รูปแบบการเจริญเติบโตและสรีรวิทยาของอ้อยต่อการจำลองความแห้งแล้งในระบบการปลูกอ้อยข้ามแล้ง

จิดาภา คงหินไธสง, พัชริน ส่งศรี และนันทวุฒิ จงรั้งกลาง*

Growth and Physiological Patterns of Sugarcane Cultivars to Mimic Drought Conditions in Late Rainy Season System

Jidapa Khonghintaisong, Patcharin Songsri and Nuntawoot Jongrungklang*

ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002
ศูนย์วิจัยอ้อยและน้ำตาลภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002
Department of plant science and agricultural resources, Faculty of agriculture, Khon Kaen University,Khon Kaen 40002
Northeast Thailand cane and sugar Research Center, Faculty of agriculture, Khon Kaen University,Khon Kaen 40002
*Corresponding author. E-mail address: nuntawootjrk@gmail.com
Received: 26 April 2016; Accepted: 10 August 2016

บทคัดย่อ

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยมีระบบปลูกอ้อยแบบข้ามแล้งและอาศัยน้ำฝนเป็นหลักทำให้อ้อยมีโอกาสประสบความแห้งแล้งในช่วงต้นของการเจริญเติบโต ดังนั้น ความเข้าใจรูปแบบการเจริญเติบโตและสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการปรับตัวต่อความแห้งแล้งในช่วงต้นของการเจริญเติบโตจะนำไปสู่การเพิ่มศักยภาพการผลิตอ้อยในระบบนี้ได้ดำเนินการทดลองในสภาพกระถาง ณ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ใช้แผนการทดลองแบบ 2 x 5 factorial in randomized complete block design จำนวน 3 ซ้ำ โดยปัจจัย A คือ รูปแบบการให้น้ำ 2 รูปแบบ ได้แก่ 1) ให้น้ำและควบคุมความชื้นดินที่ระดับความจุสนาม (Field capacity; F.C.) และ 2) จำลองสภาพขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต โดยงดให้น้ำ 45 วัน ตั้งแต่อ้อยอายุ 90-135 วันหลังปลูก ส่วนปัจจัย B คือ อ้อย 5 พันธุ์ ได้แก่ ขอนแก่น 3 (KK 3),อู่ทอง 13 (UT 13), อู่ทอง 12 (UT 12), มข.99-03 (KKU 99-03) และ มข.99-02 (KKU 99-02) เก็บข้อมูลลักษณะการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาในช่วงที่อ้อยได้รับความเครียดจากการขาดน้ำ (ช่วง 90-135 วันหลังปลูก) และช่วงได้รับน้ำกลับคืน (ช่วง 136-180 วันหลังปลูก) เมื่ออ้อยอายุ 300 วันหลังปลูก เก็บข้อมูลจำนวนลำต่อกอและมวลชีวภาพอ้อยแต่ละพันธุ์มีรูปแบบการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาในสภาพขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโตแตกต่างกัน พันธุ์ KK 3มีอัตราการเพิ่มความสูงรายวันลดลงส่วนพันธุ์อื่น ๆ อัตราการเพิ่มความสูงไม่แตกต่างกันระหว่างกรรมวิธีให้น้ำ แต่เมื่อได้รับน้ำกลับคืนสู่สภาพปกติอ้อยทุกพันธุ์มีอัตราการเพิ่มความสูงมากกว่าอ้อยในกรรมวิธีที่ไม่ขาดน้ำ ยกเว้นในอ้อยพันธุ์ KKU 99-03 ซึ่งพันธุ์ KK 3 มีอัตราการเพิ่มความสูงอย่างมากเมื่อเทียบกับกรรมวิธีได้รับน้ำปกติในช่วงขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโตในสภาพขาดน้ำอ้อยมีทั้งพันธุ์ที่จำนวนหน่อต่อกอลดลง (KK 3, UT 13 และ KKU 99-02) และคงที่ (KKU 99-03 และ UT12) เมื่อเทียบกับสภาพไม่ขาดน้ำ และเมื่อได้รับน้ำกลับคืนพบพันธุ์อ้อย KKU 99-02 มีจำนวนหน่อต่อกอเพิ่มขึ้น จนทำให้ไม่พบความแตกต่างกับกรรมวิธีที่ได้รับน้ำปกติ ส่วนรูปแบบของลักษณะทางสรีรวิทยา เมื่อขาดน้ำพันธุ์ KKU 99-02 มีค่าการชักนำของปากใบ และพันธุ์ UT 13, KKU 99-02 และ KKU 99-03 มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบลดลง แต่เมื่อได้รับน้ำกลับคืนลักษณะทางสรีรวิทยาทุกลักษณะของทุกพันธุ์ในสภาพที่ผ่านการขาดน้ำในช่วงต้นไม่แตกต่างกับสภาพที่ไม่ขาดน้ำ และไม่พบความแตกต่างของค่าความเข้มของสีใบ และ คลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ ระหว่างกรรมวิธีขาดน้ำช่วงต้นและไม่ขาดน้ำทั้งในช่วงที่ขาดน้ำและได้รับน้ำกลับคืน นอกจากนี้พันธุ์ UT 12 และ UT 13 มีน้ำหนักแห้งเหนือดินลดลงเมื่อขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต ส่วนพันธุ์อื่น ๆ ไม่พบความแตกต่างกันระหว่างการให้น้ำ 2 กรรมวิธี อีกทั้ง ยังพบว่าความเข้มของสีใบ สูงส่งเสริมให้อ้อยแตกหน่อได้มาก และส่งผลไปสู่การมีน้ำหนักแห้งต่อกอสูงด้วย

คำสำคัญ: ความแห้งแล้งในช่วงต้นของการเจริญเติบโต การชักนำน้ำจากปากใบ จำนวนหน่อต่อกอ ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ อัตราความสูง

Abstract

In the Northeastern Thailand, Sugarcane (*Saccharum officinarum L.*) is largely grown in late rainy season under rain-fed conditions. In these conditions, drought is a major production constraint as it usually occurs early season drought. Thus, an understanding of the patterns of growth and physiological traits that involve adaptation to early drought leads to improve

sugarcane yield productivity in these conditions. This experiment was done in pot conditions at Faculty of Agriculture, Khon Kaen University. A 2 x 5 factorial in randomized complete block design with 3 replications was used. Two water applications were assigned as the factor A, as 1) soil moisture content was controlled at field capacity (FC) level and 2) irrigation withheld from 90 to 135 days after planting (DAP) to mimic early drought in natural conditions. Five sugarcane cultivars i.e. Khon Kaen 3 (KK 3), U-Thong 12 (UT 12), U-Thong 13 (UT 13), KKU 99-03 and KKU 99-02 were assigned as factor B. Growth and physiological measurements were observed at early drought (90-135 DAP) and recovery periods (136-180 DAP). Stalk number and biomass were collected at 300 days after planting. Sugarcane lines had different patterns for growth and physiology under early drought conditions. In drought period, KK 3 decreased height rates, whereas other cultivars were no difference for height rates between two water applications. Height rates of all sugarcane lines was increased and differed with non-water stressed treatment at 105-120 DAP, excepted for KKU 99-03. KK 3 had a greatest difference in height rate between water application treatments. KK 3, UT 13 and KKU 99-02 decreased tiller number to early drought conditions, whereas KKU 99-03 and UT 12 were no difference compared with non-water stressed treatment. KKU 99-02 was only one cultivar that increase tiller number after re-watering, this leading to no difference in tiller number between two water application treatments. KKU 99-02 reduced stomatal conductance to early drought period, UT 13, KKU 99-02 and KKU 99-03 had decreased RWC when subject to early drought conditions. However, all sugarcane lines were no significant difference for all physiological traits between water applications after re-watering period. SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) and chlorophyll fluorescence were not significant difference between the water regime treatments at drought stress and recovery periods. Moreover, UT 12 and UT 13 reduced shoot dry weight when encounter the early drought conditions, but not other cultivars. In addition, a high SCMR value contributed to high tiller number, and also conducting to high shoot dry weight.

