2538

เก็บตัวอย่างดินในระดับความลึก 20 เซนติเมตร จากผิวดินก่อนปลูกแบบสุ่ม 4-5 จุด แล้วนำมารวมกันเป็นตัวอย่างเดียว เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานดังต่อไปนี้

1) pH ของดิน อัตราส่วน ดิน : น้ำ 1:1

2) อินทรีย์คาร์บอน: ตามวิธีของ Walkley and Black (1934)

3) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (P): โดยวิธี BrayII (0.03 N NH₄F+0.1 N HCl)

4) โพแทสเซียมที่เป็นประโยชน์ (K): สกัดดินในสารละลาย 1 N ammonium acetate pH 7 วัดโพแทสเซียมด้วย atomic absorption spectrophotometer

5) เนื้อดินโดยวิธี Hydrometer method

หลังเก็บเกี่ยว เก็บข้อมูล pH (1:1), P(BrayII), K ในดินเฉพาะแปลงที่ไม่ได้ใสบ่อยโพแทสเซียมเท่านั้น

เก็บข้อมูลพืชโดยเก็บตัวอย่างใบอ้อยใบที่ 10 นับจากยอดเมื่อพืชมีอายุ 10 เดือนเพื่อวิเคราะห์หาธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม นำตัวอย่างใบพืชมาอบที่อุณหภูมิ 70°C. เป็นเวลา 48 ชั่วโมง วิเคราะห์หาไนโตรเจน โดยนำตัวอย่างพืชที่ผ่านการบดและอบแห้งมาสกัดด้วย H₂SO₄ และ H₂O ที่ 400°C. และวัดไนโตรเจนโดยใช้ UV-VIS spectrophotometer (Issac และ Johnson, 1976) วิเคราะห์หาฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม โดยนำตัวอย่างพืชที่ผ่านการบดและอบแห้งมาสกัดด้วย HNO₃ และ HClO₄ จากนั้นวัดฟอสฟอรัสโดยวิธี Vanadate-molybdate yellow colour method วัดโพแทสเซียมโดยใช้ Atomic emission spectroscopy

เก็บข้อมูลการให้ผลผลิตและคุณภาพดังนี้ วัด

เส้นผ่าศูนย์กลางลำอ้อย ด้วยการสุ่มวัดเส้นผ่าศูนย์กลางที่บริเวณกลางลำจาก 3 ลำ โดยใช้ Vernier caliper วัดความสูงต้นโดยสุ่มวัดความสูงจาก 3 ลำในแต่ละแปลงย่อยโดยวัดจากโคนลำจนถึงคอบใบบนสุดเมื่อพืชมีอายุ 10 เดือน หาน้ำหนักอ้อยโดยเก็บเกี่ยวอ้อยทั้งหมดจาก 3 แถวกลาง ซึ่งน้ำหนักแล้วคำนวณเป็นตันต่อไร่ หลังจากนั้นทำการสุ่มอ้อย 3 ลำต่อแปลงย่อยนำมาวิเคราะห์คุณภาพน้ำอ้อยในห้องปฏิบัติการ หาค่า %CCS (ความหวานบริสุทธิ์ของอ้อย) BRIX (ความหวานของอ้อยมีสิ่งเจือปนผสม) และ POL (ปริมาณน้ำตาลซูโครส)

ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยและวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) โดยใช้โปรแกรมการวิเคราะห์ทางสถิติ IRRISTAT Version 92-1 หาค่าความสัมพันธ์ระหว่าง %CCS, %BRIX และ %POL กับความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบอ้อยใบที่ 10 แบบ simple linear regression โดยแสดงค่า r บ่งบอกความสัมพันธ์

ผลการทดลองและวิจารณ์

สมบัติของดิน

ดินที่ใช้ในการทดลอง เป็นดินที่มีปฏิกริยาก่อนข้างเป็นกรดเล็กน้อย มี pH เท่ากับ 6-6.3 มีปริมาณอินทรีย์วัตถุในดินต่ำประมาณ 0.6-0.8% และมีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืชในเกณฑ์ค่อนข้างต่ำ กล่าวคือมีปริมาณ P และ K ที่สกัดได้ประมาณ 2-23 และ 35-42 มก./กก. ของดิน ตามลำดับ เนื้อดินเป็นดินร่วนทราย เพราะฉะนั้นดินที่ใช้ปลูกจึงเสี่ยงต่อการขาดน้ำในช่วงเพาะปลูก ถ้าประสบปัญหาฝนทิ้งช่วง

