ปริมาณมหธาตุอาหารของอ้อยพันธุ์ K95-84

Macronutrient Contents of Sugarcane cv. K95-84

ประสิทธิ์ ขุนสนิท[1] และ สุนทรี ยิ่งชัชวาลย์[1,2,3*]

Prasit Khunsanit[1] and Suntaree Yingjajaval[1,2,3*]

Abstract

In this study, the total contents of macronutrients as a function of total dry mass were determined throughout the development period of sugar cane cv. K95-84. The nutrient content is the product of plant dry mass and the nutrient concentration.The biomass and the concentrations of macronutrients: N, P, K, Ca and Mg of root, stalk and leaf were analyzed on a monthly interval. The nutrient contents wereestimated in two parts, namely the whole sugarcane and the harvested cane yield. A linear function was established between the nutrient content and the dry mass of the cane, the slope of which was the nutrient concentration average. For the whole sugarcane(Md_W), the average concentrations on dry mass basis were N=0.667%, P=0.113%, K=1.5% for Md_W d"8 ton rai^{-1} and K=120 kg rai^{-1} for Md_W >8 ton rai^{-1}, Ca=0.148% and Mg=0.118%. For the dry cane yield(Md_{CY}), N=0.636%, P=0.106%, K=1.322% for Md_{CY} d"2.6 ton rai^{-1} and K=35kg $rai^{-1}$for Md_{CY} >2.6 ton rai^{-1}, Ca=0.081% and Mg=0.115%. As the nutrient content accumulated along with the increasing cane biomass, Kwas the exception in that its content increased initially with the cane dry mass before it reached a plateau. Potassium accounted for 51% of the total amount of all macronutrients.The content of eachmacronutrient in the harvested cane was about 24%, with Ca only 13%,of theamount present in the whole sugarcane. So the cane residuesafter harvest contain significant amount ofmacronutrients.The study estimated that a fresh cane yield of 20 ton rai^{-1}would deprive the soil of N=24.7, P=4.1, K=35.0, Ca=3.2 and Mg=4.4 kg rai^{-1}. The N:P:K ratio for sugarcane was 6:1:10. The period when the largest amount of nutrient was required was at the highest rate of dry mass increase at 8 months after planting. The replenishment of macronutrients in accordance to the amount removed, and at the right timing would sustain the soil productivity for sugarcane production.

Keywords:sugarcane : nutrient concentration, macronutrient requirement

---

[1] คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, KamphaengSaen, NakhonPathom 73140, Thailand

[2] ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140
Center for Agricultural Biotechnology, Kasetsart University, KamphaengSaen, NakhonPathom 73140, Thailand

[3] ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10900
Center of Excellence on Agricultural Biotechnology (AG-BIO)/PERDO-CHE, Bangkok 10900, Thailand

รับเรื่อง : เมษายน 2554

* Corresponding author: suntaree.y@ku.ac.th

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ประเมินความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมหธาตุอาหารพืชกับมวลชีวภาพรวม ของอ้อยพันธุ์ K95-84ปริมาณธาตุอาหารคือผลคูณของปริมาณมวลแห้งกับความเข้มข้นของธาตุอาหารตลอดช่วงการเติบโตทุกเดือนได้วัดมวลชีวภาพและวิเคราะห์ความเข้มข้นของมหธาตุอาหารพืช 5 ชนิด ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียม ของส่วนราก ลำต้นและใบในที่นี้ได้ประเมินแยกเป็นสองส่วน คือปริมาณธาตุอาหารในมวลแห้งทั้งหมดของอ้อยและปริมาณธาตุอาหารเฉพาะส่วนของลำอ้อยที่เก็บเกี่ยวออกจากแปลง พบความสัมพันธ์ระหว่างมวลแห้งกับปริมาณธาตุอาหารเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นตรงซึ่งค่าความลาดชันจะเท่ากับค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของธาตุอาหาร(%เชิงมวลแห้ง) สำหรับมวลแห้งของอ้อยทั้งหมด(Md_W) ได้ค่าเฉลี่ยN=0.667%, P=0.113%, K=1.5%เมื่อ Md_W d" 8 ตัน ไร่$^{-1}$ และ K=120 กก. ไร่$^{-1}$ เมื่อ Md_W> 8 ตัน ไร่$^{-1}$, Ca=0.148%และ Mg=0.118%สำหรับมวลแห้งผลผลิตลำอ้อย(Md_{CY})ความเข้มข้นเฉลี่ย N=0.636%, P=0.106%, K=1.322%เมื่อ Md_{CY}ฺ2.6 ตัน ไร่$^{-1}$ และ K = 35 กก. ไร่$^{-1}$ เมื่อ Md_{CY}> 2.6 ตัน ไร่$^{-1}$,Ca=0.081%และ Mg=0.115%ปริมาณธาตุอาหารที่สะสมมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณมวลแห้งของอ้อยยกเว้นโพแทสเซียมซึ่งจะเพิ่มขึ้นในช่วงแรกจนถึงค่าเพดานคงที่ระดับหนึ่ง พบว่าปริมาณของโพแทสเซียมมีมากถึง 51% ของปริมาณมหธาตุอาหารรวมทุกชนิด ปริมาณมหธาตุอาหารทุกชนิดในลำอ้อยที่เก็บเกี่ยวมีค่าประมาณ 24% ของที่ปรากฏในมวลแห้งทั้งหมดของอ้อย ยกเว้นธาตุ Ca ที่มีเพียง 13%เศษอ้อยที่เหลือในแปลงจึงมีเป็นแหล่งมหธาตุอาหารพืชที่สำคัญ สำหรับผลผลิตลำอ้อยสด 20ตัน ไร่$^{-1}$มหธาตุอาหารพืชที่ปรากฏในมวลแห้งของลำอ้อยที่เก็บเกี่ยวออกไปเท่ากับN=24.7, P=4.1, K=35.0,Ca=3.2และ Mg=4.4กก. ไร่$^{-1}$สูตรปุ๋ยเคมีที่ตรงกับปริมาณมหธาตุอาหารในมวลอ้อยทั้งหมดคือ N:P:K เท่ากับ 6:1:10 ช่วงที่อ้อยต้องการธาตุอาหารมากที่สุดเกิดขณะที่อ้อยมีการสร้างมวลแห้งสูงสุดที่อายุ 8 เดือน การใส่มหธาตุอาหารทุกชนิดกลับคืนสู่แปลงอย่างน้อยให้ได้เท่ากับปริมาณที่นำออกไปและตรงกับช่วงอายุที่อ้อยมีการเติบโตสูงสุด เป็นแนวทางหนึ่งในการรักษาระดับผลผลิตของอ้อยให้ได้สูงและยั่งยืน