Keywords: early drought, stomatal conductance, tiller number, relative water content, height rates

บทนำ

อ้อยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทยเพราะใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลและอุตสาหกรรมต่อเนื่องอีกหลายชนิด ภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นแหล่งปลูกอ้อยที่ใหญ่ที่สุดของประเทศ ในปีการผลิต 2557/58 มีพื้นที่ปลูกประมาณ 4.8 ล้านไร่ คิดเป็น 43.5 เปอร์เซ็นต์ของประเทศ สามารถผลิตอ้อยได้ 48.7 ล้านตัน มีผลผลิตเฉลี่ย 11.11 ตันต่อไร่ (Office of the Cane and Sugar Board, 2015) ดังนั้น การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตอ้อยในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อการผลิตอ้อยในระดับประเทศ การปลูกอ้อยในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีพื้นที่ผลิตอ้อยส่วนใหญ่อยู่ในเขตอาศัยน้ำฝน ซึ่งนิยมปลูกปลายฤดูฝนช่วงเดือนตุลาคมถึงพฤศจิกายน ทำให้อ้อยมีโอกาสประสบสภาวะขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต หากไม่มีฝนตกในช่วงฤดูแล้งอ้อยจะแสดงการขาดน้ำในช่วงอายุ 3-5 เดือนหลังจากปลูก

ความแห้งแล้ง ต้นการเจริญเติบโตส่งผลให้ขนาดลำต้นและชีวมวลของอ้อยลดลง (Jangpromma, Thammasirirak, Jaisil, & Songsri, 2012) การสะสมชีวมวลช่วงแตกกอและชีวมวลช่วงเก็บเกี่ยวลดลง (Robertson, Inman-Bamber, Mochow, & Wood, 1999) ในสภาพขาดน้ำอ้อยมีค่าความเข้มของสีใบ (SPAD chlorophyll meter reading; SCMR) สัมพันธ์กับปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ (Jangpromma, Songsri, Thammasirirak, & Jaisil, 2010) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการส่งเสริมการสร้างอาหารจากการสังเคราะห์ด้วยแสง ในพันธุ์ที่ไม่ต้านทานต่อการขาดน้ำจะ มีค่า SCMR ต่ำ (Silva, Jifon, Silva, & Sharma, 2007) นอกจากนี้ลักษณะปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ อัตราการหายใจ และค่าการนำปากใบของพันธุ์ที่ต้านทานต่อความแห้งแล้งมีการตอบสนองต่อความแห้งแล้งที่ดีกว่าพันธุ์อ่อนแอ (Graca et al., 2010)

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยที่ผ่านมากำหนดสภาพการขาดน้ำไม่สอดคล้องกับโอกาสการขาดน้ำในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนั้น การทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบการเจริญเติบโตและสรีรวิทยาของอ้อยต่อสภาพความแห้งแล้งในระบบการปลูกอ้อยข้ามแล้ง ความเข้าใจในรูปแบบการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาต่อความแห้งแล้งในช่วงต้นของการเจริญเติบโต สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐาน

ในการพัฒนาพันธุ์ที่เหมาะสมกับการใช้ในพื้นที่ปลูกแบบปลายฤดูฝนภาคตะวันออกเฉียงเหนือได้

อุปกรณ์และวิธีการ

แผนการทดลองและสถานที่ทำการทดลอง

การทดลองนี้ศึกษาในสภาพกระถาง (pot experiment) ฤดูแล้ง ช่วงปี 2557/58 ณ แปลงวิจัยหมวดพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ใช้แผนการทดลองแบบ 2 x 5 factorial in randomized complete block design จำนวน 3 ซ้ำ ในแต่ละหน่วยทดลองมี 4 กระถาง โดยปัจจัย A คือ การให้น้ำ 2 รูปแบบ ได้แก่ 1) ให้น้ำและควบคุมความชื้นดินที่ระดับความจุสนาม (Field capacity; F.C.) และ 2) จำลองสภาพขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต โดยงดให้น้ำ 45 วัน ตั้งแต่อ้อยอายุ 90-135 วันหลังปลูก ซึ่งเป็นระยะแตกกอไปจนถึงช่วงต้นระยะการเจริญเติบโตของลำต้นอ้อย (FAO, 2016a) ส่วนปัจจัย B คือ อ้อย 5 พันธุ์ที่ทนแล้งแตกต่างกัน ซึ่งพันธุ์ทนแล้ง ได้แก่ พันธุ์ KK 3 และ UT 13 ซึ่งพันธุ์ UT 13 เป็นพันธุ์ผสมจากอ้อยป่า (*Spontaneum*) จึงสามารถทนแล้งได้ดี พันธุ์ไม่ทนแล้ง คือพันธุ์ UT 12 โดยเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมกับสภาพดินร่วนปนทรายในพื้นที่ชลประทาน และพันธุ์ที่ยังไม่ทราบข้อมูลการทนแล้งที่ชัดเจนได้แก่ พันธุ์ KKU 99-03 และ KKU 99-02

การปลูกและการดูแลรักษา

ปลูกอ้อยในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร ความสูง 100 เซนติเมตร โดยในแต่ละกระถางใส่ดินเท่ากัน จำนวนทั้งหมด 602 กิโลกรัมต่อกระถาง ให้ได้ความสูงของดิน 80 เซนติเมตร ซึ่งแบ่งบรรจุดินเป็น 8 ชั้นๆละ 10 เซนติเมตร โดยแต่ละชั้นใส่ดินน้ำหนัก 75.25 กิโลกรัม เป็นดินชุดยโสธร (Fine-loamy; siliceous; isohypothemic; Oxic Paleustults) และใส่ปุ๋ยรองก้นหลุมก่อนปลูกสูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก.ต่อไร่ (15.7 กรัมต่อกระถาง) และใส่ปุ๋ยสูตรและอัตราเดียวกันอีกครั้งเมื่อ 60 วันหลังจากปลูก กำจัดวัชพืชด้วยการถอนโดยใช้มือ และป้องกันหนอนเจาะกออ้อยและแมลงศัตรูด้วย carbosulfan อัตรา 0.4 ลิตรต่อไร่ โดยฉีดพ่นตามสมควร ทรีตเมนต์ที่ให้น้ำ (ไม่ขาดน้ำ) ต้องคำนวณให้น้ำและควบคุมความชื้นที่ระดับ F.C. ตลอดการทดลอง ส่วนการจำลองสภาพขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต งดให้น้ำตั้งแต่อ้อยอายุ 90 วันหลังปลูก จนถึงอ้อยอายุ 135 วันหลังปลูก ซึ่งหากมีฝนตกในระหว่างช่วงที่งดให้น้ำจะใช้พลาสติกคลุมกระถางเพื่อป้องกันฝน โดยคลุมเฉพาะช่วงที่มีฝนเท่านั้น จากนั้น เมื่ออ้อยอายุ 136 วันหลังปลูกให้น้ำกลับคืน (re-watering) และควบคุมให้น้ำในดินอยู่ในระดับ F.C. จนสิ้นสุดงานทดลอง (300 วันหลังปลูก) ปริมาณการให้น้ำรายวันคำนวณจากความต้องการน้ำของอ้อย (ET crop) ตามค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย (Kc) ของ FAO (2016b) ซึ่งความต้องการน้ำของอ้อยคำนวณตามวิธีของ Jangpromma et al. (2010) ดังสมการ

$$ET\ crop = E\ To \times Kc$$

โดย ET crop = ความต้องการน้ำของพืช (มิลลิเมตรต่อวัน)
E To = การคายระเหยน้ำอ้างอิง คำนวณโดยวิธี Pan Evaporation method
Kc = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของอ้อย

