มวลชีวภาพของอ้อยพันธุ์ K95-84

Biomass of Sugarcane cv. K95-84

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

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

Abstract

Sugarcane cv. K95-84 was harvested to determine its biomass. The plant was sampled in an area of 0.5 x 1.3 m^2 on monthly interval until maturation at the end of one year. At harvest, the total dry biomass was 16.2 ton rai^{-1} and the percentage of dry to fresh mass was 31.2. The fresh cane yield was 17.1 ton rai^{-1} making the harvesting index of cane to the above-ground fresh biomass to be 0.35. The highest leaf area index at 7 months was 4.8 m^2 m^{-2}. The highest dry root density amounting to 60% of the total root mass was found in the 10-20 cm soil layer. The relationship between the dry mass (Md) and plant age (t) fitted a logistic function $Md = Md_o \frac{Md_m}{[Md_o + (Md_m - Md_o)e]^{-\alpha t}}$, where Md_m is the maximum, Md_o is the minimum dry mass and α is the absolute growth rate. The sugarcane dry mass can be separated into two parts, i.e. the whole plant and the harvested cane yield. As for the whole plant, the parameters were $Md_{m,W}$=18.88, $Md_{o,W}$=0.68 ton rai^{-1} and α_W =0.013 day^{-1}. For the cane yield, the parameters were $Md_{m,CY}$=5.99, $Md_{o,CY}$=0.12 ton rai^{-1} and α_{CY} =0.014 day^{-1}. The rate of dry mass change can be determined as the derivative of the logistic function. The whole plant had the highest increase in dry mass of 61.4 kg rai^{-1} day^{-1} at the age of 252 days after planting (8.4 months), whereas the cane yield had the highest dry mass increase of 21.3 kg rai^{-1} day^{-1} at 272 days (9 months). The highest mass accumulation rate requires the largest amount of production inputs.

Keywords: sugarcane, biomass, logistic function, leaf area index, root density

[1] คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

Faculty of Liberal Arts and Science, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand

[2] ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

Center for Agricultural Biotechnology, Kasetsart University, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140, Thailand

[3] ศูนย์ความเป็นเลิศด้านเทคโนโลยีชีวภาพเกษตร สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10900

Center of Excellence on Agricultural Biotechnology (AG-BIO)/PERDO-CHE, Bangkok 10900, Thailand

รับเรื่อง : มกราคม 2554

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

บทคัดย่อ

ประเมินมวลชีวภาพของอ้อยพันธุ์ K95-84 โดยวิธีการตัดฟันอ้อย ในพื้นที่สุ่มขนาด 0.5x1.3 ม.^{2} เก็บตัวอย่างอ้อยทุก 30 วัน จนครบหนึ่งปี ในการเก็บตัวอย่างครั้งสุดท้าย อ้อยมีมวลแห้งรวมทั้งหมดเท่ากับ 16.2 ตัน ไร่$^{-1}$ มีสัดส่วนมวลแห้งต่อมวลสดทั้งหมดเฉลี่ยเท่ากับ 31.2% มวลสดของผลผลิตลำอ้อยเท่ากับ 17.1 ตัน ไร่$^{-1}$ มีค่าดัชนีเก็บเกี่ยวของผลผลิตลำอ้อยต่อมวลสดเหนือดินทั้งหมดเท่ากับ 0.35 ค่าดัชนีพื้นที่ใบสูงสุดเท่ากับ 4.8 ม.^{2} ม.$^{-2}$ เมื่ออ้อยอายุประมาณ 7 เดือน ความหนาแน่นของมวลแห้งของรากมีค่าสูงสุดอยู่ในชั้นดินลึก 10-20 ซม. คิดเป็น 60% ของมวลแห้งรากทั้งหมด ความสัมพันธ์ระหว่างมวลแห้งกับอายุของอ้อยแสดงได้ด้วยสมการลอจิสติก (logistic function) คือ $Md = Md_o \frac{Md_m}{[Md_o + (Md_m - Md_o)e]^{-\alpha t}}$ เมื่อ Md_m คือค่ามวลแห้งสูงสุด Md_o คือค่ามวลแห้งต่ำสุด (ตัน ไร่$^{-1}$) และ α คือสัมประสิทธิ์การเพิ่มมวลแห้งของอ้อย (วัน$^{-1}$) โดยคำนวณแยกระหว่างมวลแห้งของอ้อยทั้งต้นและมวลแห้งของผลผลิตลำอ้อย พบว่าสำหรับมวลแห้งของอ้อยทั้งต้น ค่า $Md_{m,W}$=18.88 และ $Md_{o,W}$=0.68 ตัน ไร่$^{-1}$ ค่า α_W=0.013 วัน$^{-1}$ สำหรับมวลแห้งของผลผลิตลำอ้อย ค่า $Md_{m,CY}$=5.99 และ $Md_{o,CY}$=0.12 ตัน ไร่$^{-1}$ ค่า α_{CY}=0.014 วัน$^{-1}$ เมื่อวิเคราะห์ค่าอนุพันธ์ของสมการ (dMd/dt) พบว่าอ้อยทั้งต้นมีอัตราสร้างมวลแห้งเท่ากับ 61.4 กก. ไร่$^{-1}$ วัน$^{-1}$ ที่อายุ 252 วันหลังปลูก (8.4 เดือน) ในขณะที่ผลผลิตลำอ้อยมีอัตราสร้างมวลแห้งสูงสุดเท่ากับ 21.3 กก. ไร่$^{-1}$ วัน$^{-1}$ ที่อายุ 272 วันหลังปลูก (9 เดือน) ช่วงอายุดังกล่าวจึงเป็นช่วงที่อ้อยต้องการปัจจัยการผลิตสำหรับการเติบโตสูงสุด