คำนำ

แนวทางที่จะกำหนดปริมาณธาตุอาหาร ที่พืชต้องการ ทำได้ในขั้นเบื้องต้นโดยการประเมินปริมาณธาตุอาหารที่ปรากฏในต้น วิธีการคือวัดมวลชีวภาพของต้น ซึ่งมักทำแยกเป็นส่วนๆ ตามแนวที่ปฏิบัติได้ของการเก็บตัวอย่างภาคสนาม หลังจากนั้นจึงวิเคราะห์ความเข้มข้นของธาตุอาหารในแต่ละชิ้นส่วน เมื่อคูณปริมาณมวลแห้งกับความเข้มข้นจะได้ปริมาณธาตุอาหารในแต่ละชิ้นส่วนของพืชนั้นๆ และเมื่อรวมทุกชิ้นส่วนจะได้ปริมาณธาตุอาหารที่ปรากฏในต้นทั้งหมด วิธีการทำบัญชีธาตุอาหารเช่นนี้เป็นการประมาณการขั้นต้น ทำให้สามารถกำหนดค่าปริมาณธาตุอาหารที่พืชต้องการตามที่ปรากฏในต้นพืชเพื่อสร้างมวลชีวภาพระดับต่างๆ หากประเมินปริมาณธาตุอาหารตลอดระยะการเติบโตของพืช จะทำให้ได้ปริมาณธาตุอาหารและสัดส่วนของธาตุอาหารพืชที่พืชต้องการในแต่ละช่วงเวลาพัฒนาการได้ จึงทำให้ได้ข้อมูลระดับอ้างอิงสำหรับปรับการจัดการอัตราปริมาณธาตุอาหารให้ตรงกับความต้องการของพืช ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการให้ปุ๋ย หลักการนี้ได้นำไปใช้ในการประเมินปริมาณธาตุอาหารในยางพารา ซึ่งทำให้เห็นชัดว่าต้นยางพารามีความต้องการธาตุแคลเซียมในปริมาณสูงสุด โดยเป็นธาตุที่ปรากฏในส่วนของลำต้นที่เป็นส่วนที่มีมวลแห้งมากที่สุดของต้น (Bangjan and Yingjajaval, 2006; Yingjajaval and Bangjan, 2006) ใช้ในการศึกษามวลชีวภาพและปริมาณธาตุอาหารของต้นส้มโชกุนอายุ 2 ปีและผลส้มที่อายุต่างๆ (Noidee and Yingjajaval, 2003) ใช้ในการศึกษาต้นคะน้า (Ruangwitthayachoti *et al*., 2009)

และใช้ในการศึกษาปริมาณการสูญเสียธาตุอาหารจากดินโดยติดไปกับผลส้มโอที่เก็บเกี่ยวออกจากสวน (Chanchareonsook *et al*., 2006)

ในที่นี้ ได้นำแนวการศึกษาข้างต้นมาใช้กับอ้อยพันธุ์ K95-84 โดยประเมินมวลชีวภาพของอ้อยตลอดช่วงการเติบโตจนเก็บเกี่ยว วิเคราะห์ความเข้มข้นของมหธาตุอาหารพืช ทั้งนี้ได้ประเมินปริมาณมหธาตุอาหารแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ปริมาณมหธาตุอาหารรวมทั้งหมดที่อ้อยใช้เพื่อสร้างส่วนประกอบต่างๆของต้น และอีกส่วนคือปริมาณมหธาตุอาหารที่ปรากฏเฉพาะในผลผลิตลำอ้อยที่ถูกนำออกจากแปลงเมื่อเก็บเกี่ยว ซึ่งทำให้สามารถกำหนดปริมาณปุ๋ยเคมีสำหรับการเติบโตของอ้อยทั้งต้นหรือสำหรับการเติบโตเฉพาะส่วนของลำอ้อยที่นำออกจากแปลง การใส่ปุ๋ยให้อ้อยควรใส่คืนแปลงในปริมาณที่ไม่น้อยกว่าที่นำออกไป

การประเมินมวลชีวภาพของอ้อย ได้รายงานไว้ก่อนหน้านี้ (Khunsanit and Yingjajaval, 2011) ในส่วนนี้จะรายงานรายละเอียดของค่าวิเคราะห์ของความเข้มข้นและปริมาณของมหธาตุอาหารรวมในอ้อยตลอดช่วงระยะเติบโต