การเก็บข้อมูล

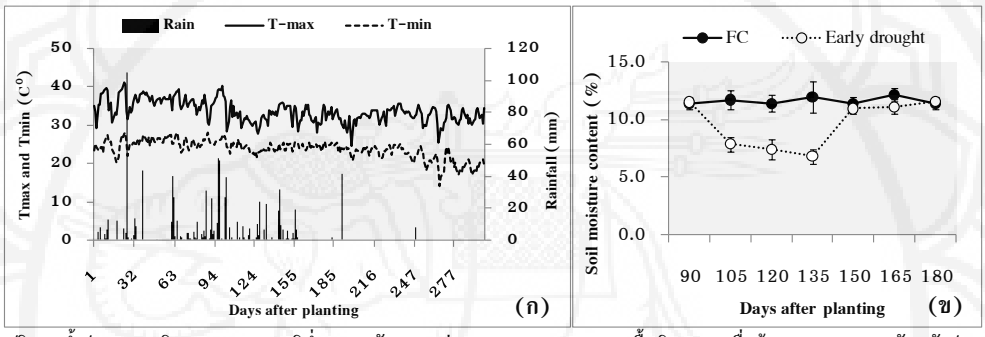
ข้อมูลฟ้าอากาศและความชื้นดิน

เก็บข้อมูลอุตุนิยมวิทยา โดยบันทึกข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดรายวัน โดยใช้ข้อมูลของสถานีตรวจอากาศในหมวดพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และเก็บข้อมูลความชื้นดินทุก 15 วัน ระหว่าง 90-180 วันหลังปลูก ที่ระดับความลึกดิน 0-80 เซนติเมตร ใส่ลงในกระป๋องเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร นำไปชั่งน้ำหนักดินเปียก และนำดินไปอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งน้ำหนักดินแห้งบันทึกผลแล้วนำดินกลับไปไว้ในกระถางเช่นเดิม

และนำน้ำหนักดินที่ได้จากการชั่งมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นดิน

ฟ้าอากาศและความชื้นดิน

ในช่วงระหว่างทำการทดลองมีอุณหภูมิสูงสุดรายวันอยู่ในช่วง 24.4-40.0 องศาเซลเซียส และมีอุณหภูมิต่ำสุดรายวันอยู่ในช่วง 21.1-26.8 (รูปที่ 1ก) ซึ่งอุณหภูมิอากาศค่อนข้างสูงในช่วงต้นของการทดลอง ระหว่างการทดลองมีฝนตกโดยในช่วงต้นของการทดลองมีฝนตกปริมาณมาก ซึ่งมีวันที่มีปริมาณน้ำฝนสูงสุด 104.7 มิลลิเมตร แต่ไม่อยู่ในช่วงที่งดให้น้ำ ในช่วงที่งดให้น้ำพบการตกของฝน โดยมีวันที่ฝนตกปริมาณ 50.7 มิลลิเมตร ในวันที่งดน้ำได้ 6 วัน (รูปที่ 1ก) อย่างไรก็ตามฝนที่ตกในช่วงงดให้น้ำไม่รบกวนการควบคุมความชื้นดินของงานทดลอง เนื่องจากการคลุมพลาสติกป้องกันฝน ซึ่งความชื้นดินที่เก็บในการทดลองเป็นไปตามกรรมวิธีที่กำหนด (รูปที่ 1ข) ความชื้นดินในระดับ F.C. เท่ากับ 11.3 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการทดลองนี้สามารถควบคุมความชื้นดินที่ระดับ F.C. ในกรรมวิธีที่ไม่ขาดน้ำได้ ส่วนในกรรมวิธีขาดน้ำในช่วงต้น ความชื้นดินเมื่องดให้น้ำลดระดับลงเรื่อย ๆตามเวลาที่งดให้น้ำเพิ่มขึ้น และเมื่อให้น้ำกลับคืนความชื้นดินเพิ่มขึ้นและกลับมาอยู่ในระดับ F.C. อีกครั้ง (รูปที่ 1ข)



รูปที่ 1 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุดและอุณหภูมิต่ำสุดรายวันตลอดช่วงการทดลอง (ก) ความชื้นดิน (%) เมื่ออ้อยอายุ 90-180 วันหลังปลูก เปรียบเทียบระหว่างวิธีการให้น้ำปกติ (FC) และสภาพที่งดให้น้ำเพื่อจำลองสภาพขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต ซึ่งเป็นช่วงที่อ้อยขาดน้ำ (90-135 วันหลังปลูก) และได้รับน้ำกลับคืน (136-180 วันหลังปลูก) (ข)

ในทุกช่วงของการเก็บข้อมูล ลักษณะทางสรีรวิทยา การเจริญเติบโต และมวลชีวภาพ ใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยของแต่ละหน่วยทดลองจากการตรวจวัดและเก็บตัวอย่างจำนวน 4 กระถางย่อยของหน่วยทดลองนั้น ๆ

ลักษณะทางสรีรวิทยา

เก็บข้อมูลลักษณะทางสรีรวิทยา ได้แก่ ค่าการนำของปากใบ (stomatal conductance), คลอโรฟิลล์ฟลูออเรสเซนซ์ (chlorophyll fluorescence), SCMR และ ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (Relative water content; RWC) โดยตรวจวัดทุก ๆ 15 วัน ระหว่าง 90-180 วันหลังปลูก ตรวจวัดใบที่ 3 หรือ 4 ที่แผ่ขยายเต็มที่ของลำต้นหลัก โดยเก็บข้อมูลช่วงที่อ้อยได้รับความเครียดจากการขาดน้ำ (stress period) ระหว่าง 90-135 วันหลังปลูก และช่วงได้รับน้ำกลับคืน (recovery period) ระหว่าง 135-180 วันหลังปลูก

เก็บข้อมูลค่าการนำของปากใบ (stomatal conductance) โดยใช้เครื่อง porometer (model AP4, Delta-T Devices, Cambridge, U.K.) เก็บข้อมูลในช่วงเวลา 10.00-12.00 นาฬิกา ข้อมูล SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) เก็บด้วยเครื่อง SPAD-502 chlorophyll meter (Minolta SPAD-502 meter Tokyo, Japan) วัดส่วนโคน กลาง ปลายของใบแล้วหาค่าเฉลี่ย เก็บข้อมูลช่วงเวลา 9.00-12.00 นาฬิกา เก็บข้อมูล Chlorophyll fluorescence ด้วยเครื่อง chlorophyll fluorescence (PAM-2000 Heinz Walz GmbH, Germany) โดยใช้ตัวหนีบใบให้มืดด้วย dark leaf clip ทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที เก็บข้อมูลช่วงเวลา 16.00-17.00 นาฬิกา ข้อมูลสถานะน้ำในใบอ้อยด้วยค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (Relative water content; RWC) โดยใช้เหล็กเจาะใบเป็นวงกลม (leaf disk) เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร เก็บข้อมูลช่วงเวลา 10.00-12.00