อิทธิพลของปุ๋ยฟอสเฟต โพแทสเซียม ปุ๋ยขาวต่อผลผลิตและองค์ประกอบของผลผลิต

ในการศึกษาผลของปุ๋ยฟอสเฟต ต่อผลผลิตอ้อยที่ไร่กสิกร อ. กุมภวาปี จ. อุดรธานี (Table 1) พบว่า โดยทั่วไปแล้วปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่มีผลต่อผลผลิตอ้อย แต่ไม่มีผลต่อองค์ประกอบของผลผลิตซึ่ง

Table 1. Effect of phosphate and lime supply on yield (ton/rai), cane weight (kg/cane), height (cm) and diameter (cm) at 10 month old sugarcane, Khon Kaen. (Values are means of three replications)

Phosphate supply (kg P ₂ O ₅ /rai)	Yield (ton/rai)		One cane weight (kg)		Height (cm)		Diameter (cm)	
	+Lime	-Lime	+Lime	-Lime	+ Lime	-Lime	+ lime	-Lime
0	22.8 ab*	19.7 b	2.1 a	2.2 ab	223.3 a	219.8 a	3.3 a	3.3 a
6	23.5 a	19.6 b	2.2 a	2.2 ab	212.6 a	213.4 a	3.4 a	3.2 a
12	18.8 b	20.4 ab	2.1 a	2.0 b	202.8 a	215.7 a	3.2 a	3.2 a
18	21.4 ab	23.4 ab	2.3 a	2.3 a	222.5 a	210.4 a	3.2 a	3.1 a
24	22.1 ab	24.5 a	2.3 a	2.1 ab	213.7 a	212.1 a	3.3 a	3.2 a
CV.(%)	11.4		7.5		7.0		7.9	

* Mens in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

ได้แก่ น้ำหนักเฉลี่ยต่อหนึ่งลำอ้อย ความสูงของอ้อย และเส้นผ่าศูนย์กลางของอ้อย ในกรณีที่ใช้ปุ๋ยขาว 200 กก./ไร่ ปุ๋ยฟอสเฟต 6 กก. P₂O₅/ไร่ ให้ผลผลิตสูงสุดคือ 23.5 ตัน/ไร่ ในขณะที่ไม่ใส่ปุ๋ยขาว ปุ๋ยฟอสเฟต 6 กก. P₂O₅/ไร่ ให้ผลผลิตเพียง 19.6 ตัน/ไร่ แสดงให้เห็นว่า การใช้ปุ๋ยขาว 200 กก./ไร่ ร่วมกับปุ๋ยฟอสเฟต 6 กก. P₂O₅/ไร่ เป็นกรรมวิธีเหมาะสมต่อการให้ผลผลิตของอ้อยในสภาพการทดลองเช่นนี้ เพราะการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตในอัตราสูงกว่า 6 กก. P₂O₅/ไร่ ไม่มีผลดีต่อการให้ผลผลิตในกรณีที่ใช้ปุ๋ยขาวร่วมด้วย

ในกรณีที่ใช้ปุ๋ยขาว อัตราปุ๋ยฟอสเฟตจะไม่มีผลต่อองค์ประกอบผลผลิต น้ำหนักเฉลี่ยต่อหนึ่งลำอ้อย 2.1-2.2 กก. ความสูงของอ้อย 203-223 ซม. เส้นผ่าศูนย์กลางของอ้อย 3.2-3.4 ซม. ซึ่งไม่แตกต่าง

ต่างกันทางสถิติ (Table 1) ในกรณีที่ไม่ใส่ปุ๋ยขาว พบว่าปุ๋ยฟอสเฟต 12 และ 24 กก. P₂O₅/ไร่ ให้ผลผลิตใกล้เคียงกันคือ 20 และ 24 ตัน/ไร่ ปุ๋ยฟอสเฟต 24 กก. P₂O₅/ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ยสูงกว่าฟอสเฟต 6 กก. P₂O₅/ไร่ 20% การไม่ใส่ปุ๋ยขาวให้น้ำหนักลำอ้อยเฉลี่ย 2-2.3 กก. เส้นผ่าศูนย์กลาง 3.1-3.3 ซม. ความสูง 210-220 ซม. ซึ่งก็ไม่แตกต่างมากนักกับในกรณีที่ใช้ปุ๋ยขาว Malavolta (1994) รายงานว่า อ้อยที่ขาดธาตุฟอสฟอรัสจะแตกกออ่อนลง ขนาดของลำเล็กและช่วงระหว่างข้ออ้อยจะสั้น ผลผลิตลดลง อุดมและคณะ (2536) ศึกษาการตอบสนองของอ้อยที่มีต่อการใส่ปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 0, 6, 12, 18 และ 24 กก. P₂O₅/ไร่ ที่ไร่เกษตรกร อ. สามชุก จ. สุพรรณบุรี พบว่าอ้อยไม่ตอบสนองต่อการใส่ปุ๋ยฟอสเฟต เนื่องจากมีผลตกค้างจากปุ๋ยฟอสเฟตที่ใส่