อุปกรณ์และวิธีการ

เก็บข้อมูลมวลชีวภาพของอ้อย ในแต่ละช่วงอายุของการเติบโตในพื้นที่ 0.5x1.3 ม.^{2} แยกชิ้นส่วนของส่วนเหนือดิน คือ ใบสด ใบแห้งตาย กาบใบสด กาบใบแห้งตาย ลำ และส่วนใต้ดิน คือ เหง้าและราก ทุกความลึก 10 เซนติเมตร จนถึงความลึก 50 เซนติเมตร ทุก 30 วันตั้งแต่อายุ 90-360 วันหลังปลูก รายละเอียดปรากฏในรายงานก่อนหน้านี้ (Khunsanit and Yingjajaval, 2011) สุ่มตัวอย่างของแต่ละชิ้นส่วน กรณีของใบและกาบใบสดใช้ใบลำดับที่ 3 จากใบที่เห็น TVD (top visible dewlap) ชัดเจน ส่วนของลำแบ่งเป็นส่วนโคน กลาง และปลายลำ ตัดเป็นชิ้นยาวประมาณ 5 เซนติเมตร อบตัวอย่างให้แห้งที่ 80 องศาเซลเซียส คำนวณค่าสัดส่วนมวลแห้งต่อมวลสด การวิเคราะห์ทางเคมีของตัวอย่างอ้อยสำหรับความเข้มข้นของมหธาตุอาหารพืช ทั้ง 5 ชนิด คือ ไนโตรเจน (N) ฟอสฟอรัส (P) โพแทสซียม (K) แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการสาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผลและวิจารณ์

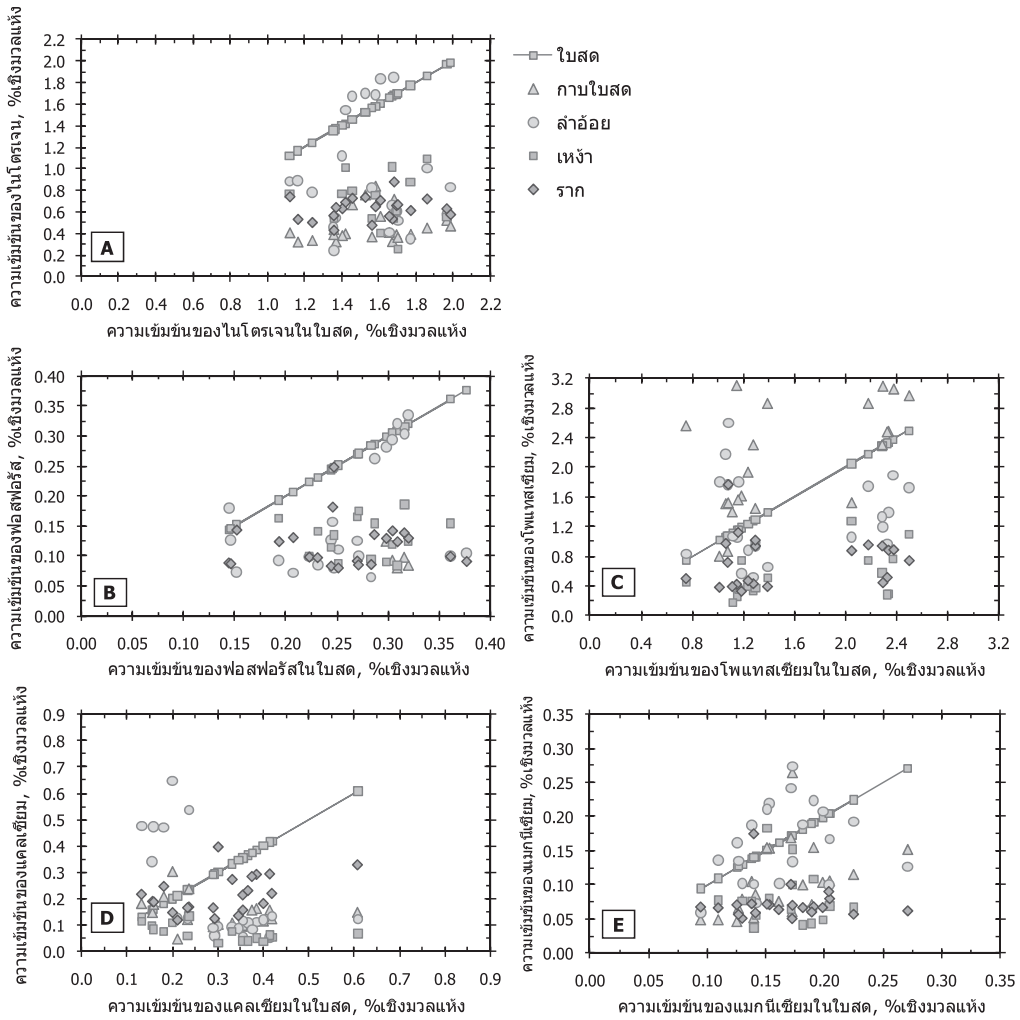
1. ความเข้มข้นของมหธาตุอาหารพืชในแต่ละชิ้นส่วนของอ้อย

อ้อยแต่ละชิ้นส่วนมีความเข้มข้นของธาตุอาหารเฉลี่ยตามค่าวิเคราะห์ทางเคมี ดังแสดงในตารางที่ 1 ค่าความเข้มข้นของ N และ P มีระดับสูงในใบสด ส่วน K มีค่าความเข้มข้นสูงในกาบใบสด ขณะที่ Ca และ Mg มีค่าความเข้มข้นสูงในใบแห้ง ธาตุ Ca เคลื่อนที่ในพืชได้น้อย เพราะถูกใช้เป็นองค์ประกอบของเซลล์โดยเฉพาะในส่วนของผนังเซลล์ จึงมีค่าความเข้มข้นในใบและกาบใบแห้งสูง ส่วน Mg แม้จะเป็นธาตุที่สามารถเคลื่อนที่ได้มากกว่า ยังพบในใบและกาบใบแห้งตายสูงเช่นกัน