นาฬิกา นำใบที่เจาะใส่ถุงซิปแช่ลงไปในน้ำแข็ง จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักใบ (leaf fresh weight) ต่อมานำมาแช่น้ำกลั่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนดนำใบที่แช่น้ำมาซับน้ำ แล้วนำมาชั่งน้ำหนักใบหลังแช่น้ำ (leaf saturated weight) หลังจากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และชั่งน้ำหนักใบแห้ง (leaf dry weight) แล้วนำมาคำนวณจากสูตร

RWC = (Leaf fresh weight – Leaf dry weight / Leaf saturated weight – Leaf dry weight) x 100

ข้อมูลการเจริญเติบโตของอ้อยและมวลชีวภาพ

เก็บข้อมูลลักษณะการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้น ขนาดลำต้น และจำนวนหน่อต่อกอ ซึ่งใช้ลำต้นหลักตรวจวัดข้อมูลความสูงและขนาดลำต้น เก็บข้อมูลทุก ๆ 15 วัน ระหว่าง 90-180 วันหลังปลูก นำข้อมูลความสูงไปคำนวณอัตราความสูงรายวัน (height rate per day) โดยคำนวณตามสมการ

$$\text{Height rate} = H_2 - H_1 / t_2 - t_1$$

โดย H = ความสูงของต้นอ้อย

t = เวลา

เมื่ออ้อยอายุ 300 วันหลังปลูก ทำการเก็บข้อมูลจำนวนลำต่อกอ แล้วเก็บตัวอย่างส่วนเหนือดินทั้งหมดนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมงหรือจนน้ำหนักแห้งจะคงที่ แล้วบันทึกข้อมูลมวลชีวภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูล

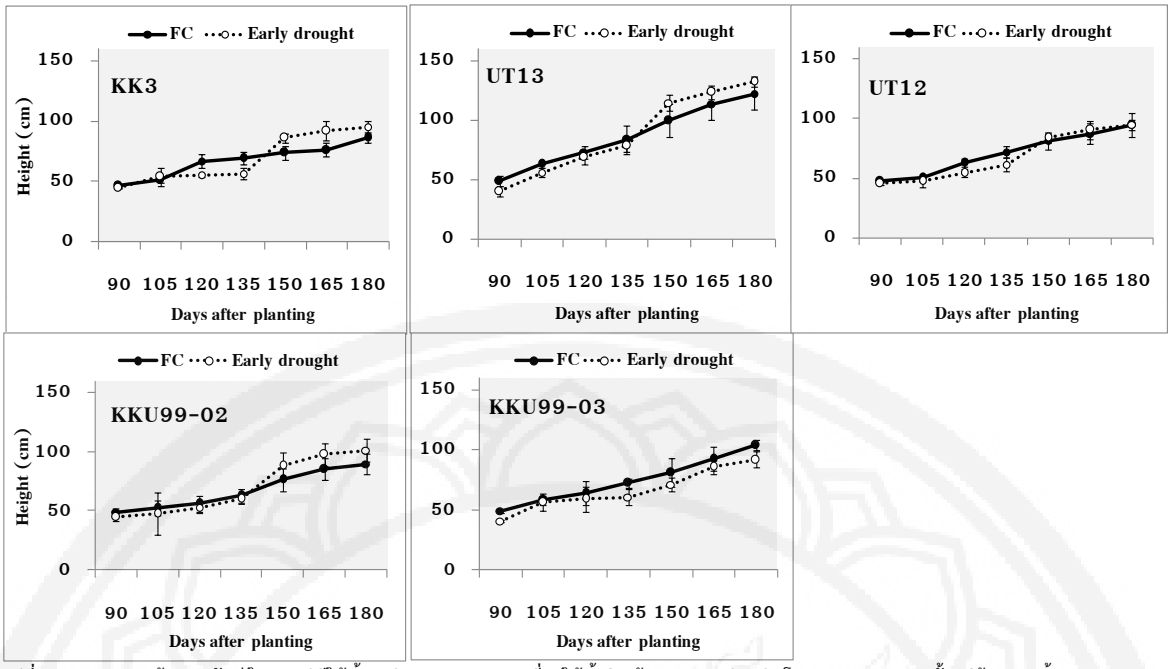
วิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนในทุกลักษณะตามแผนการทดลองแบบ Factorial in RCBD และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี least significant difference (LSD) ด้วยโปรแกรม Statistix 8 ที่ระดับนัยสำคัญ $P<0.05$ เปรียบเทียบการตอบสนองของการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาในแต่ละพันธุ์จากค่า standard error และหาความสัมพันธ์ของลักษณะต่าง ๆที่ตรวจวัดด้วย simple correlation

ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

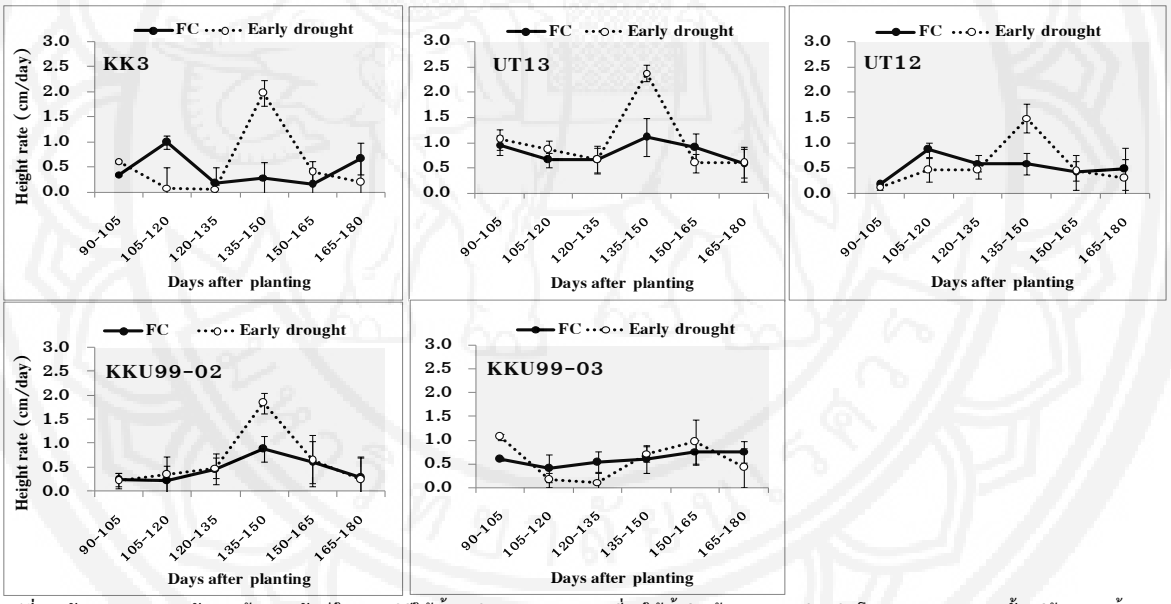
ลักษณะการเจริญเติบโตและสรีรวิทยาของอ้อยในทุกช่วงการทดลองมีสหสัมพันธ์ระหว่างพันธุ์และระดับน้ำที่ควบคุม ดังนั้น การเสนอผลการทดลองจึงแยกเสนอเป็นรายพันธุ์เปรียบเทียบระหว่างการให้น้ำที่แตกต่างกัน และอธิบายเชิงพฤติกรรมของแต่ละพันธุ์เมื่อประสบสภาพความแห้งแล้งในช่วงต้นของการเจริญเติบโต