Table 2. Effect of potassium and lime supply on yield (ton/rai), cane weight (kg/cane), height (cm) and diameter (cm) at 10 month old sugarcane, Khon Kaen. (Values are means of three replications)

Phosphate supply (kg P ₂ O ₅ /rai)	Yield (ton/rai)		One cane weight (kg)		Height (cm)		Diameter (cm)	
	+Lime	-Lime	+Lime	-Lime	+ Lime	-Lime	+ lime	-Lime
0	12.1	11.3	1.1	1.2	175.4	178.2	2.7	2.9
6	12.9	10.7	1.1	1.0	172.1	177.8	2.8	2.6
12	14.9	12.6	1.3	1.3	180.7	178.3	2.8	2.7
18	12.6	12.6	1.2	1.2	190.8	179.6	3.0	2.7
24	13.9	11.0	1.3	1.2	175.8	183.9	2.8	2.8
CV.(%)	17.9		17.9		7.6		9.1	

Note In a column, means of treatment are not significantly different at the 5% level by DMRT.

ก่อนหน้านั้น Malavolta (1994) รายงานว่าปรกติแล้ว การใส่ปุ๋ยฟอสเฟตให้กับอ้อยปลูกนั้น ฟอสเฟตที่ใส่ ครั้งแรกยังคงเหลืออยู่เพียงพอต่อการเจริญเติบโตของ อ้อยต่อได้อีก

ในการศึกษาผลของปุ๋ยโพแทสเซียมกับอ้อย ที่ ไร่กสิกร จ.ขอนแก่น (Table 2) พบว่า อ้อยไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมเพราะลักษณะทั่วไปไม่แตกต่างกันทางสถิติ อัตราปุ๋ยโพแทสเซียมและปูนขาวไม่มีผลต่อผลผลิตอ้อยและองค์ประกอบผลผลิตในแปลงที่ไม่ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมให้ผลผลิตเฉลี่ย 11.7 ตัน/ไร่ ซึ่งน้อยกว่าแปลงที่ได้รับปุ๋ยอัตราสูงสุดเพียง 6% ทั้งนี้ข้อมูลได้จากค่าเฉลี่ยของแปลงที่ใส่และไม่ใส่ปูนขาว ในทำนองเดียวกัน น้ำหนักเฉลี่ยต่อหนึ่งลำอ้อย ความสูงของอ้อย และเส้นผ่าศูนย์กลางของอ้อย ก็ให้ค่าน้อยกว่าแปลงที่ได้รับปุ๋ยอัตราสูงสุดอยู่ 7%, 2% และ 1% ตามลำดับ งานทดลองนี้ให้ผลสอดคล้องกับ อุดม และปรีชา (2536) ซึ่งได้ศึกษาการทดลองปุ๋ยอ้อยในดินร่วนเหนียวสีน้ำตาลในสภาพมีการชลประทาน และพบว่าผลผลิตของอ้อยจะตอบสนองต่อปุ๋ยไนโตรเจนอย่างเดียว แต่จะไม่ตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียมในอัตรา 0, 9, 18, 27 และ 36 กิโลกรัมของโพแทสเซียมต่อไร่ สาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจจะอธิบายได้ว่า โพแทสเซียมไม่มีผลต่อผลผลิตที่เด่นชัดเมื่อเทียบกับไนโตรเจนและฟอสฟอรัส นอกจากนี้การทดลองในระยะเวลาดังกล่าว อาจจะยังไม่เห็นผลของโพแทสเซียม Grimme (1985) รายงานว่า อ้อยต้องการปริมาณโพแทสเซียมอย่างช้าๆ เพื่อผลผลิตอ้อย 24 ตัน/ไร่ ทั้งนี้

ช่วงระยะเวลาเจริญเติบโตของอ้อยถึงเก็บเกี่ยวยาว เช่น อ้อยจะใช้โพแทสเซียมน้อยมากในช่วงอายุ 0-100 วัน และจะใช้มากขึ้นในช่วงของอายุ 150-400 วัน สาเหตุที่เป็นเช่นนี้เพราะว่าโพแทสเซียมที่พืชได้รับส่วนใหญ่มาจากการปลดปล่อยจากดินชั้นล่าง อ้อยที่มีอายุมากจะมีระบบที่มีประสิทธิภาพในการดูดใช้โพแทสเซียมดีกว่าที่มีอายุน้อย Kanwar และ Rego (1995 a) รายงานว่าในการศึกษาต่อเนื่องระยะยาว การใส่ไนโตรเจนหรือไนโตรเจนกับฟอสเฟตโดยไม่มีการใส่โพแทสเซียม พบว่าพืชให้ผลผลิตน้อยลง นอกจากนี้ Kanwar และ Rego (1995b) รายงานอีกว่า ในการศึกษาคำแนะนำการให้ปุ๋ยโพแทสเซียมนั้น ถ้าทำการทดลองในระยะเวลาดังกล่าว อาจอธิบายข้อมูลผิดพลาดได้ ทั้งนี้เพราะการทดลองในระยะเวลาดังกล่าว มักจะให้เห็นผลการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียม