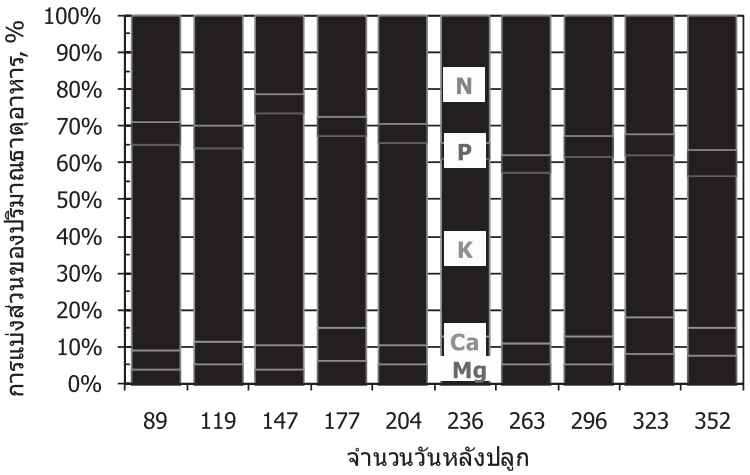
ความเข้มข้นของมหธาตุอาหารที่ปรากฏในส่วนอื่นๆเมื่อเทียบกับที่ปรากฏในใบสด ดังแสดงในภาพที่ 1 พบว่าใบสดมีความเข้มข้นของ N สูงกว่าส่วนอื่นของอ้อยมาก โดยมีค่าอยู่ในช่วง 1.5-2.0% เชิงมวลแห้ง มีเพียงลำอ้อยบางตัวอย่างที่มีความเข้มข้นสูงกว่าใบสด (ภาพที่ 1A) ใบสดมีความเข้มข้นของ P ในช่วง 0.15-0.38% เชิงมวลแห้ง และสูงกว่าส่วนอื่น (ภาพที่ 1B) ลำอ้อยบางตัวอย่างมีความเข้มข้นของ P ใกล้เคียงกับใบสด ความเข้มข้นของ K ในกาบใบสดและลำอ้อยมีค่าสูงกว่าในใบสด โดยกาบใบสดมีความเข้มข้นของ K สูงได้ถึง 3.2% เชิงมวลแห้ง ส่วน Ca และ Mg ในลำอ้อยมีระดับความเข้มข้นที่สูงกว่าในใบสด

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของความเข้มข้นของมหธาตุอาหารแต่ละชนิดในแต่ละชิ้นส่วนของอ้อย รวมทุกตัวอย่างทุกช่วงอายุจำนวน 129 ตัวอย่าง ตัวเลขในวงเล็บแสดงค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation)

ส่วนต่างๆ	ความเข้มข้นของธาตุอาหาร, %เชิงมวลแห้ง					จำนวนตัวอย่าง
	N	P	K	Ca	Mg	
ใบสด	1.55 *(0.24)*	0.26 *(0.06)*	1.57 *(0.58)*	0.31 *(0.11)*	0.17 *(0.04)*	22
กาบใบสด	0.46 *(0.15)*	0.10 *(0.05)*	2.06 *(0.76)*	0.14 *(0.06)*	0.10 *(0.05)*	22
ใบแห้งตาย	0.49 *(0.07)*	0.10 *(0.02)*	0.22 *(0.07)*	0.72 *(0.13)*	0.21 *(0.06)*	5
กาบใบแห้งตาย	0.25 *(0.08)*	0.03 *(0.02)*	0.61 *(0.04)*	0.15 *(0.06)*	0.18 *(0.09)*	5
ลำ	0.76 *(0.48)*	0.14 *(0.08)*	1.06 *(0.55)*	0.15 *(0.16)*	0.13 *(0.05)*	37
เหง้า	0.75 *(0.31)*	0.13 *(0.03)*	0.54 *(0.31)*	0.07 *(0.03)*	0.08 *(0.04)*	16
ราก	0.63 *(0.10)*	0.12 *(0.04)*	0.72 *(0.35)*	0.22 *(0.07)*	0.07 *(0.03)*	22
ค่าเฉลี่ย	0.79 *(0.48)*	0.14 *(0.08)*	1.14 *(0.76)*	0.20 *(0.17)*	0.12 *(0.06)*	



ภาพที่ 1 ความเข้มข้นของมหธาตุอาหารของชิ้นส่วนต่างๆของอ้อย เปรียบเทียบกับความเข้มข้นของมหธาตุอาหารที่ปรากฏในใบสด A) ไนโตรเจน B) ฟอสฟอรัส C) โพแทสเซียม D) แคลเซียม และ E) แมกนีเซียม แต่ละจุดคือค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมี

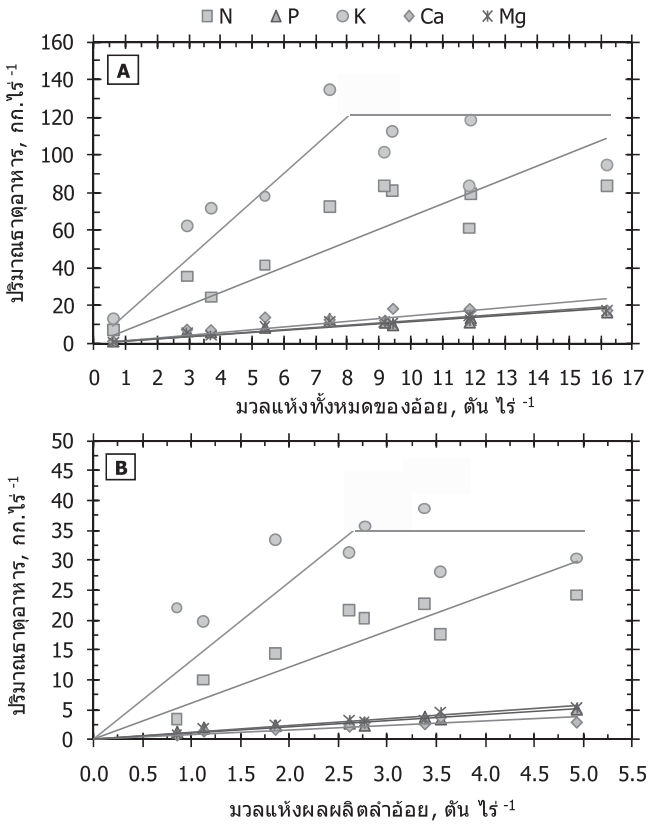


ภาพที่ 2 การแบ่งส่วนของปริมาณมหธาตุอาหารชนิดต่างๆ ในมวลแห้งทั้งหมดของอ้อยในแต่ละช่วงอายุ