รูปแบบการเจริญเติบโตในสภาพการขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต

อ้อยพันธุ์ KK 3, UT 12 และ KKU 99-03 เมื่ออ้อยประสบความแห้งแล้งในช่วงต้นของการเจริญเติบโตทำให้ความสูงลดลง แต่ส่วนพันธุ์ UT 13 และพันธุ์ KKU99-02 การขาดน้ำในช่วงต้นไม่ทำให้ความสูงแตกต่างจากกรรมวิธีที่ได้รับน้ำที่ระดับ F.C. และเมื่อได้รับน้ำกลับคืนสู่สภาพปกติอ้อยทุกพันธุ์มีความสูงไม่แตกต่างจากสภาพได้รับน้ำที่ระดับ F.C. (รูปที่ 2) ในช่วงที่อ้อยขาดน้ำในช่วงต้นการเจริญเติบโต (90-135 วันหลังปลูก) อ้อยพันธุ์ KK 3 มีอัตราการเพิ่มความสูงรายวันลดลง (105-120 วันหลังปลูก) ส่วนพันธุ์อื่น ๆ อัตราการเพิ่มความสูงรายวันไม่แตกต่างกันระหว่างกรรมวิธีให้น้ำ แต่เมื่อได้รับน้ำกลับคืนสู่สภาพปกติอ้อยทุกพันธุ์มีอัตราการเพิ่มความสูงมากกว่าอ้อยในกรรมวิธีได้รับน้ำปกติ ยกเว้นอ้อยพันธุ์ KKU 99-03 ซึ่งพันธุ์ KK 3 มีอัตราการเพิ่มความสูงอย่างมากเมื่อเทียบกับกรรมวิธีไม่ขาดน้ำ และในช่วง 150-180 วันหลังปลูก ช่วงได้รับน้ำกลับคืน (recovery phases) ไม่พบความแตกต่างของอัตราความสูงทั้ง 2 กรรมวิธีให้น้ำ (รูปที่ 3)



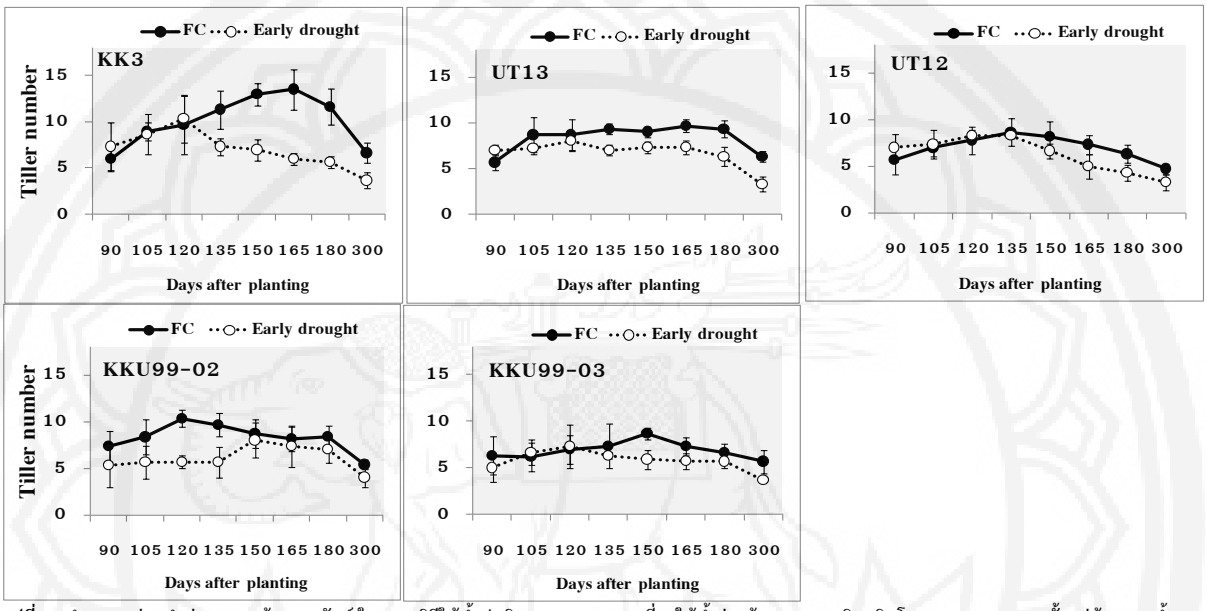
รูปที่ 2 ความสูงของอ้อย 5 พันธุ์ ในกรรมวิธีให้น้ำปกติ (FC) และสภาพทิ้งดให้น้ำช่วงต้นของการเจริญเติบโต (early drought) ตั้งแต่อ้อยขาดน้ำ (อายุ 90-135 วันหลังปลูก) และช่วงที่ได้รับน้ำกลับคืน (อายุ 136-180 วันหลังปลูก)



รูปที่ 3 อัตราความสูงรายวันของอ้อย 5 พันธุ์ ในกรรมวิธีให้น้ำปกติ (FC) และสภาพทิ้งดให้น้ำช่วงต้นของการเจริญเติบโต (early drought) ตั้งแต่อ้อยขาดน้ำ (อายุ 90-135 วันหลังปลูก) และช่วงที่ได้รับน้ำกลับคืน (อายุ 136-180 วันหลังปลูก)

เมื่อขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโตจำนวนหน่อต่อกอของอ้อยพันธุ์ KK 3, UT 13 และพันธุ์ KKU 99-02 ลดลง ส่วนพันธุ์ UT 12, และ KKU 99-03 มีจำนวนหน่อต่อกอไม่แตกต่างจากกรรมวิธีให้น้ำตามระดับ F.C. (รูปที่ 4) อย่างไรก็ตาม อ้อยพันธุ์ต่าง ๆ มีรูปแบบการแตกกอที่แตกต่างกัน พันธุ์ขอนแก่น 3 มีการแตกกอสูงกว่าพันธุ์อื่น ๆ ทั้งในสภาพขาดน้ำและไม่ขาดน้ำ เมื่อไม่ขาดน้ำอ้อยพันธุ์ KK 3 มีช่วงแตกกอสูงสุดอยู่ที่ 165 วันหลังปลูก แต่ในอายุเก็บเกี่ยวจำนวนลำต่อกอ (นับเฉพาะจำนวนลำที่สมบูรณ์; millable cane) ลดลง และหากประสบความแห้งแล้งในช่วงต้นของการเจริญเติบโตจำนวนหน่อต่อกอลดลงเมื่ออ้อยขาดน้ำเป็นเวลา 45 วันหลังงดให้น้ำ ในพันธุ์ KKU 99-02 มีช่วงแตกกอสูงสุดอยู่ที่อายุ 120 วันหลังปลูก และเมื่อขาดน้ำอ้อยพันธุ์นี้มีจำนวนหน่อต่อกอลดลง ตั้งแต่ 30 วันหลังงดให้น้ำ แต่เมื่อให้น้ำกลับคืน KKU 99-02