คำนำ

อ้อยเป็นพืชในตระกูลหญ้าและเป็นพืช C4 ซึ่งจัดว่ามีรูปแบบในการตรึง CO_2 ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าพืชประเภทอื่น อีกทั้งยังมีการสะสมน้ำตาลซูโครสในลำต้นได้ในปริมาณที่สูง แต่การผลิตอ้อยในประเทศไทยยังให้ผลผลิตลำอ้อยสดต่อไร่ที่ต่ำกว่าประเทศอื่นอยู่มาก คือมีผลผลิตเฉลี่ยปี 2545-47 ประมาณ 9.73 ตัน ไร่$^{-1}$ (Office of Agricultural Economics Others, 2010) แม้จะมีการปรับปรุงพันธุ์อ้อยให้เหมาะสมกับสภาพอากาศของพื้นที่ปลูก แต่ยังมีระดับการจัดการปัจจัยการผลิตโดยเฉพาะการใส่ปุ๋ยที่ยังต่ำอยู่ งานวิจัยนี้จึงศึกษาวัดอัตราการสร้างมวลแห้งของอ้อย โดยทำควบคู่กับการวิเคราะห์ปริมาณมหธาตุอาหาร (macronutrient) ที่ปรากฏในต้นอ้อยในช่วงอายุต่างๆ เพื่อประเมินความต้องการธาตุอาหารในช่วงการเติบโตของอ้อย โดยใช้หลักการว่าปริมาณธาตุอาหารที่ปรากฏในต้นพืชแสดงถึงปริมาณธาตุอาหารที่พืชต้องการใช้

การเติบโตของอ้อย ประเมินด้วยการวัดมวลชีวภาพของแต่ละชิ้นส่วนของต้น โดยวัดอย่างต่อเนื่องตลอดอายุการเติบโต เข้ารูปข้อมูลตามฟังก์ชันลอจิสติก (logistic function) ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอายุกับมวลแห้งของอ้อย อนุพันธ์ของฟังก์ชันบอกถึงอัตราการเพิ่มขึ้นของมวลต่ออายุ ซึ่งทำให้ได้อายุขณะที่อ้อยมีการสร้างมวลได้สูงสุด หากสามารถจัดหาปัจจัยการผลิตให้เพียงพอและสอดคล้องกับช่วงอายุที่อ้อยต้องการมากที่สุดจะเป็นอีกแนวทางหนึ่ง ในการเพิ่มผลผลิตให้กับอ้อยได้ รายงานนี้เป็นส่วนแรกที่แสดงข้อมูลเฉพาะอัตราการสร้างมวลแห้งของต้นอ้อย ส่วนปริมาณมหธาตุอาหารจะอธิบายในรายงานฉบับต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ปลูกอ้อยพันธุ์ K95-84 ในแปลงพัฒนาพันธุ์อ้อย บริษัทน้ำตาลครบุรี จ.นครราชสีมา (14° 29’ 38.01’’N, 102° 10’ 14.29’’E) ซึ่งเป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกในเขต อ.ครบุรี รอบโรงงานน้ำตาล ใช้ปุ๋ยสูตร 46-0-0, 18-46-0, 0-0-50