2. ปริมาณมหธาตุอาหารที่ปรากฏในมวลทั้งหมดของอ้อย

ปริมาณมหธาตุอาหารรวมที่ปรากฏในมวลแห้งทั้งหมดของอ้อย (ผลรวมของปริมาณมหธาตุอาหารในทุกชิ้นส่วน) มีการแบ่งส่วนของปริมาณธาตุอาหารแต่ละชนิดเป็นร้อยละของปริมาณธาตุอาหารรวมในต้นอ้อยที่ช่วงอายุต่างๆ ดังแสดงในภาพที่ 2 พบว่า K มีสัดส่วนสูงที่สุดคือมีค่าเฉลี่ย 51% รองลงมาคือ N ที่ 31% ส่วน P, Ca และMg มีสัดส่วน 5-6% ใกล้เคียงกัน

ในที่นี้ได้พิจารณามวลแห้งของอ้อยแยกเป็น 2 ส่วน คือมวลแห้งทั้งหมด (ส่วนเหนือดินและใต้ดิน) กับเฉพาะลำอ้อยที่ตัดออกจากแปลงปลูก (มวลแห้งลำอ้อยคิดเป็นร้อยละ 27 ของมวลแห้งรวมทั้งหมดของต้นอ้อย) ภาพที่ 3 แสดงปริมาณมหธาตุที่เพิ่มขึ้นตามปริมาณมวลแห้งทั้งหมดของอ้อย (ภาพที่ 3A) และตามมวลแห้งเฉพาะส่วนของลำอ้อยที่ถูกเก็บเกี่ยวออกจากแปลง (ภาพที่ 3B) มหธาตุทั้ง 5 ชนิด มีปริมาณเพิ่มขึ้นตามปริมาณของมวลแห้งของอ้อย ความสัมพันธ์มีลักษณะเชิงเส้นตรง ซึ่งค่าความชันของเส้นคือความเข้มข้นเฉลี่ยของธาตุนั้นๆ (มีหน่วยเป็นร้อยละเชิงมวลแห้ง) โดยมีรูปฟังก์ชันดังแสดงในตารางที่ 5 และ 6 กล่าวคือ ความเข้มข้นเฉลี่ยของ N=0.667%, P=0.113%, Ca=0.148% และ Mg=0.118% เชิงมวลแห้งทั้งหมดของอ้อย ประเด็นที่น่าสนใจคือกรณีของธาตุ K ซึ่งแม้จะเพิ่มตามปริมาณของมวลแห้ง คือมีความเข้มข้นเฉลี่ย K=1.5% เชิงมวลแห้ง แต่เมื่อ K สะสมปริมาณในมวลแห้งทั้งหมดของอ้อยมากถึงประมาณ 120 กก. ไร่$^{-1}$ หรือเมื่อมวลแห้งทั้งหมดของอ้อยอยู่ที่ 8 ตัน ไร่$^{-1}$ ปริมาณของ K ไม่ปรากฏเพิ่มขึ้นในต้นอ้อยอีก จึงสะท้อนถึงหน้าที่ของ K ว่าเป็นธาตุที่พืชไม่ได้ใช้เป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อ แต่ถูกใช้ในการปรับพลังงานความเข้มข้นของน้ำ (osmotic potential) ซึ่งส่งผลต่อการกำหนดพลังงานความดันของน้ำ (pressure potential) สำหรับใช้สร้างแรงขับเคลื่อนในการขนส่งสารอาหารในท่ออาหาร (Thompson and Zwieniecki, 2005) ในที่นี้เมื่ออ้อยมีปริมาณ K จำนวนหนึ่งที่เพียงพอสำหรับใช้ในกระบวนการขนส่งสารอาหารแล้ว ปรากฏว่าอ้อยไม่นำเข้า K เพิ่มขึ้นตามมวลที่เพิ่มขึ้นอีก โดยน่าจะเกิดการหมุนเวียนใช้ K ภายในต้นอ้อยได้ มีการอธิบายว่า K ถูกพาจากรากสู่ใบ แล้วถูกนำส่ง (unload) จากแหล่งให้ (source) เข้าสู่ระบบลำเลียงของท่ออาหาร ซึ่งจะพาไหลจากใบสู่ส่วนต่างๆของต้นไปยังแหล่งรับ (sink) (Very and Sentenac, 2003; Shabala, 2007)



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างปริมาณธาตุอาหารในต้นอ้อย (กก. ไร่$^{-1}$) กับมวลแห้งของอ้อย (ตัน ไร่$^{-1}$) A) มวลแห้งทั้งหมดของอ้อย B) มวลแห้งของผลผลิตลำอ้อยที่เก็บเกี่ยวออกจากแปลง

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมหธาตุอาหาร (กก.ไร่$^{-1}$) กับมวลแห้งทั้งหมดของอ้อย (Md_W, ตัน ไร่$^{-1}$) ค่าความชันของสมการคือความเข้มข้นของธาตุอาหาร (%เชิงมวลแห้ง หรือ กก. ต่อ 100 กก.)