อิทธิพลของปุ๋ยฟอสเฟต โพแทสเซียม ปูนขาว ต่อคุณภาพของอ้อย

จากผลการทดลอง (Table 3) พบว่า อัตราปุ๋ยฟอสเฟตไม่มีผลต่อคุณภาพความหวานของอ้อย (%CCS, %BRIX และ %POL) ในแปลงที่ใส่ปูนขาว อัตราปุ๋ยฟอสเฟต 24 กก. P₂O₅/ไร่ จะให้ค่า %CCS, %BRIX และ %POL เท่ากับ 14.2, 21.4 และ 18.4 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าพืชได้รับปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 6 กก. P₂O₅/ไร่ 1.9 %CCS, 2.4% BRIX และ 2.3% POL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ความหวานของอ้อยที่ไม่ได้รับปุ๋ยฟอสเฟตให้ค่า %CCS, %BRIX ไม่

Table 3. Effect of lime and phosphate supply on % CCS, %BRIX and % POL. (Values are means of three replications)

Phosphate supply (kg P ₂ O ₅ /rai)	% CCS		% BRIX		% POL	
	+Lime	-Lime	+Lime	-Lime	+Lime	-Lime
0	13.7 ab	14.3 a	20.7 ab	20.9 a	16.5 b	18.3 a
6	12.3 b	13.4 a	19.0 b	20.1 a	16.1 b	17.4 a
12	13.9 a	13.1 a	20.6 ab	20.0 a	17.9 ab	17.0 a
18	13.5 ab	13.4 a	20.5 ab	20.5 a	17.6 ab	17.5 a
24	14.2 a	13.5 a	21.4 a	20.2 a	18.4 a	17.5 a
CV.(%)	6.2		5.3		5.7	

* Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

แตกต่างกับที่ได้รับอัตราปุ๋ยฟอสเฟต 24 กก. P₂O₅/ไร่ ยกเว้น %POL ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากอ้อยถูกไฟไหม้ก่อนเก็บเกี่ยว ความร้อนอาจมีผลทำให้ข้อมูลความหวานของอ้อยที่ได้ผิดไปจากความเป็นจริง อัปสร (2539) รายงานว่าในสภาพที่มีการเผาอ้อยในปัจจุบัน มีผลต่อการสูญเสียน้ำตาลทั้งทางตรงคือผลจากความร้อน และทางอ้อมคือการทำให้เกิดกลุ่มจุลินทรีย์ที่ทนร้อนซึ่งจะปนเปื้อนเข้าไปในขบวนการผลิตการเผาอ้อยจะกระตุ้นให้เกิดการสลายตัวของน้ำตาล sucrose เปลี่ยนเป็นน้ำตาล dextrose

Marinho (1975) และคณะ อ้างโดย Malavolta (1994) รายงานว่าในดินที่ไม่ขาดฟอสฟอรัสเมื่อปลูกอ้อย และให้ปุ๋ยฟอสเฟตอัตรา 16 กก. P₂O₅/ไร่ จะให้ผลผลิตลดลง ความเข้มข้นของน้ำตาล %POL และ %PURITY ลดลง โดยเฉพาะอ้อยต่อ หรืออีกนัยหนึ่งในดินที่ขาดฟอสฟอรัส เมื่ออ้อยได้รับปุ๋ยฟอสเฟต 8-16 กก. P₂O₅/ไร่ จะทำให้ %POL และ %PURITY เพิ่มขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าฟอสฟอรัสไม่มีผลต่อความหวานแต่อาจมีผลทางอ้อมเช่นในดินที่ขาดฟอสฟอรัส เมื่อพืชได้รับฟอสฟอรัสจะทำให้พืชมีการเจริญเติบโตดี มีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง และมีผลต่อการผลิตน้ำตาล Clements (1980) รายงานว่าการสังเคราะห์น้ำตาลโดยขบวนการสังเคราะห์แสง การสร้างน้ำตาล sucrose จากน้ำตาลโมเลกุลใหญ่ คือ glucose และ fructose และการเคลื่อนย้ายของน้ำตาลเกิดขึ้นได้นั้นเกี่ยวข้องกับรูปแบบต่างๆ ของฟอสเฟต Haag (1965) อ้างโดย Malavolta (1994) ได้แสดงให้เห็นว่าปริมาณน้ำตาลในลำอ้อยลดลงเมื่อ