สามารถแตกหน่อได้เพิ่มขึ้น ทำให้ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยวมีจำนวนลำต่อกอของกรรมวิธีขาดน้ำช่วงต้นไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ขาดน้ำ พันธุ์ UT 13 มีจำนวนหน่อต่อกอลดลงเมื่อขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโตและส่งผลไปถึงจำนวนลำต่อกอเมื่อเก็บเกี่ยว ส่วนพันธุ์ UT 12 และ KKU 99-03 ไม่พบความแตกต่างของจำนวนหน่อต่อกอระหว่างกรรมวิธีการให้น้ำทั้งในช่วงการขาดน้ำและการได้รับน้ำคืน (รูปที่ 4) การตอบสนองของอ้อยบางพันธุ์สอดคล้องกับงานทดลองของ Robertson et al. (1999) ซึ่งรายงานว่า เมื่ออ้อยที่ประสบสภาวะความแห้งแล้งมีจำนวนหน่อต่อกอลดลง แต่อย่างไรก็ตามงานทดลองดังกล่าวศึกษาในอ้อยเพียง 1 พันธุ์ ซึ่งอ้อยต่างพันธุ์มีการตอบสนองของการแตกหน่อแตกต่างกันดังผลการทดลองของงานวิจัยนี้



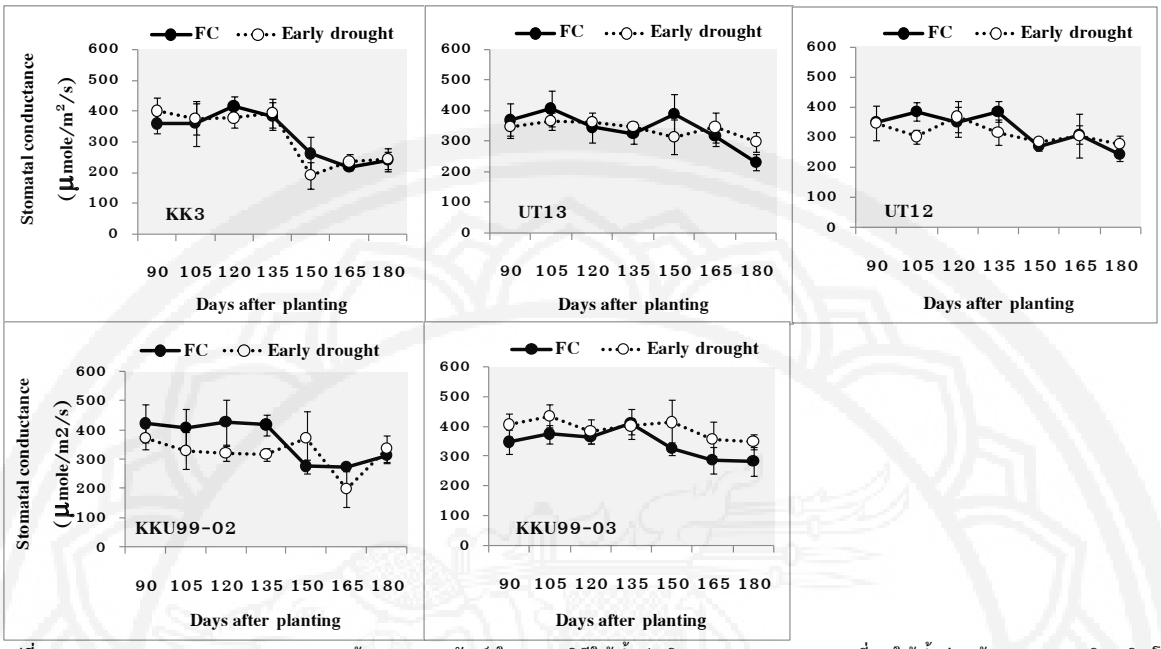
รูปที่ 4 จำนวนหน่อ/ลำต่อกอของอ้อย 5 พันธุ์ ในกรรมวิธีให้น้ำปกติ (FC) และสภาพที่งดให้น้ำช่วงต้นของการเจริญเติบโต (early drought) ตั้งแต่อ้อยขาดน้ำ (อายุ 90-135 วันหลังปลูก) ช่วงที่ได้รับน้ำกลับคืน (อายุ136-180 วันหลังปลูก) และวันเก็บเกี่ยว (อายุ 300 วันหลังปลูก)

รูปแบบสรีรวิทยาในสภาพการขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต

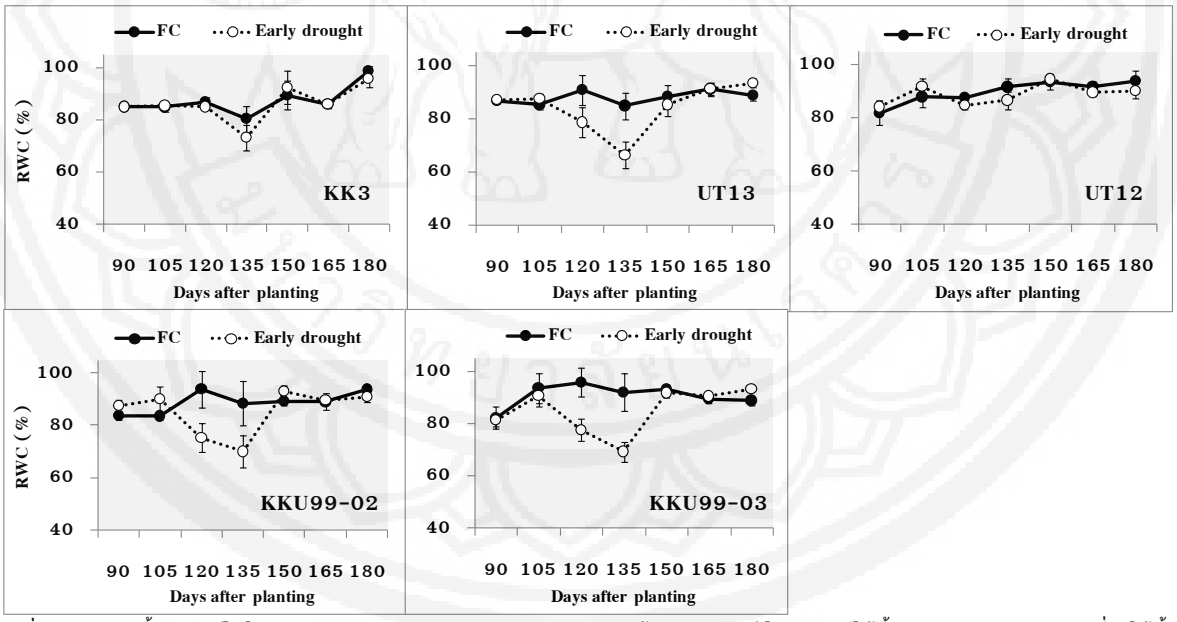
อ้อยพันธุ์ KK 3, UT 12, UT 13 และ KKU 99-03 เมื่อขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโตไม่พบความแตกต่างของค่าชักนำของปากใบเมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่ขาดน้ำ ส่วนพันธุ์ KKU 99-02 มีค่าชักนำของปากใบลดลงเมื่อขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต แต่เมื่อได้รับน้ำกลับคืนพันธุ์นี้มีการคายน้ำไม่แตกต่างจากสภาพกรรมวิธีไม่ขาดน้ำ (รูปที่ 5) การตอบสนองของการชักนำของปากใบในอ้อยบางพันธุ์สอดคล้องกับงานทดลองของ Zhao, Glaz, & Comstock (2010) ซึ่งรายงานว่า เมื่ออ้อยที่ประสบสภาวะความแห้งแล้งมีค่าชักนำของปากใบลดลง อย่างไรก็ตาม งานวิจัยดังกล่าวตรวจวัดในอ้อยพันธุ์เดียว ซึ่งงานวิจัยนี้ พบว่าอ้อยต่างพันธุ์มีการตอบสนองของค่าชักนำของปากใบแตกต่างกัน ส่วนปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ เมื่อขาดน้ำในช่วงต้นอ้อยพันธุ์ KK 3, KKU 99-03 และUT 12 สามารถรักษาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบให้ไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่ไม่ขาดน้ำ ส่วนพันธุ์ UT 13 และ KKU 99-02 มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ลดลงเมื่อขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต และเมื่อได้รับน้ำกลับคืนพันธุ์อ้อยทุกพันธุ์มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในกรรมวิธีขาดน้ำช่วงต้นไม่แตกต่างกับกรรมวิธีไม่ขาดน้ำ (รูปที่ 6) พันธุ์อ้อยที่มีความต้านทานต่อความแห้งแล้งจะรักษาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ และค่าการนำปากใบได้ดีกว่าพันธุ์อ้อยที่อ่อนแอ (Graca et al., 2010)