สมการความสัมพันธ์		R^2	d.f
N = $0.667 \times Md_W$		0.627	8
P = $0.113 \times Md_W$		0.675	8
K = $1.50 \times Md_W$	เมื่อ $Md_W \leq 8.0$ ตัน ไร่$^{-1}$	0.777	8
K = 120 กก. ไร่$^{-1}$	เมื่อ $Md_W > 8.0$ ตัน ไร่$^{-1}$		
Ca = $0.148 \times Md_W$		0.611	8
Mg = $0.118 \times Md_W$		0.868	8

ตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมหธาตุอาหาร (กก.ไร่$^{-1}$) กับมวลแห้งของผลผลิตลำอ้อย (Md_{CY}, ตัน ไร่$^{-1}$) ค่าความชันของสมการคือความเข้มข้นของธาตุอาหาร (%เชิงมวลแห้ง หรือ กก. ต่อ 100 กก.)

สมการความสัมพันธ์		R^2	d.f
N = $0.636 \times Md_{CY}$		0.787	8
P = $0.106 \times Md_{CY}$		0.843	8
K = $1.322 \times Md_{CY}$	เมื่อ $Md_{CY} \leq 2.6$ ตัน ไร่$^{-1}$	0.791	8
K = 35 กก. ไร่$^{-1}$	เมื่อ $Md_{CY} > 2.6$ ตัน ไร่$^{-1}$		
Ca = $0.081 \times Md_{CY}$		0.722	8
Mg = $0.115 \times Md_{CY}$		0.911	8

3. ปริมาณมหธาตุอาหารเพื่อการสร้างมวลแห้งของอ้อย

การสร้างมวลแห้งทั้งหมดหรือการสร้างมวลแห้งของลำอ้อยที่เป็นผลผลิต ต้องการใช้มหธาตุอาหารในปริมาณที่มากขึ้นตามปริมาณมวลแห้งที่เพิ่มขึ้นตามข้อมูลที่ได้ข้างต้น ในที่นี้จึงคำนวณปริมาณมหธาตุอาหารพืชที่ปรากฏในมวลแห้งของอ้อย โดยแสดงปริมาณมวลแห้งด้วยระดับของผลผลิตลำอ้อยสดที่เก็บเกี่ยวออกจากแปลง ซึ่งเป็นตัวเลขที่ใช้ทั่วไปในการระบุผลผลิตของอ้อย ข้อมูลในการประเมินส่วนหนึ่งมาจากการศึกษามวลชีวภาพของอ้อย (Khunsanit and Yingjajaval, 2011) ได้แก่ค่าเฉลี่ยมวลแห้งต่อมวลสดทั้งหมดของอ้อยเท่ากับ 24.8% เชิงมวล ค่าเฉลี่ยร้อยละมวลแห้งต่อมวลสดของผลผลิตลำอ้อยที่เก็บเกี่ยวเท่ากับ 19.4% เชิงมวล และสัดส่วนมวลสดของผลผลิตลำอ้อยคิดเป็น 32.1% ของมวลสดทั้งหมดของอ้อย ซึ่งทำให้สามารถเทียบค่าผลผลิตลำอ้อยสดไปเป็นมวลแห้งของผลผลิตลำอ้อย หรือเป็นมวลแห้งทั้งหมดของอ้อย ผลคูณของปริมาณมวลแห้งกับค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของมหธาตุอาหารในมวลแห้ง (ตารางที่ 5 และ 6) จะเท่ากับปริมาณธาตุอาหารที่อ้อยต้องใช้เพื่อการสร้างมวลแห้งระดับต่างๆ

ปริมาณมหธาตุอาหารที่อ้อยต้องการใช้เพื่อการสร้างมวลแห้งทั้งหมดของต้น ประเมินค่าได้ดังแสดงในตารางที่ 7 ซึ่งเป็นปริมาณอ้างอิงของอัตราปุ๋ยที่ใส่เพื่อการสร้างมวลแห้งทั้งหมดรวมทั้งผลผลิตของอ้อย กล่าวคือ สำหรับอ้อยที่ปลูกเป็นฤดูแรกและดินมีธาตุอาหารต้นทุนอยู่น้อยมาก จำเป็นต้องให้ปุ๋ยเคมีเพื่อการสร้างมวลต้นทั้งหมด ส่วนตารางที่ 8 เป็นปริมาณมหธาตุอาหารในส่วนเฉพาะผลผลิตลำอ้อย จึงเป็นอัตราที่ใช้ใส่ในอ้อยตอ เพื่อทดแทนปริมาณธาตุอาหารที่ถูกนำออกจากแปลง โดยถือว่าปริมาณธาตุอาหารที่ใช้สร้างต้นในฤดูแรกยังคงตกค้างอยู่ในดิน ในที่นี้ เนื่องจากปริมาณธาตุอาหารเพิ่มขึ้นตามมวล เมื่อทราบปริมาณของมวลที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ทราบปริมาณของธาตุอาหารชนิดต่างๆ ที่เพิ่มตามด้วย ยกตัวอย่างที่ระดับผลผลิตลำอ้อยสด 20 ตัน ไร่$^{-1}$ จะต้องให้ธาตุอาหารเพื่อสร้างมวลทั้งหมดของอ้อยเท่ากับ 103.1 กก.N, 17.5 กก.P, 120 กก.K, 22.8 กก.Ca และ 18.2 กก.Mg ต่อไร่ ในขณะที่ปรากฏในลำอ้อยที่เก็บเกี่ยวเท่ากับ 24.7 กก.N, 4.1 กก.P, 35 กก.K, 3.2 กก.Ca และ 4.4 กก.Mg ต่อไร่