พืชขาดฟอสฟอรัส เนื่องจากการเจริญเติบโตลดลง

การศึกษาผลของโพแทสเซียมต่อคุณภาพอ้อย (Table 4) พบว่าการใส่ปุ๋ยโพแทสเซียมมีแนวโน้มเพิ่มความหวานของอ้อย แต่ค่าที่ได้ก็ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ในกรณีใส่และไม่ใส่ปูนขาว ในแปลงที่ใส่ปูนขาว พืชที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราสูงสุดจะให้ค่า %CCS, %BRIX และ %POL เท่ากับ 13.6, 21.8 และ 18.1 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับอ้อยที่ไม่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียม ซึ่งให้ค่า %CCS, %BRIX และ %POL เท่ากับ 12.3, 20.4 และ 16.5% ตามลำดับ สำหรับแปลงที่ไม่ใส่ปูนขาวก็มีแนวโน้มทำนองเดียวกัน นอกจากนี้ปูนขาวก็ไม่มีอิทธิพลต่อความหวานของอ้อย ผลการศึกษาสอดคล้องกับปรีชาและคณะ (2536) ซึ่งได้ทำการศึกษาผลการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมไนเตรท และโพแทสเซียมซัลเฟต เป็นปุ๋ยทางใบ โดยพ่นเมื่ออ้อยเริ่มสะสมน้ำตาล อายุ 6 เดือน พบว่าการพ่นโพแทสเซียมทั้งสามชนิดเพิ่มปริมาณน้ำตาลให้แก่อ้อย โดยเฉพาะพันธุ์อุ้มทอง 1 ซึ่งมีความหวานต่ำ อิทธิพลของโพแทสเซียมจะแสดงให้เห็นในเดือนที่ 2 หลังการฉีดพ่นเมื่ออ้อยมีอายุ 8-11 เดือน นอกจากนี้ รัฐพล และคณะ (2536) ทำการศึกษาผลของปุ๋ยโพแทสเซียมคลอไรด์อัตราต่างๆ (0, 1, 3, 4 และ 5%) พ่นทางใบเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลในอ้อย 2 พันธุ์ (อุ้มทอง 1 และสายพันธุ์ 81-1-026) พบว่า ในอุ้มทอง 1 และสายพันธุ์ 81-1-026 การพ่นโพแทสเซียมที่อัตราต่างๆ ทำให้ค่า CCS ไม่แตกต่างกับวิธีที่ไม่มีการพ่นด้วยโพแทสเซียม ยกเว้นวิธีการพ่นด้วยอัตรา 5% ในอ้อย

Table 4. Effect of lime and potassium supply on % CCS, %BRIX and % POL. (Values are means of three replications)

Potassium supply (kg K ₂ O/rai)	% CCS		% BRIX		% POL	
	+Lime	-Lime	+Lime	-Lime	+Lime	-Lime
0	12.3	11.9	20.4	19.7	16.5	16.1
6	11.9	11.2	20.0	19.2	15.2	16.5
12	12.3	11.1	20.4	19.4	15.3	16.0
18	11.9	11.6	19.9	20.0	16.0	15.9
24	13.6	13.1	21.8	21.8	18.1	17.6
CV.(%)	613.3		7.2		10.3	

Note In a column, means of treatment are not significantly different

Table 5. Effect of phosphate and lime supply on concentrations of % N, % P and % K in the leaf blade order 10 of 10 months old plants. (Values are means of three replications)

Phosphate supply (kg P ₂ O ₅ /rai)	% N		% P		% K	
	+Lime	-Lime	+Lime	-Lime	+Lime	-Lime
0	0.7	0.8	0.2	0.2	1.4	1.4
6	0.6	0.8	0.2	0.2	1.4	1.4
12	0.7	0.6	0.2	0.2	1.5	1.5
18	0.6	0.6	0.2	0.2	1.5	1.4
24	0.7	0.6	0.2	0.2	1.3	1.4
CV.(%)	40.3		11.6		8.7	

Note In a column, means of treatment are not significantly different

สายพันธุ์ 81-1-026 ทำให้ค่า CCS สูงกว่าวิธีที่ไม่มีการพ่นด้วยโพแทสเซียมถึง 1.12

จากผล %CCS การทดลองนี้ ในแปลงที่ได้รับ การใส่ปุ๋ยและพ่นปุ๋ยโพแทสเซียมอัตราสูง สุด ให้ค่า CCS สูงกว่าพืชที่ไม่ใส่โพแทสเซียม ถึง 1.3 %CCS แต่ไม่ต่างกันทางสถิติ (Table 4) ดังนั้น อาจกล่าวได้ว่าการใช้ปุ๋ยโพแทสเซียมมีแนวโน้มที่จะมีผลต่อการเพิ่มคุณภาพความหวานของอ้อย