ในการทดลองนี้ ไม่พบความแตกต่างของค่า SCMR และ chlorophyll fluorescence ระหว่างกรรมวิธีขาดน้ำช่วงต้นและไม่ขาดน้ำทั้งในช่วงที่ขาดน้ำและได้รับน้ำกลับคืน (ไม่ได้แสดงข้อมูล) แม้ว่างานวิจัยที่ผ่านมาแนะนำการใช้ค่า SCMR และ chlorophyll fluorescence นำมาประเมินความทนแล้งของพันธุ์อ้อยได้

(Silva et al., 2011; Silva et al., 2007) ดังนั้นจำเป็นต้องมีการศึกษาลักษณะ SCMR และ chlorophyll fluorescence ในสภาพขาดน้ำของระบบข้ามแล้งภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพิ่มเติม เพื่อสนับสนุนว่าสามารถใช้ลักษณะดังกล่าวประเมินความทนแล้งของพันธุ์อ้อยในสภาพนี้ได้



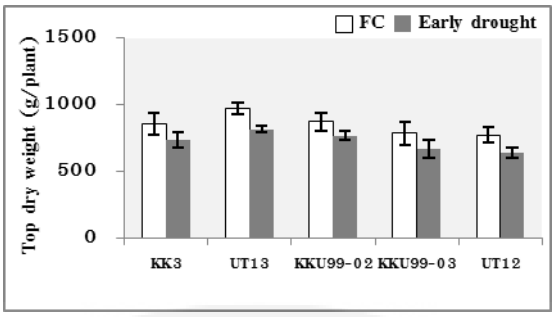
รูปที่ 5 Stomatal conductance ของอ้อย 5 พันธุ์ ในกรรมวิธีให้น้ำปกติ (FC) และสภาพที่งดให้น้ำช่วงต้นของการเจริญเติบโต (early drought) ตั้งแต่อ้อยขาดน้ำ (อายุ 90-135 วันหลังปลูก) และช่วงที่ได้รับน้ำกลับคืน (อายุ136-180 วันหลังปลูก)



รูปที่ 6 ปริมาณน้ำสัมพันธ์ในใบ (relative water content; RWC) ของอ้อย 5 พันธุ์ ในกรรมวิธีให้น้ำปกติ (FC) และสภาพที่งดให้น้ำช่วงต้นของการเจริญเติบโต (early drought) ตั้งแต่อ้อยขาดน้ำ (อายุ 90-135 วันหลังปลูก) และช่วงที่ได้รับน้ำกลับคืน (อายุ136-180 วันหลังปลูก)

ความสัมพันธ์ของลักษณะการเจริญเติบโตและสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับน้ำหนักแห้ง

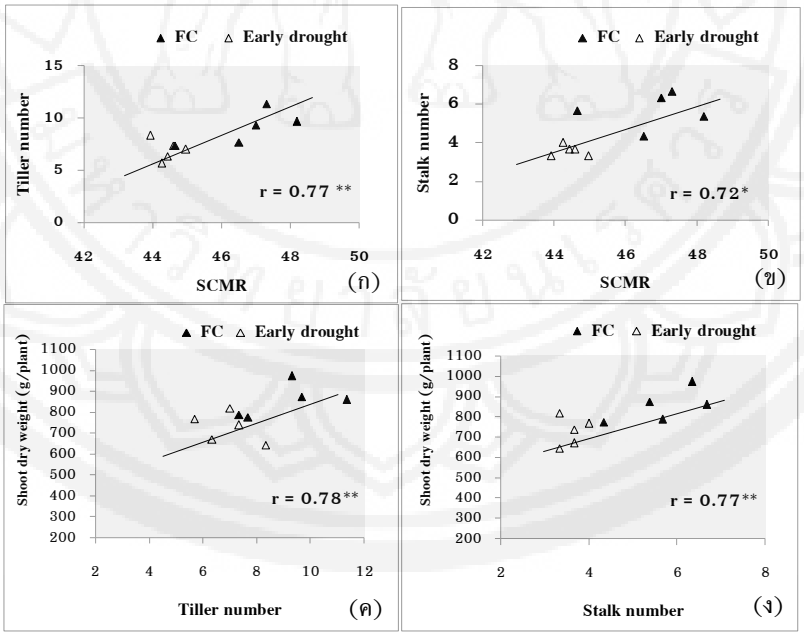
น้ำหนักแห้งเหนือดินของพันธุ์ UT 12 และ UT 13 ลดลงเมื่อขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต ส่วนพันธุ์อื่น ๆ ไม่พบความแตกต่างกันระหว่างการให้น้ำ 2 กรรมวิธี (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 น้ำหนักแห้งเหนือดินของอ้อย 5 พันธุ์ ในกรรมวิธีให้น้ำปกติ (FC) และสภาพทิ้งดให้น้ำช่วงต้นของการเจริญเติบโต (early drought) เมื่ออายุ 300 วันหลังปลูก

พันธุ์ KK 3 และ UT 12 ไม่ลดการคายน้ำและยังสามารถรักษาค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ไว้ได้เมื่อขาดน้ำในช่วงต้น ซึ่งพฤติกรรมเช่นนี้อาจเกิดจากการมีลักษณะรากที่ดี ซึ่งลักษณะรากที่ดีจะช่วยรักษาการดูดใช้น้ำของพืช และส่งผลไปถึงการรักษาสถานะน้ำในใบพืชได้ (Turner, 1986) พันธุ์ KK 3 ลดการเจริญเติบโตทั้งความสูงและจำนวนหน่อลงเมื่อขาดน้ำ การแบ่งสันปันส่วนอาหารจากการสังเคราะห์ด้วยแสงอาจส่งไปที่รากมากขึ้น แต่เมื่อได้รับน้ำกลับคืน อ้อยพันธุ์นี้มีอัตราการเพิ่มขึ้นของความสูงอย่างรวดเร็ว นั่นอาจเกิดจากการแบ่งสันปันส่วนอาหารจากการสังเคราะห์ด้วยแสงไปที่ต้นมากขึ้น ทำให้อ้อยที่ผ่านการขาดน้ำในช่วงต้นมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินไม่แตกต่างจากกรรมวิธีที่ไม่ขาดน้ำในช่วงอายุเก็บเกี่ยว ซึ่งพบกลไกการปรับตัวต่อความแห้งแล้งในช่วงต้นของการเจริญเติบโตเช่นนี้ในถั่วลิสง (Jongrungklang et al., 2013) ส่วนพันธุ์ UT 12 พบว่าในอายุเก็บเกี่ยวอ้อยที่ผ่านการขาดน้ำในช่วงต้นมีน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินน้อยกว่ากรรมวิธีที่ไม่ขาดน้ำ