หรือ 0-0-60 และโดโลไมท์ (dolomite, 30.41%CaO, 21.8%MgO) โดยให้ปุ๋ยในอัตรา 60 กก.N, 36 กก.P, 144 กก.K, 33.6 กก.Ca และ 25 กก.Mg ต่อไร่ ซึ่งปรับจากปริมาณพื้นฐานของธาตุอาหาร ที่ปรากฏในผลผลิตอ้อยตามรายงานของ Hunsigi (1993) มีการชลประทานโดยให้น้ำแบบร่อง (furrow) และให้น้ำหยดเพิ่มเติมในภายหลัง กำหนดการให้น้ำโดยใช้ค่าพลังงานกำกับก้อนดินของน้ำ ที่อ่านจากเครื่องวัดแรงดึงน้ำ (tensiometer) รายละเอียดอยู่ในงานศึกษาของ Khunsanit (2011) ปลูกอ้อยในเดือนธันวาคม 2551 เก็บเกี่ยวเมื่ออ้อยมีอายุ 12 เดือน เก็บข้อมูลมวลชีวภาพของอ้อยในพื้นที่สุ่มสี่เหลี่ยมขนาด 0.5 × 1.3 ม.^{2} จากแปลงอ้อยที่ปลูกในพื้นที่ 23.4 x 16 ม.^{2} สุ่มต้นอ้อยที่มีการเติบโตเช่นเดียวกับต้นส่วนใหญ่ในแปลง เก็บตัวอย่างจำนวน 2 ซ้ำ ตลอดช่วงอายุทุก 30 วัน เริ่มจากอ้อยอายุ 90 วัน โดยวิธีการตัดฟันอ้อย (harvesting method) แยกชิ้นส่วนของต้น ชั่งมวลสดของแต่ละชิ้นส่วน เก็บตัวอย่างรากโดยขุดเก็บรากทั้งหมดในพื้นที่สุ่มเดียวกันทุกความลึกของดินชั้นละ 10 ซม. จนถึงความลึก 50 ซม. แยกส่วนรากและลำต้นใต้ดิน (เหง้า) ออกจากกัน ล้างให้สะอาด ผึ่งให้หมาด แล้วชั่งมวลสดทั้งหมดของทั้งรากและเหง้า สุ่มตัวอย่างแต่ละส่วนไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลาไม่ต่ำกว่า 48 ชั่วโมง ประเมินค่าร้อยละมวลแห้งต่อมวลสด (%Md/Mf) ค่ามวลแห้งทั้งหมดของแต่ละชิ้นส่วนเป็นผลคูณของค่าร้อยละมวลแห้งต่อมวลสดกับค่ามวลสด ของชิ้นส่วนนั้น มวลชีวภาพของอ้อยทั้งหมดคือ ผลรวมของมวลทุกชิ้นส่วน ได้แก่ ใบยอด ใบ ใบแห้ง กาบใบ กาบใบแห้ง ลำ เหง้า และรากอ้อย

ผลและวิจารณ์

1. มวลชีวภาพ

มวลของอ้อยทั้งหมด

ค่าพารามิเตอร์สรุปการเติบโตของอ้อยที่อายุต่างๆ ได้แสดงในตารางที่ 1 พบว่าอ้อยมีการสร้างมวลเพิ่มขึ้นตามอายุ จนมีมวลแห้งของอ้อยทั้งหมด 16.2 ตัน ไร่$^{-1}$ เมื่ออ้อยมีอายุ 352 วัน และมีความสูง 3.6 ม. ผลผลิตลำสดเมื่อเก็บเกี่ยวเท่ากับ 17.1 ตัน ไร่$^{-1}$ ค่าเฉลี่ยร้อยละมวลแห้งต่อมวลสดของมวลอ้อยทั้งหมด (Md_W/Mf_W) เท่ากับ 24.8 และค่าเฉลี่ยร้อยละมวลสดผลผลิตลำอ้อยต่อมวลสดทั้งหมด (ทั้งส่วนเหนือดินและใต้ดิน) เท่ากับ 32.1

มวลของลำอ้อยแยกได้เป็น 2 ส่วนคือ มวลผลผลิตลำอ้อย และมวลลำอ้อยทั้งหมด (เท่ากับผลรวมของมวลผลผลิตลำอ้อยและลำส่วนที่เหลือทั้งหมด) ลำอ้อยที่เกษตรกรเก็บเกี่ยวจึงเป็นผลผลิตเพียงส่วนหนึ่งของต้น ได้คำนวณค่าดัชนีเก็บเกี่ยว เป็นค่าผลผลิตลำอ้อยสดที่เก็บเกี่ยวเข้าโรงงานน้ำตาล หารด้วยมวลสดส่วนเหนือดินทั้งหมด เมื่ออ้อยอายุ 12 เดือน ได้ค่าเท่ากับ 0.35 ตันตัน$^{-1}$

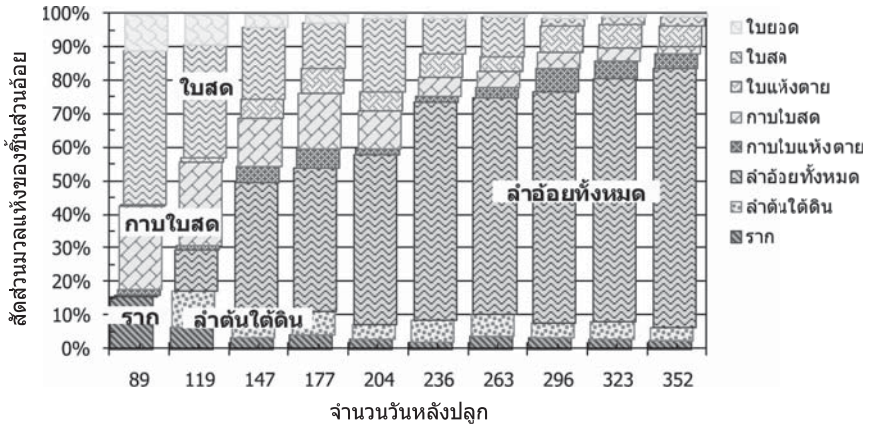
ตารางที่ 1 ค่าพารามิเตอร์การเติบโตของอ้อยพันธุ์ K95-84 ที่อายุต่างๆ