ข้อพิจารณาถัดไปคือ จะใส่ปริมาณธาตุอาหารจำนวนข้างต้นเมื่อไร และแบ่งใส่อย่างไร คำอธิบายประเด็นนี้จะอาศัยข้อมูลลักษณะการเติบโตของต้นอ้อย ข้อมูลการเพิ่มขึ้นของมวลแห้งทั้งหมดของอ้อยประเมินได้จากฟังก์ชันลอจิสติกที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณมวลแห้งกับอายุของต้นอ้อย ซึ่งพบว่า ที่อายุ 8 เดือน อ้อยมีการเพิ่มมวลแห้งทั้งหมดสูงสุดเท่ากับ 61.4 กก.ไร่$^{-1}$ วัน$^{-1}$ ในขณะที่มีการเพิ่มมวลแห้งของผลผลิตลำอ้อยสูงสุดเท่ากับ 21.3 กก.ไร่$^{-1}$ วัน$^{-1}$ (Khunsanit and Yingjajaval, 2011) ตารางที่ 9 แสดงการสะสมมวลแห้งทั้งหมดของอ้อยและผลผลิตลำอ้อยในแต่ละเดือน คิดเป็นร้อยละของมวลแห้งทั้งหมดเมื่อเก็บเกี่ยวที่อายุ 12 เดือน ผลที่ได้แสดงว่าที่อายุ 8 เดือน อ้อยได้สร้างมวลแห้งทั้งหมดเป็น 57% และสร้างมวลแห้งของลำอ้อยได้ 50% ของมวลทั้งหมดเมื่อเก็บเกี่ยว

การแบ่งส่วนปริมาณธาตุอาหารพืชที่ใส่ให้อ้อย จึงควรแบ่งตามอัตราการสร้างมวลแห้งทั้งหมดของอ้อย เช่น ในช่วงเดือนแรก อ้อยต้องการใช้ธาตุอาหาร 7% ของปริมาณทั้งหมด อัตรานี้จึงควรเป็นอัตราของปุ๋ยรองพื้น ส่วนการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 2 ควรใส่ให้เพียงพอสำหรับการใช้จนถึงการใส่ปุ๋ยครั้งที่ 3 การใส่ปุ๋ยครั้งที่ 3 จำเป็นต้องใส่จนหมด เพราะในด้านปฏิบัติ การใส่ปุ๋ยเมื่ออ้อยเติบโตมากแล้วทำได้ยาก นอกจากว่าสามารถให้ปุ๋ยทางน้ำได้

ปริมาณธาตุอาหารในผลผลิตลำอ้อยที่เก็บเกี่ยวเมื่อเทียบกับปริมาณธาตุอาหารในมวลแห้งทั้งหมด มีค่าร้อยละ ดังนี้ N=24, P=23.6, K=23.6, Ca=13.4 และ Mg=24.4 กล่าวคือปริมาณมหธาตุอาหารในส่วนของลำอ้อยที่ถูกนำออกจากแปลงจะมีค่าประมาณร้อยละ 24 ของที่มีในมวลแห้งทั้งหมด ยกเว้น Ca ที่มีค่าต่ำกว่าประมาณครึ่งหนึ่งคืออยู่ที่ร้อยละ 13 ดังนั้น เพื่อให้การปลูกอ้อยมีผลผลิตที่สูงยั่งยืน การใส่ปุ๋ยจึงควรมีปริมาณอย่างน้อยให้ทดแทนส่วนที่ถูกนำออกจากแปลง และควรเก็บเศษต้นอ้อยคาไว้ในแปลง เพราะเป็นส่วนที่มีปริมาณธาตุอาหาร

มากกว่าที่นำออกไปถึง 3 เท่า ทั้งยังเป็นการเพิ่มอินทรียวัตถุให้จุลินทรีย์ดินได้ดำเนินกิจกรรมหมุนเวียนธาตุอาหารคงในดินได้นานขึ้น

ข้อมูลที่น่าสนใจที่สุดจากการศึกษานี้ คือสัดส่วนของธาตุอาหาร N:P:K ที่ปรากฏในมวลแห้งของอ้อย ซึ่งถือว่าเป็นสัดส่วนที่ตรงกับความต้องการใช้ของอ้อย ในที่นี้สัดส่วนที่ปรากฏในมวลแห้งทั้งหมดของอ้อยมีค่าเท่ากับ 6:1:9 ในขณะที่ของมวลแห้งของผลผลิตลำอ้อยเท่ากับ 6:1:10 (ใช้ค่าเฉลี่ยของระดับผลผลิต 1-35 ตัน ไร่$^{-1}$) จึงเป็นสัดส่วนที่ควรใช้กำหนดสูตรปุ๋ยสำหรับอ้อย งานทดลองของ Sonti (2005) และ Klinhoun (2004) พบค่าสัดส่วนของ N:P:K ของมวลผลผลิตลำอ้อยเท่ากับ 5:1:10 ซึ่งเป็นสัดส่วนที่ใกล้เคียงกัน อ้อยจึงเป็นพืชที่ต้องการ K ในปริมาณที่มากแต่มีระดับเพดานคงที่ระดับหนึ่ง แต่ต้องการ N ในปริมาณมากตามปริมาณมวลแห้งของอ้อยที่สร้างขึ้น

ตารางที่ 7 ปริมาณธาตุอาหารตามความต้องการในการสร้างมวลแห้งทั้งหมดของอ้อย โดยใช้ระดับผลผลิตลำอ้อยสดเป็นระดับอ้างอิง (ใช้สำหรับการปลูกอ้อยฤดูแรก)