อิทธิพลของปุ๋ยฟอสเฟต โพแทสเซียม ปูนขาว ต่อความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบอ้อย

การศึกษาครั้งนี้พบว่า ปุ๋ยฟอสเฟตและปูนขาว ไม่มีผลต่อความเข้มข้นของธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในใบอ้อยใบที่ 10 ทั้งนี้ เพราะค่าเปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมในใบอ้อยใบที่ 10 ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (Table 5) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการเก็บตัวอย่างใบจาก พืชที่อายุแก่มาก ไม่ว่าจะพิจารณาในแง่ของ อายุพืช (growth stage) หรืออายุใบพืช (physiological age) คือเก็บใบที่ 10 ค่าความเข้มข้นของไนโตรเจน จะมีค่าต่ำคืออยู่ในช่วง 0.6-0.8% ฟอสฟอรัสจะอยู่ในเกณฑ์ปกติ ประมาณ 0.2% และโพแทสเซียมจะอยู่ในช่วง 1.3-1.5% ทั้งนี้เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ การรายงานของ Samuels และ Capo (1965) ในประเทศเปอร์โตริโก (Table 6) โดยเก็บตัวอย่างใบอ้อยใบที่ 2, 3 และ 4 เมื่ออ้อยอายุประมาณ 3 เดือน แล้วแบ่งระดับความเข้มข้นออกเป็นช่วง Orlando (1978) อ้าง

Table 6. Concentrations levels of %N, %P and %K of the third leaf blade of the sugarcane. (Data obtained from Puerto Rico)

Concentration levels	% N	% P	% K
Very low	<1	<0.1	<1
Low	1.0-1.4	0.1-0.15	1-1.5
Rather low	1.4-1.5	0.15-0.18	1.5-1.65
Normal	1.5-2.0	0.18-0.25	1.65-2.0
High	2.0-2.5	0.25-0.3	2.0-3.0
Very high	<2.5	<0.3	<3.0

Source : Adapted from Samuels and Capo 1956

Table 7. Effect of potassium and lime supply on the concentrations of %K on the leaf blade order 10 of 10 months old plants. (Values are means of three replicate ions)

Potassium supply (kg K ₂ O/rai)	% K	
	+Lime	-Lime
0	0.6 b1	0.6 b
6	0.8 ab	0.8 ab
12	0.9 a	1.0 a
18	1.0 a	0.9 ab
24	0.9 ab	1.0 ab
CV.(%)	24.4	

* Means in the same column followed by a common letter are not significantly different at the 5% level by DMRT

โดย Malavolta (1994) รายงานว่าเปอร์เซ็นต์ของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียมในใบ อ้อยปลูกพันธุ์ CB 41-76 จะเปลี่ยนแปลงไปตามอายุของพืช

การศึกษาครั้งนี้พบว่า พืชมีการตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียม (Table 7) อ้อยที่ไม่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมจะมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบที่ 10 ประมาณ 0.6 ซึ่งน้อยกว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมใน

ใบอ้อยที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมอัตรา 12 กก. K_2O /ไร่ เท่ากับ 58% โดยคิดเฉลี่ยจากแปลงที่ใส่และไม่ใส่ ปุ๋ยขาว และการใส่ปุ๋ยขาวไม่มีผลต่อความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบทุกอัตราปุ๋ย เป็นที่น่าสังเกตว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบที่ 10 จากยอดมีค่าต่ำกว่าค่าความเข้มข้นวิกฤติ ซึ่งค่าความเข้มข้นวิกฤติของโพแทสเซียมในใบที่ 3-5 จากยอด เมื่ออ้อยอายุ 5-7 เดือน มีค่า 1.1% (สรสิทธิ์, 2535) อาจจะอธิบายได้ว่าการเก็บใบพืชที่อายุมากทำให้ความเข้มข้นของโพแทสเซียมมีค่าต่ำกว่าค่าวิกฤติ เพราะโพแทสเซียมเป็นธาตุที่เคลื่อนย้ายได้ดี โพแทสเซียมที่ได้จากดินจะไม่สะสมไว้ที่ใบแก่ แต่จะเคลื่อนย้ายไปสู่ใบที่อ่อนกว่า ในอีกกรณีหนึ่งการเก็บใบอ้อยเมื่ออายุ 10 เดือนอาจจะเก็บช้าเกินไป โพแทสเซียมอาจถูกนำไปสร้างน้ำตาลเป็นส่วนใหญ่เมื่อเปรียบเทียบกับใบอ้อยอายุ 5-7 เดือน Malavolta (1994) รายงานว่าในกรณีอ้อยปลูกควรเก็บใบอ้อยมาวิเคราะห์ธาตุอาหารเมื่อพืชอายุประมาณ 3-5 เดือนและพบว่าปริมาณโพแทสเซียมในใบที่ 3 ของอ้อยอายุประมาณ 4 เดือน ที่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมมีความเข้มข้นของโพแทสเซียมสูงกว่าอ้อยที่ไม่ได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมถึง 100% นอกจากนี้ Malavolta (1994) ยังรายงานว่าเมื่ออ้อยแก่เริ่มเหลือง (senescence) โพแทสเซียมจะถูกเคลื่อนย้ายจากใบไปสู่ลำอ้อยไม่ว่าพืชนั้นได้รับปุ๋ยโพแทสเซียมเพียง

ความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในใบอ้อย กับ %CCS, %BRIX และ %POL

หลังจากพบว่าพืชมีแนวโน้มที่จะตอบสนองต่อปุ๋ยโพแทสเซียม ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างโพแทสเซียมในใบอ้อย เมื่ออ้อยอายุ 10 เดือน กับ %CCS, %BRIX และ %POL เพื่อเป็นการคาดคะเนโดยใช้วิธีการวิเคราะห์พืชว่า ความเข้มข้นของโพแทสเซียมที่ระดับไหนจะเป็นค่าวิกฤติ พบว่าความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบอ้อยไม่มีความสัมพันธ์กับ %CCS, %BRIX และ %POL ทั้งนี้ค่าสหความสัมพันธ์ (r) เท่ากับ 0.2, 0.2 และ 0.02 ตามลำดับ เหตุผลที่สามารถอธิบายได้อย่างหนึ่งคือตำแหน่งในที่เก็บทำ

การวิเคราะห์อาจจะเป็นตัวแทนที่ไม่เหมาะสม

คุณสมบัติของดินหลังเก็บเกี่ยว

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างดินที่เก็บเฉพาะแปลงย่อยที่ได้ใส่ปุ๋ยโพแทสเซียม พบว่า ค่า pH ลดลงเล็กน้อยทั้งแปลงที่ได้ใส่และไม่ใส่ปุ๋ยขาว คือ pH เท่ากับ 5.8-5.9 ปริมาณฟอสฟอรัสที่สกัดได้ไม่ลดลง และพบว่า อ้อยดูดใช้โพแทสเซียมจากดินไปมาก ซึ่งความเข้มข้นเหลือเพียง 6 มก./กก. ของดิน

สรุปผลการทดลอง

ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่า ปุ๋ยฟอสเฟตมีผลต่อการเพิ่มผลผลิตของอ้อย โดยในกรณีที่ไม่ใส่ปุ๋ยขาวพืชที่ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัส 24 กก. P_2O_5 /ไร่ ให้ผลผลิตสูงกว่าพืชที่ได้รับปุ๋ยฟอสฟอรัส 6 กก. P_2O_5 /ไร่ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม การใช้ปุ๋ยขาว 200 กก./ไร่ อาจลดปริมาณการใช้ปุ๋ยฟอสเฟตลงได้ ถ้าปุ๋ยขาวที่ใส่ลงไปได้ปรับ pH ของดินให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมต่อความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส ในการทดลองนี้พบว่า ปุ๋ยฟอสเฟตไม่มีผลต่อคุณภาพความหวานของอ้อย

ใบอ้อยใบที่ 10 ที่เก็บมาวิเคราะห์ธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมเมื่ออ้อยอายุ 10 เดือนเป็นตัวอย่างไม่เหมาะสม ความเข้มข้นของฟอสฟอรัสในใบอ้อยไม่ตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยฟอสเฟต แต่ความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบอ้อยมีแนวโน้มตอบสนองต่ออัตราปุ๋ยโพแทสเซียม

ปุ๋ยโพแทสเซียมมีแนวโน้มต่อคุณภาพของอ้อย ในการเพิ่มน้ำตาล sucrose ในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของโพแทสเซียมในใบที่ 10 กับ %CCS, %BRIX และ %POL อาจเป็นเพราะใบอ้อยใบที่ 10 เป็นตัวแทนที่ไม่เหมาะสมเพราะการเปลี่ยนตำแหน่งสะสม (sink) ของธาตุอาหารพืชเกิดตามอายุชั้ย ดังนั้นตำแหน่งที่เลือกจะต้องกำหนดระยะเวลาเจริญเติบโตควบคู่กันไปเสมอ นอกจากนี้การศึกษาระยะเวลาดังนั้นไม่พบอิทธิพลของโพแทสเซียมต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต

คำขอขอบคุณ

คณะผู้ดำเนินงานวิจัยขอขอบพระคุณ นายสุภาพ (ขอภัยที่ไม่ทราบนามสกุล) ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อ. กุมภาวปี จ. อุดรธานี และนายพิชิต ตราชู ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อ. น้ำพอง จ. ขอนแก่น เพื่อการศึกษา