นอกจากนี้ พบว่าน้ำหนักแห้งส่วนเหนือดินของอ้อยมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับจำนวนลำต่อกอ (รูปที่ 8) อีกทั้ง SCMR มีความสัมพันธ์ทางบวกกับจำนวนหน่อต่อกอ และจำนวนลำต่อกอ (รูปที่ 8) ดังนั้น จึงสรุปความสัมพันธ์ได้ว่าค่า SCMR สูงส่งเสริมให้อ้อยแตกหน่อได้มาก และนำไปสู่การมีน้ำหนักแห้งต่อกอสูงด้วย



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่าง SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) และจำนวนหน่อต่อกอ (ก), SCMR และและจำนวนลำต่อกอ (ข), จำนวนหน่อต่อกอและน้ำหนักเหนือดิน (ค) และ จำนวนลำต่อกอและน้ำหนักเหนือดิน (ง) ของอ้อย 5 พันธุ์ ในกรรมวิธีให้น้ำปกติ (FC) และสภาพทิ้งดให้น้ำช่วงต้นของการเจริญเติบโต (early drought)

สรุป

อ้อยแต่ละพันธุ์มีรูปแบบการเจริญเติบโตและลักษณะทางสรีรวิทยาในสภาพขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโตแตกต่างกัน พันธุ์ขอนแก่น 3 มีอัตราการเพิ่มความสูงรายวันลดลง ส่วนพันธุ์อื่นๆ อัตราการเพิ่มความสูงไม่แตกต่างกันระหว่างกรรมวิธีให้น้ำ แต่เมื่อได้รับน้ำกลับคืนสู่สภาพปกติอ้อยทุกพันธุ์มีอัตราการเพิ่มความสูงมากกว่าอ้อยในกรรมวิธีได้รับน้ำปกติ ยกเว้นอ้อยพันธุ์ KKU99-03 ซึ่งพันธุ์ขอนแก่น 3 มีอัตราการเพิ่มความสูงอย่างมาก เมื่อเทียบกับกรรมวิธีได้รับน้ำปกติในช่วงขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโตในสภาพขาดน้ำอ้อยมีทั้งพันธุ์ที่จำนวนหน่อต่อกอลดลง (KK 3, UT 13 และ KKU 99-02) และคงที่ (KKU 99-03 และ UT 12) เมื่อเทียบกับสภาพไม่ขาดน้ำ และเมื่อได้รับน้ำกลับคืนพบพันธุ์อ้อย KKU99-02 มีจำนวนหน่อต่อกอเพิ่มขึ้น จนทำให้ไม่พบความแตกต่างกับกรรมวิธีที่ได้รับน้ำปกติ ส่วนรูปแบบของลักษณะทางสรีรวิทยา เมื่อขาดน้ำพันธุ์ KKU99-02 มีค่าการชักนำของปากใบ และพันธุ์ UT 13, KKU 99-02 และ KKU 99-03 มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบลดลง แต่เมื่อได้รับน้ำกลับคืนลักษณะทางสรีรวิทยาทุกลักษณะของทุกพันธุ์ในสภาพที่ผ่านการขาดน้ำในช่วงต้นไม่แตกต่างกับสภาพที่ไม่ขาดน้ำ ไม่พบความแตกต่างของค่า SCMR และ chlorophyll fluorescence ระหว่างกรรมวิธีขาดน้ำช่วงต้นและไม่ขาดน้ำทั้งในช่วงที่ขาดน้ำและได้รับน้ำกลับคืน สำหรับลักษณะน้ำหนักแห้งเหนือดิน พบว่าพันธุ์ UT 12 และ UT 13 มีน้ำหนักแห้งเหนือดินลดลงเมื่อขาดน้ำในช่วงต้นของการเจริญเติบโต ส่วนพันธุ์อื่นๆ ไม่พบความแตกต่างกันระหว่างการให้น้ำ 2 กรรมวิธี นอกจากนี้ จำนวนหน่อต่อกอในสภาพขาดน้ำเป็นลักษณะที่สนับสนุนการสร้างน้ำหนักแห้งเหนือดินที่อายุเก็บเกี่ยว ซึ่งจำนวนหน่อต่อกอและจำนวนลำต่อกอมีความสัมพันธ์ทางบวกกับ SCMR อย่างไรก็ตาม กลไกการตอบสนองทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตและสร้างน้ำหนักแห้งในการทดลองนี้ยังไม่ชัดเจน จำเป็นต้องศึกษาลักษณะรากและการแบ่งสันปันส่วนของอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแสงควบคู่กันด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์วิจัยอ้อยและน้ำตาลภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คณะเกษตรศาสตร์ และกลุ่มวิจัยวิศวกรรมประยุกต์เพื่อพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มหาวิทยาลัยขอนแก่น สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

เอกสารอ้างอิง

Office of the Cane and Sugar Board. (2015). Sugarcane harvested area report in 2014-15. Retrieved January 10, 2016, from http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/923-9810.pdf

FAO. (2016a). Crop water information: sugarcane. Retrieved June 24, 2016 from http://www.fao.org/nr/water/cropinfo_sugarcane.html

FAO. (2016b). Chapter 6 - ETcrop - Single crop coefficient (Kc). Retrieved January 21, 2016 from http://www.fao.org/docrep/x0490e/x0490e0b.htm

Graca, J. P., Rodrigues, F. A., Farias, J. R. B., Oliveira, M.C.N., Hoffmann-Campo, C. B., & Zingaretti, S. M. (2010). Physiological parameters in sugarcane cultivars submitted to water deficit. *Brazilian Journal of Plant Physiology, 22*, 189-197.

Jangpromma, N., Songsri, P., Thammasirirak, S., & Jaisil, P. (2010). Rapid assessment of chlorophyll content in sugarcane using a SPAD chlorophyll meter across different water stress conditions. *Asian Journal of Plant Sciences*, *9*(6), 368-374.

Jangpromma, N., Thammasirirak, S., Jaisil, P., & Songsri, P. (2012). Effects of drought and recovery from drought stress on above ground and root growth, and water use efficiency in sugarcane

('Saccharum officinarum'L.). *Australian Journal of Crop Science*, *6*(8), 1298-1304.

Jongrungklang, N., Toomsan, B., Vorasoot, N., Jogloy, S., Boote, K. J., Hoogenboom, G., & Patanothai, A. (2013). Drought tolerance mechanisms for yield responses to pre-flowering drought stress of peanut genotypes with different drought tolerant levels. *Field Crops Research*, *144*, 34-42.

Robertson, M. J., Inman-Bamber, N. G., Muchow, R. C., & Wood, A. W. (1999). Physiology and productivity of sugarcane with early and mid-season water deficit. *Field Crops Research*, *64*(3), 211-227.

Silva, M. D. A., Jifon, J. L., Da Silva, J. A., & Sharma, V. (2007). Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, *19*(3), 193-201.

Silva, M. D. A., Jifon, J. L., Sharma, V., Silva, J.A.G., Caputo, M.M., Damaj, M.B., Guimara˜es, E.R. & Ferro, M.I.T. (2011). Use of physiological parameters in screening drought tolerance in sugarcane genotypes. *Sugar Tech*, *13*(3), 191-197.

Turner, N. C. (1986). Adaptation to water deficits: a changing perspective. *Functional Plant Biology*, *13*(1), 175-190.

Zhao, D., Glaz, B., & Comstock, J.C. (2010). Sugarcane Response to Water-Deficit Stress during Early Growth on Organic and Sand Soils. American *Journal of Agricultural and Biological Sciences*, *5*(3), 403-414.