มวลสดของผลผลิตลำอ้อย ตัน ไร่$^{-1}$	มวลแห้งของอ้อยทั้งหมด ตัน ไร่$^{-1}$	ปริมาณธาตุอาหาร				
		N	P	K	Ca	Mg
		กก. ไร่$^{-1}$				
6	4.6	30.9	5.3	69.5	6.8	5.5
8	6.2	41.2	7.0	92.7	9.1	7.3
10	7.7	51.5	8.8	115.9	11.4	9.1
12	9.3	61.8	10.5	120.0	13.7	10.9
14	10.8	72.2	12.3	120.0	16.0	12.8
15	11.6	77.3	13.1	120.0	17.1	13.7
16	12.4	82.5	14.0	120.0	18.3	14.6
18	13.9	92.8	15.8	120.0	20.5	16.4
20	15.5	103.1	17.5	120.0	22.8	18.2
22	17.0	113.4	19.3	120.0	25.1	20.1
24	18.5	123.7	21.0	120.0	27.4	21.9
25	19.3	128.8	21.9	120.0	28.5	22.8
28	21.6	144.3	24.5	120.0	32.0	25.5
30	23.2	154.6	26.3	120.0	34.2	27.4
32	24.7	164.9	28.0	120.0	36.5	29.2
35	27.0	180.4	30.6	120.0	40.0	31.9

ตารางที่ 8 ปริมาณธาตุอาหารตามความต้องการในการสร้างมวลแห้งเฉพาะของผลผลิตลำอ้อย โดยใช้ระดับผลผลิตลำอ้อยสดเป็นระดับอ้างอิง (ใช้สำหรับการปลูกอ้อยตอ)

มวลสดของผลผลิตลำอ้อย ตัน ไร่$^{-1}$	มวลแห้งของผลผลิตลำอ้อย ตัน ไร่$^{-1}$	ปริมาณธาตุอาหาร				
		N	P	K	Ca	Mg
		กก. ไร่$^{-1}$				
6	1.2	7.4	1.2	15.4	0.9	1.3
8	1.6	9.9	1.7	20.5	1.3	1.8
10	1.9	12.3	2.1	25.7	1.6	2.2
12	2.3	14.8	2.5	30.8	1.9	2.7
14	2.7	17.3	2.9	35.0	2.2	3.1
15	2.9	18.5	3.1	35.0	2.4	3.3
16	3.1	19.7	3.3	35.0	2.5	3.6
18	3.5	22.2	3.7	35.0	2.8	4.0
20	3.9	24.7	4.1	35.0	3.2	4.4
22	4.3	27.2	4.5	35.0	3.5	4.9
24	4.7	29.6	5.0	35.0	3.8	5.3
25	4.9	30.9	5.2	35.0	4.0	5.6
28	5.4	34.6	5.8	35.0	4.4	6.2
30	5.8	37.0	6.2	35.0	4.7	6.7
32	6.2	39.5	6.6	35.0	5.1	7.1
35	6.8	43.2	7.2	35.0	5.5	7.8

ตารางที่ 9 มวลแห้งของอ้อยทั้งหมดและลำอ้อยในแต่ละเดือนเทียบกับมวลแห้งเมื่อเก็บเกี่ยว

อายุอ้อย, เดือน	มวลแห้งอ้อยทั้งหมด เทียบกับเมื่อเก็บเกี่ยว, %	มวลแห้งผลผลิตลำอ้อย เทียบกับเมื่อเก็บเกี่ยว, %
1	7	4
2	9	6
3	13	9
4	19	13
5	26	19
6	35	27
7	45	38
8	57	50
9	69	63
10	81	77
11	91	89
12	100	100

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการชีวฟิสิกส์ของพืช ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กำแพงแสน และได้รับทุนวิจัยจาก โครงการพัฒนาพันธุ์อ้อย บริษัทน้ำตาลครบุรี จำกัด (มหาชน)

เอกสารอ้างอิง

Bangjan, J. and S. Yingjajaval. 2006. Biomass of para rubber RRIM 600. Agri. Sci. J. 37:341-351. (in Thai with English abstract)

Chanchareonsook, J., C. Suwannarat, S. Khaokaew, S. Kritrapirom and P. Nuchiyom. 2006. Study on mineral content in pummelo fruit for soil nutrient management under pummelo orchard. Agri. Sci. J. 37:535-544. (in Thai with English abstract)

Khunsanit, P. and S. Yingjajaval. 2011. Biomass of Sugarcane cv. K95-84. Agri. Sci. J. 42:485-493. (in Thai with English abstract)

Klinhoun, S. 2004. Impact of Row Spacings and Fertilizer Rates on Yield and Quality of Plant Cane Grown in Coarse Textured Soils of Both Dry Season and Rainy Season. M.S thesis. Kasetsart University. Bangkok.

Noidee, P. and S. Yingjajaval. 2003. Biomass and major nutrient contents of 'Shogun' mandarin: 2 year-old tree and fruits at various ages. Center for Agricultural Biotechnology. Kasetsart University, Nakhon Pathom. 24 pp. (in Thai)

Ruangwitthayachoti, P., S. Yingjajaval and K. Sitadhani. 2009. Biomass and major nutrient content of Chinese kale grown in color net-houses. Agri. Sci. J. 40:85-96. (in Thai with English abstract)

Shabala, S. 2007. Transport from root to shoot. p. 214-234. *In* A. Yeo and T. Flowers (eds.). Plant Solute Transport. Blackwell Publishing Ltd. UK.

Sonti, P. 2005. The Effect of Row Spacings and Fertilizer Rates on Growth and Yield of Plant Cane Grown in Medium-textured Soils and A Comparative Study on Costs and Returns of Plant Cane Production Grown in Fine-textured Soils at the Different Row Spacings. M.S thesis. Kasetsart University. Bangkok.

Thompson, M.V. and M.A. Zwieniecki. 2005. The role of potassium in long distance transport in plants. p. 221-240. *In* N.M. Holbrook and M.A. Zwieniecki (eds.). Vascular Transport in Plants. Elsevier Academic Press. U.S.A.

Very, A.-A. and H. Sentenac. 2003. Molecular mechanisms and regulation of K^+ transport in higher plants. Annu. Rev. Plant Biol. 54:575-603.

Yingjajaval, S. and J. Bangjan. 2006. Major plant nutrient contents in para rubber (RRIM 600). Agri. Sci. J. 37:353-364. (in Thai with English abstract)