พารามิเตอร์	จำนวนวันหลังปลูก										เฉลี่ย
	89	119	147	177	204	236	263	296	323	352	
ความสูง (H), เมตร		6.0	1.3	1.7	2.1	2.5	2.8	2.9	3.3	3.6	-
มวลสดทั้งหมด (Mf_W), ตัน ไร่$^{-1}$	2.2	14.7	20.0	26.1	33.4	39.3	37.3	42.7	38.2	51.8	-
มวลแห้งทั้งหมด (Md_W), ตัน ไร่$^{-1}$	0.6	2.9	3.7	5.4	7.4	9.4	9.2	11.9	11.9	16.2	-
มวลสดผลผลิตลำ (Mf_{CY}), ตัน ไร่$^{-1}$	0.7	4.4	6.7	8.5	11.1	12.7	11.9	13.9	12.3	17.1	-
มวลแห้งผลผลิตลำ (Md_{CY}), ตัน ไร่$^{-1}$			0.8	1.1	1.9	2.8	2.6	3.4	3.5	4.9	-
Md_W/Mf_W, %	28.0	19.9	18.4	20.7	22.2	24.0	24.6	27.9	31.0	31.2	24.8
Mf_{CY}/Mf_W, %	30.4	30.1	33.2	32.6	33.1	32.4	31.9	32.6	32.2	33.0	32.1

มวลของแต่ละชิ้นส่วนของอ้อย

อ้อยสร้างมวลสะสมไว้ที่ลำเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จนเป็นมวลส่วนที่มากที่สุดถึง 77% เมื่อเทียบกับมวลอ้อยทั้งหมด (ภาพที่ 1) ตารางที่ 2 แสดงมวลของแต่ละชิ้นส่วนของอ้อย พบว่ามวลแห้งของผลผลิตลำอ้อยที่ตัดส่งโรงงานเท่ากับ 4.9 ตัน ไร่$^{-1}$ (มวลสด 17.1 ตัน ไร่$^{-1}$) คิดเป็นเพียง 39.2% ของมวลลำทั้งหมด ค่าเฉลี่ยของมวลแห้งของผลิตลำอ้อยที่ตัดเข้าโรงงานในงานวิจัยของ Sonti (2005) และ Klinhoun (2004) ได้เท่ากับ 4.45 ตัน ไร่$^{-1}$ มวลแห้งของส่วนใบทั้งหมดมีค่าสูงสุดที่อายุ 204 วัน (7 เดือน) เมื่ออ้อยมีอายุมากขึ้นถึง 296 วัน (10 เดือน) ปรากฏว่ามวลแห้งรวมของใบและกาบใบแห้งตายมีค่าสูงกว่ามวลแห้งรวมของใบสดและกาบใบสด ค่าสัดส่วนมวลต้น (ส่วนที่ยังสด) ต่อมวลราก (shoot to root ratio) มีค่าสูงสุดที่อายุ 236 วัน (8 เดือน) เท่ากับ 40.5 ตัน ตัน$^{-1}$

ค่าร้อยละมวลแห้งต่อมวลสดของแต่ละชิ้นส่วนของอ้อยแสดงในตารางที่ 3 พบว่าลำอ้อยเป็นส่วนที่มีค่าร้อยละมวลแห้งต่อมวลสดน้อยที่สุดคือประมาณ 19% รองลงไปคือส่วนของใบยอด และพบว่าใบแห้งตายยังคงมีน้ำเหลือเฉลี่ย 26.8% ในช่วงเก็บเกี่ยว ขณะที่กาบใบแห้งตายมีน้ำอยู่ถึง 45.7%



ภาพที่ 1 การแบ่งส่วนมวลแห้งของแต่ละชิ้นส่วนเทียบกับมวลแห้งทั้งหมดของอ้อยในแต่ละอายุการเติบโต

ตารางที่ 2 มวลแห้ง (ตัน ไร่$^{-1}$) ของแต่ละชิ้นส่วนของอ้อยพันธุ์ K95-84 ที่อายุต่างๆ

ส่วนต่างๆ	จำนวนวันหลังปลูก									
	89	119	147	177	204	236	263	296	323	352
ใบยอด	0.1	0.3	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2
ใบสด	0.3	1.0	0.8	0.7	1.6	1.0	1.1	0.3	0.3	0.4
กาบใบสด	0.2	0.7	0.5	0.9	0.8	0.5	0.5	0.6	0.5	0.4
ใบแห้งตาย	0.002	0.04	0.2	0.4	0.4	0.7	0.4	0.9	0.8	1.0
กาบใบแห้งตาย	0.01	0.04	0.2	0.3	0.1	0.2	0.3	0.8	0.6	0.7
ลำทั้งหมด	0.002	0.4	1.5	2.3	3.8	6.1	6.0	8.2	8.6	12.5
ลำต้นใต้ดิน(เหง้า)		0.3	0.2	0.4	0.3	0.6	0.6	0.5	0.6	0.6
มวลรวมส่วนต้น	0.5	2.8	3.6	5.2	7.2	9.2	8.9	11.5	11.5	15.8
ราก	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.4	0.3	0.4
ผลผลิตลำอ้อย			0.8	1.1	1.9	2.8	2.6	3.4	3.5	4.9
สัดส่วนมวลเหนือดินต่อราก (shoot to root ratio), ตัน ตัน$^{-1}$	5.3	14.8	27.2	20.0	29.0	40.5	24.8	26.4	29.2	33.4