คณะผู้จัดทำขอขอบคุณ นายบุญเลิศ บุญยงค์ กองปฐพีวิทยา ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์วัสดุและอุปกรณ์การเกษตร และนางรุ่งรัตน์ กิจเจริญปัญญา ศูนย์เกษตรอ้อยภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่ได้ช่วยเหลือในด้านวิเคราะห์คุณสมบัติอ้อยทางเคมี (%CCS, %BRIX และ %POL)

เอกสารอ้างอิง

- ปรีชา พราหมณี, รัฐพล ชูยอด, และ จักรินทร์ ศรีทธา พร. 2536. ผลของการใช้โพแทสเซียม 3 ชนิด ฉีดพ่นทางใบเพื่อเพิ่มปริมาณน้ำตาลในอ้อย (การทดลองที่ 1) รายงานประจำปี 2536. อ้อย Vlo 1. ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร. หน้า 113-122.
- พิพัฒน์ วีระถาวร. 2537. การผลิตอ้อยในประเทศไทย วารสารอ้อยและน้ำตาลไทยปีที่ 1 ฉบับที่ 2. หน้า 2-5.
- รัฐพล ชูยอด, ปรีชา พราหมณี, ธนิต โสภโณตร อรรถสิทธิ์ บุญธรรม และ พันธุ์ศักดิ์ อินทรวงค์. 2536. ผลของการใช้โพแทสเซียมอัตราต่างๆ พ่นทางใบเพื่อปริมาณน้ำตาลในอ้อย. รายงานประจำปี 2536 อ้อย vol 1 ศูนย์วิจัยพืชไร่สุพรรณบุรี กรมวิชาการเกษตร. หน้า 132-138.
- สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน. 2535. คู่มือการปรับปรุงดินและการใช้ปุ๋ย คณะกรรมการจัดกิจกรรม เพื่อเพิ่มกองทุน ศต.สรสิทธิ์ วัชรโรทยาน ภาคปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ. หน้า 164.
- อุดม รัตนารักษ์ และปรีชา ประจวบเหมาะ. 2536. การทดลองปุ๋ยอ้อยที่ปลูกในดินร่วนเหนียวสีน้ำตาล สภาพมีการชลประทาน. การประชุมวิชาการ ประจำปี 2536 กลุ่มงานวิจัยดินและปุ๋ยพืชไร่ กองปฐพีวิทยา กรมวิชาการเกษตร. หน้า 154-169.
- อัปสร เปลียนสินไชย. 2539. หีบอ้อยไม่ได้น้ำตาลน้ำตาลหายไปไหน? ข่าวสารสมาคมนักวิชาการอ้อยและน้ำตาลแห่งประเทศไทย ปีที่ 3 ฉบับที่ 2 มีนาคม-เมษายน. 2539.
- Clements, H.F. 1980. Sugarcane crop logging and crop control-Principles and practices. Pitman Publishing Ltd. London. 520 p.
- Grimme, H. 1985. Dynamic of potassium in the soil-plant system. Proc. 19th colloq. of the Intern. Potash Institute, Berne Switzerland 127-154.
- Hartt, C.E. 1934. Some effects of potassium upon the amounts of protein and aminoforms of nitrogen, sugar and enzyme activity of sugarcane. Plant Physiol. 9 : 453-490
- Humbert, R.H. 1968. The growing of sugarcane. Elsevier Publishing Company. Amsterdam, London, New York. 779 p.
- Issac, R.A. and Johnson, W.C. 1976. Determination of total nitrogen in plant tissue using a block digester. J. Assoc. off. Anal Chem. 59, 98-100.
- Kanwar, J.S. and Rego, T.J. 1995 a. Nutrient imbalance on the increase. In Comments on Potassium Management in Asian Cropping System, Inter. Fert. Correspondent. vol XXXVI 1/1995.
- Kanwar, J.S. and Rego, T.J. 1995b. K management recommendations based on short-term observations are misleading. In Comments on Potassium Management in Asian Cropping System, Inter. Fert. Correspondent. vol XXXVI 1/1995.
- Malavolta, E. 1994. Nutrient and Fertilizer Management in Sugarcane. International Potash Institute. Base/Switzerland. IPI-Bulletin No 14. pp. 104.
- Orlando Filho, J. 1978. Absorcao dos macronutrientes pela cana-de-acucar (Saccharum spp.) variedade CB 41-76 em tres grandes grupos de solos no Estado de Sao Paulo. PhD. Thesis, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP. Piracicaba. 154 p.
- Samuels, G. and Capo, R. 1956. Research with sugarcane fertilizers in Puerto Rico, 1910-54. Univ. of Puerto Rico Agr. Exp. Sta. Tech. Paper 16. Rio Piedras. 104 p.
- Walkley, A. and Black, J.A. 1934. An examination of the Degljareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37, 29-38.