ตารางที่ 3 ค่าร้อยละมวลแห้งต่อมวลสด (%) ของแต่ละชิ้นส่วนของอ้อย

ส่วนต่างๆ	จำนวนวันหลังปลูก										เฉลี่ย
	89	119	147	177	204	236	263	296	323	352	
ใบยอด	23.8	16.3	15.4	19.1	17.9	20.0	19.1	22.4	19.6	26.3	20.0
ใบสด	29.8	25.6	27.9	26.5	40.6	30.9	31.3	32.4	30.8	35.8	31.2
กาบใบสด	24.3	19.5	18.8	40.8	23.8	20.2	22.4	26.0	24.7	32.0	25.3
ใบแห้งตาย	28.6	58.9	68.5	68.1	82.4	85.7	88.7	86.2	82.2	82.4	73.2
กาบใบแห้งตาย	59.4	34.7	52.0	61.2	30.9	20.5	82.5	79.1	61.2	61.9	54.3
ลำทั้งหมด	14.3	11.1	12.8	13.2	16.8	21.7	21.9	24.3	28.8	28.8	19.4
เหง้า		27.8	26.8	24.9	27.1	27.8	27.7	28.0	31.7	32.6	28.3
ราก	33.1	20.1	59.7	86.5	32.6	28.6	30.9	33.8	29.7	35.7	39.0

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ใบ(A_L, ซม.^{2}) กับมวลสด(Mf_L, ก.) ความกว้าง(W_L, ซม.) และความยาวใบ(L_L, ซม.) ของใบอ้อยที่สมบูรณ์ขณะต้นอ้อยอายุ 10-12 เดือน จำนวน 198 ใบ

ฟังก์ชัน	ความสัมพันธ์	R^2
1.	$A_L = 23.013 \times Mf_L$	0.735
2.	$A_L = 4.285 \times L_L$	0.888
3.	$A_L = 62.505 \times W_L$	0.524
4.	$A_L = 0.738 \times L_L \times W_L$	0.988

มวลและพื้นที่ของใบ

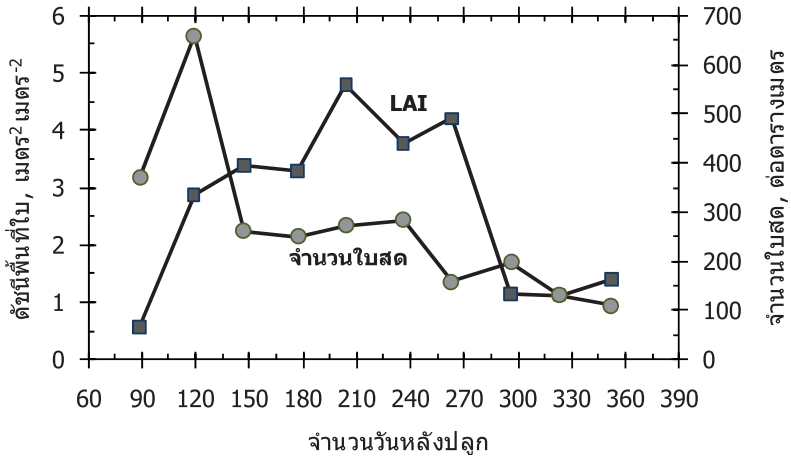
มวลแห้งส่วนต่างๆของพืชที่ถูกสร้างขึ้นเป็นผลมาจากการปรุงอาหารของใบ โดยกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งสัมพันธ์กับพื้นที่ของใบที่ได้รับแสง ความสัมพันธ์ระหว่างมวลสดกับพื้นที่ใบของแต่ละใบ และระหว่างพื้นที่ใบกับความกว้างและความยาวใบ ได้ความสัมพันธ์รูปสมการเส้นตรงดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าใบอ้อยสด 1 ก. มีพื้นที่ประมาณ 23 ซม.^{2} พื้นที่ใบทั้งหมดประเมินจากมวลสดของใบทั้งหมดด้วยฟังก์ชันที่ 1 ของตารางที่ 4

ค่าสถิติพื้นฐานต่างๆต่อใบของใบอ้อยจำนวน 254 ใบ (ตารางที่ 5) แสดงว่าใบอ้อยมีค่าเฉลี่ยพื้นที่ใบเท่ากับ 346 ซม.^{2} ความกว้างใบ 5.6 ซม. และความยาวใบ 81 ซม. ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นมวลแห้งของใบสดเท่ากับ 140 ก. ม.$^{-2}$

อ้อยที่เก็บตัวอย่างในพื้นที่ปลูก 0.65 ม.^{2} มีพื้นที่ใบรวม 3.12 ม.^{2} มีจำนวนใบเท่ากับ 272 ใบต่อ ม.^{2} เมื่อหารพื้นที่ใบด้วยพื้นที่ปลูกได้ค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) สูงสุดเท่ากับ 4.8 ม.^{2} ม.$^{-2}$ เมื่ออ้อยอายุ 204 วัน (7 เดือน) จำนวนใบและดัชนีพื้นที่ใบของอ้อยตลอดช่วงอายุแสดงในภาพที่ 2

ตารางที่ 5 ค่าสถิติพื้นฐานของหนึ่งใบของอ้อยพันธุ์ K95-84 ประเมินจากใบที่สมบูรณ์ จำนวน 254 ใบ

สถิติ	พื้นที่ ซม.^{2}	ความกว้าง ซม.	ความยาว ซม.	มวลสด ก.	มวลแห้ง ก.	มวลสดต่อพื้นที่ ก. ม.$^{-2}$	มวลแห้งต่อพื้นที่ ก. ม.$^{-2}$
Average	346.5	5.6	81.0	15.3	4.8	449.0	139.9
Std.Dev.	120.3	0.9	23.7	5.1	1.6	101.0	31.5
Maximum	587.2	7.0	124.4	23.5	7.3	744.9	232.1
Minimum	23.4	2.3	15.7	1.1	0.3	244.0	76.0



ภาพที่ 2 ดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) และจำนวนใบสดในแต่ละอายุของอ้อย

มวลของราก

เก็บรากอ้อยแยกแต่ละชั้นความลึกของดินในช่วง 10-50 ซม. ปริมาณมวลแห้งต่อพื้นที่ของรากแต่ละชั้นแสดงในตารางที่ 6 ในที่นี้ค่าความหนาแน่นรากคือผลลัพธ์ของมวลแห้งของรากต่อปริมาตรของดินในแต่ละชั้น ผลที่ได้แสดงว่ารากอ้อยในชั้นที่ 10-20 ซม. (ภาพที่ 3) มีความหนาแน่นของรากสูงที่สุดและสูงกว่ารากในชั้นอื่นอย่างชัดเจน คิดเป็น 60% ของมวลแห้งรากทั้งหมด ในขณะที่ชั้นความลึก 40-50 ซม. มีรากอ้อยเพียง 0.2% ของมวลรากทั้งหมด และปรากฏรากในชั้นนี้ในช่วงหลังจากอ้อยเริ่มสุกแก่ ซึ่งน่าจะเป็นผลมาจากการงดให้น้ำที่ทำให้ชั้นผิวดินแห้ง รากต้องหยั่งลงลึกขึ้นเพราะดินชั้นลึกลงไปมีค่าพลังงานกำกับก้อนดินของน้ำที่ยังมีระดับสูงกว่า ศึกษารายละเอียดเพิ่มเติมในเรื่องสภาพอากาศระหว่างการเติบโตของอ้อยได้จากงานของ Khunsanit (2011)

2. อัตราการเพิ่มมวลแห้งของอ้อย

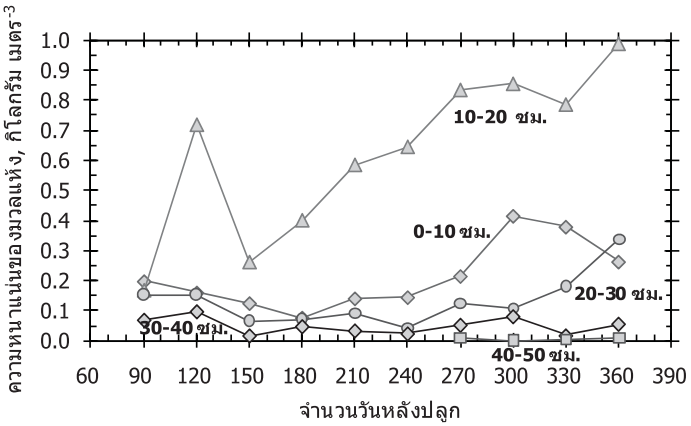
มวลแห้งที่อ้อยสร้างขึ้นมาในแต่ละอายุ แสดงความสัมพันธ์ด้วยสมการลอจิสติก (Thornley and Johnson, 1990 และ Hunt, 1990) ได้ว่า

$$Md = \frac{Md_o Md_m}{Md_o + (Md_m - Md_o)e^{-\alpha t}} \qquad (1)$$

เมื่อ Md คือมวลแห้งของอ้อย Md_o คือมวลแห้งเริ่มต้น Md_m และคือมวลแห้งสูงสุด (ตัน ไร่$^{-1}$) t คือ ระยะเวลาเติบโตหรืออายุ (วัน) α คือ สัมประสิทธิ์การเพิ่มมวลแห้งของอ้อย (วัน$^{-1}$)

ตารางที่ 6 มวลแห้งของรากต่อพื้นที่ (ก.ม.$^{-2}$) ที่ระดับความลึกต่างๆ ของดิน

ความลึกของชั้นดิน	จำนวนวันหลังปลูก									
ซม.	89	119	147	177	204	236	263	296	323	352
0 – 10	19.9	16.1	12.6	7.8	14.2	14.6	21.6	41.6	38.0	26.4
10 – 20	16.7	71.8	26.0	40.0	58.4	64.4	83.4	85.4	78.5	98.7
20 – 30	15.4	15.4	6.7	7.2	9.2	4.3	12.4	10.8	18.0	33.7
30 – 40	6.8	9.5	1.8	4.7	3.4	2.4	5.2	8.0	1.8	5.5
40 – 50							1.0	0.04	0.5	0.9
มวลแห้งรวม	58.8	112.9	47.1	59.7	85.2	85.8	123.5	145.8	136.8	165.3



ภาพที่ 3 มวลแห้งของรากอ้อยต่อปริมาตรของชั้นดิน (กก. ม.$^{-3}$) แต่ละชั้นความลึก

ตารางที่ 7 ค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของสมการลอจิสติก (สมการที่ 1)

ส่วนของอ้อย	Md_o ตัน ไร่$^{-1}$	Md_m ตัน ไร่$^{-1}$	วัน$^{-1}$	m ตัน^2 ไร่$^{-2}$	n ตัน ไร่$^{-1}$	r^2	d.f.
มวลแห้งอ้อยทั้งหมด (Md_w)	0.68	18.88	0.013	12.83	18.20	0.96	8
มวลแห้งผลผลิตลำอ้อย (Md_{CY})	0.12	5.99	0.014	0.73	5.87	0.96	8

ค่าพารามิเตอร์ของสมการคำนวณโดยใช้โปรแกรม Solver (Microsoft Office Excel) ได้ค่าแสดงในตารางที่ 7 พบว่าค่ามวลแห้งสูงสุด (Md_m) ของมวลอ้อยทั้งหมด มีเพดานอยู่ที่ 18.88 ตัน ไร่$^{-1}$ ซึ่งเป็นค่าประมาณนอกช่วง (extrapolation) ตามการเข้ารูปของฟังก์ชัน ในการศึกษานี้ค่าสูงสุดที่ได้เมื่ออ้อยมีอายุ 12 เดือน อยู่ที่ 16.2 ตัน ไร่$^{-1}$ ส่วนผลผลิตลำอ้อยมีค่าเพดานมวลแห้งสูงสุดของเท่ากับ 5.99 ตัน ไร่$^{-1}$ (คิดเทียบเป็นผลผลิตลำอ้อยสดเท่ากับ 21 ตัน ไร่$^{-1}$ เมื่อใช้ค่าร้อยละมวลแห้งต่อมวลสดของลำอ้อยเท่ากับ 28.8) มวลแห้งของผลผลิตลำอ้อยที่ได้จริงขณะเก็บเกี่ยวเท่ากับ 4.9 ตัน ไร่$^{-1}$ ความสัมพันธ์ระหว่างมวลแห้งกับอายุแสดงในภาพที่ 4A-B แสดงว่ามวลแห้งของอ้อยทั้งหมดและมวลผลผลิตลำอ้อยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นได้อีกหลังครบอายุเก็บเกี่ยว

เมื่อคำนวณอนุพันธ์ของฟังก์ชันลอจิสติกจะได้ดังนี้

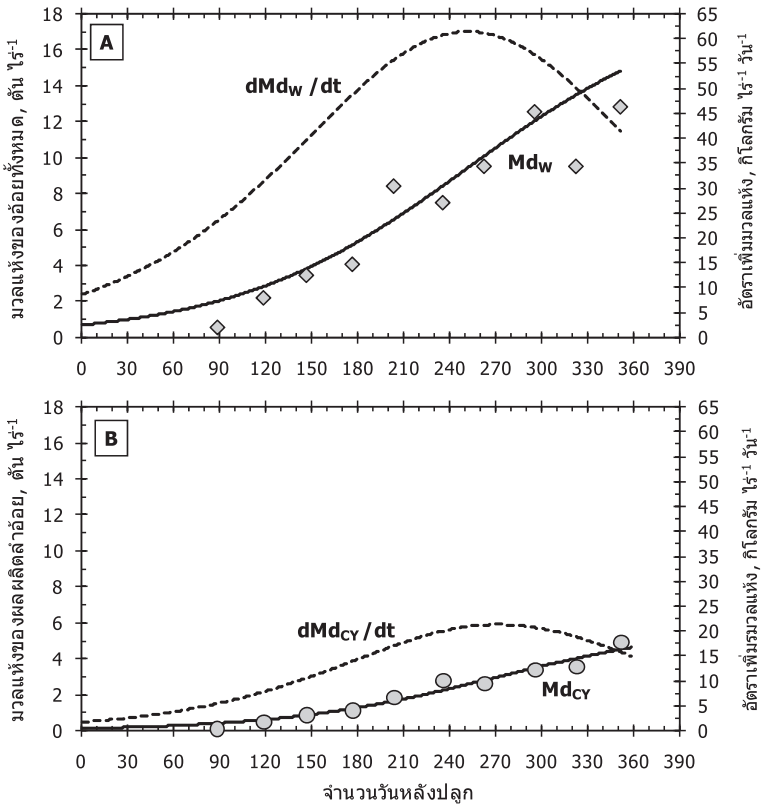
$$\frac{d}{dt}(Md) = \frac{mn\alpha e^{\alpha t}}{(Md_o + ne^{-\alpha t})^2} \qquad (2)$$

โดยที่ $m=(Md_m \times Md_o)$ และ $n=(Md_m - Md_o)$

ค่าอนุพันธ์ของสมการ (สมการที่ 2 แสดงค่าความชันแต่ละจุดของสมการที่ 1) แสดงถึงอัตราเร็วในการเพิ่มขึ้นของมวลแห้งของอ้อยต่อพื้นที่ (กก. ไร่$^{-1}$ วัน$^{-1}$) ซึ่งพบว่าอัตราเร็วของการเพิ่มมวลแห้งของอ้อยมีค่าไม่คงที่ตลอดช่วงอายุ โดยมีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำ (เส้นประในภาพที่ 4A-B) ซึ่งมีอัตราการเพิ่มสูงสุดของมวลแห้งของอ้อยทั้งหมดเท่ากับ 61.4 กก. ไร่$^{-1}$ วัน$^{-1}$ เกิดขึ้นที่อายุ 252 วันหลังปลูก (8.4 เดือน) ในขณะที่อัตราเพิ่มมวลแห้งสูงสุดของผลผลิตลำอ้อยเท่ากับ 21.3 กก. ไร่$^{-1}$ วัน$^{-1}$ เกิดขึ้นที่อายุ 272 วันหลังปลูก (9 เดือน)

ค่าพารามิเตอร์ α เป็นตัวกำหนดช่วงที่จะเกิดอัตราการเพิ่มมวลแห้งสูงสุด ค่า α ที่มีค่าสูงหมายถึงอัตราการเพิ่มมวลแห้งสูงสุดเกิดขึ้นในช่วงที่อ้อยมีอายุน้อย ซึ่งสะท้อนถึงอัตราการเติบโตที่เร็วหรืออัตราสร้างมวลแห้งที่เร็วกว่า ในขณะที่ค่า α ที่มีค่าต่ำกว่าหมายถึงช่วงที่เกิดอัตราการเพิ่มมวลแห้งสูงสุดของอ้อยจะยืดออกไปอีกหรือคืออ้อยสุกแก่ช้าขึ้น ในกรณีนี้ค่า α ของมวลแห้งทั้งหมดของอ้อยกับมวลแห้งผลผลิตลำอ้อยมีค่าใกล้เคียงกันคือ 0.013 และ 0.014 วัน$^{-1}$ (ตารางที่ 7) ทำให้ช่วงของอัตราการเพิ่มมวลแห้งสูงสุดของทั้งสองส่วนมีระยะเวลาใกล้เคียงกัน

ช่วงอายุตั้งแต่ปลูกจนถึงที่มีอัตราการเพิ่มมวลแห้งสูงสุด จะเป็นช่วงที่อ้อยต้องการปัจจัยการผลิตโดยเฉพาะธาตุอาหารพืชอย่างต่อเนื่อง หากสามารถจัดหาปริมาณของธาตุอาหารพืชที่ตรงต่อความต้องการของอ้อยและสอดคล้องกับช่วงอายุดังกล่าวได้ จะเป็นอีกแนวทางหนึ่งในการเพิ่มผลผลิตอ้อย



ภาพที่ 4 ฟังก์ชันลอจิสติกระหว่างมวลแห้ง (ตัน ไร่$^{-1}$) กับอายุ (วัน) ของ (A) มวลอ้อยทั้งหมด และ (B) มวลผลผลิตลำอ้อย เส้นทึบคือมวลแห้งที่ประเมินจากฟังก์ชัน จุดสัญลักษณ์คือค่ามวลแห้งจริง เส้นประคืออัตราการเพิ่มมวลแห้ง หรืออนุพันธ์ของฟังก์ชัน (กก. ไร่$^{-1}$ วัน$^{-1}$)

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ดำเนินการโดยห้องปฏิบัติการชีวฟิสิกส์ของพืช ศูนย์เทคโนโลยีชีวภาพเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน และได้รับทุนวิจัยจากโครงการพัฒนาพันธุ์อ้อย บริษัทน้ำตาลครบุรี จ.นครราชสีมา

เอกสารอ้างอิง

Hunsigi, G. 1993. Production of Sugarcane: Theory and Practice. Springer-Verlag, Berlin, Germany.

Hunt, R. 1990. Basic Growth Analysis. Cambridge University Press, London, UK. 112 p.

Khunsanit, P. 2011. Biomass and Macronutrient Contents of Sugarcane cv. K95-84. M.S. thesis. Kasetsart University. Bangkok. (in Thai)

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. (in Thai)

Office of Agricultural Economics Others. Sugarcane: Harvested area, Production and Yield of Major Countries, 2000-2002. Available Source: http://doc-eppo.eppo.go.th/DivNRE/SugarCane.xls, 8 November 2010. (in Thai)

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. (in Thai)

Thornley, J.H.M. and I. R. Johnson. 1990. Plant and Crop Modeling: a Mathematical Approach to Plant and Crop Physiology. pp. 78-80. Clarendon Press, Oxford, Great Britain.