



<https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index>

บทความวิจัย

การเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยโคลอนตีเด่นภายใต้สภาวะเครียดจากการขาดน้ำ

ธีระรัตน์ ชินแสน* แสงเดือน ชนะชัย ชัยนต์ ภัคทีไทย อัมรารวรรณ ทิพย์วัฒน์

ปิยะรัตน์ จังพล หนูธรรม บุญนิม และ กรองกาญจน์ ป้องปัญจมิตร

ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ตำบลศิลา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000

ข้อมูลบทความ	บทคัดย่อ
Article history รับ: 4 มกราคม 2566 แก้ไข: 16 มีนาคม 2566 ตอบรับการตีพิมพ์: 7 เมษายน 2566 ตีพิมพ์ออนไลน์: 12 พฤษภาคม 2566 คำสำคัญ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ การคายน้ำ ค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบ ประสิทธิภาพการใช้น้ำ ค่า SCMR	การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาเป็นหนึ่งในกระบวนการตอบสนองของพืชภายใต้สภาวะเครียดจากการขาดน้ำซึ่งรวมถึงค่า SPAD chlorophyll meter reading (SCMR) และค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสง ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยภายใต้สภาวะเครียดจากการขาดน้ำและหลังกลับมาได้รับน้ำอีกครั้ง โดยวางแผนการทดลองแบบ Split plot design in RCB จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยหลัก คือ (1) การให้น้ำตามความต้องการของพืช และ (2) งดการให้น้ำนาน 14 วัน ที่อายุ 96 - 109 วันหลังปลูก (ระยะแตกกอ) และปัจจัยรอง คือ พันธุ์/โคลนอ้อยที่เด่น ได้แก่ (1) KK11-516 (2) KK14-030 (3) KK14-136 (4) LK92-11 และ (5) KK3 ดำเนินการทดลอง ณ ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ปี พ.ศ. 2565 จากการศึกษาพบว่า เมื่อขาดน้ำ ค่า SCMR ของอ้อยจะมีค่าลดลง และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์/โคลนพบว่า โคลน KK14-136 มีค่า SCMR สูงสุด ที่อายุ 139 วันหลังปลูก (หลังกลับมาได้รับน้ำนาน 30 วัน) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 40.14 SPAD-unit ขณะเดียวกัน พบว่า เมื่อขาดน้ำค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยทุกพันธุ์/โคลนมีค่าลดลง แต่พบว่า โคลน KK14-030 มีค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบและการคายน้ำใกล้เคียงกับอ้อยที่ได้รับน้ำตามปกติ หลังได้รับน้ำอีกครั้ง นาน 1 วัน เท่ากับ 0.07 และ 2.16 mmol m⁻²s⁻¹ ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางการศึกษาด้านพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยหรือใช้ประกอบการคัดเลือกอ้อยพันธุ์ใหม่ในประเทศไทยในลำดับต่อไป

บทนำ

การขาดแคลนน้ำเป็นหนึ่งในปัจจัยแวดล้อมภายนอกที่อาจจะประสพระหว่างการเพาะปลูกพืช โดยหากรากพืชได้รับน้ำในปริมาณที่จำกัดหรืออัตราการคายน้ำของพืชมีค่าลดลง พืชดังกล่าวจะเริ่มเข้าสู่สภาวะเครียดจากการขาดน้ำ (Drought stress) ซึ่งส่งผลกระทบต่อพืชในหลายลักษณะที่แตกต่างกันออกไป เช่น หากพืชขาดน้ำยาวนานพืชจะแสดงอาการเหี่ยวเฉาและตายในที่สุด และโดยทั่วไปแล้วเมื่อพืชขาดน้ำแรงดันเต่งของเซลล์พืชจะลดลงส่งผลให้การขยายขนาดของเซลล์ลดลงและมีผลให้การเจริญเติบโตถูกยับยั้งอันส่งผลกระทบต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตในลำดับต่อไป ขณะเดียวกัน การขาดน้ำยังส่งผลกระทบต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงที่พบว่า มีผลให้การเปิดปากใบ การคายน้ำ และการดูดใช้คาร์บอนไดออกไซด์ลดลง (Lisar et al., 2012) อย่างไรก็ตาม Wolfe et al. (1988) และ Aguilera et al. (2002) กล่าวว่า ปริมาณผลผลิตของพืชที่ถูกจำกัดโดยความเครียดจากสภาพแวดล้อมจะมีความ

แปรปรวนจากอิทธิพลของจีโนไทป์ภายในสปีชีส์นั้น ๆ ขณะเดียวกัน Kasemsap (2006) รายงานว่า นักวิทยาศาสตร์ได้มีการจำแนกกลไกการทนทานหรือการตอบสนองต่อการขาดน้ำของพืชออกเป็นสามกลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ (1) Desiccation postponement คือ พืชสามารถคงน้ำในเนื้อเยื่อพืชไว้ได้ในสภาวะขาดแคลนน้ำในดิน (2) Desiccation tolerance คือ พืชสามารถมีชีวิตอยู่ได้และดำเนินกระบวนการต่าง ๆ ทางสรีรวิทยาได้แม้ว่าพืชอยู่ในสภาพขาดน้ำหรือมีระดับ/ปริมาณน้ำในต้นน้อยกว่าปกติ และ (3) Drought escape คือ พืชมีวงจรชีวิตสั้นสุดในช่วงฤดูกาลที่มีน้ำพอเพียง ก่อนที่สภาพแวดล้อมจะขาดแคลนน้ำ (drought avoider)

อ้อยพืชไร่เศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทยมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมน้ำตาลหรืออุตสาหกรรมพลังงาน ด้านการเจริญเติบโตนั้นสามารถจำแนกได้เป็น 5 ระยะ ได้แก่ ระยะงอก ระยะแตกกอ ระยะย่างปล้อง ระยะแก่ และระยะสะสมน้ำตาล (FCRI, 1994) โดย Ramesh (2000) รายงานว่า ระยะแตกกอและย่างปล้องเป็นระยะที่มีความสำคัญต่อการสร้างและสะสมอาหารในลำอ้อย หาก

*Corresponding author

E-mail address: nongtheerarat@gmail.com (T. Chinnasaen)

Online print: 12 May 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.7>

อ้อยขาดน้ำในช่วงเวลาดังกล่าวจะส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโต และผลผลิตของอ้อย ขณะที่ การผลิตอ้อยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ส่วนใหญ่อาศัยน้ำฝนเพื่อการเจริญเติบโต และอาจประสบปัญหาขาดแคลนน้ำหรือฝนทิ้งช่วงในช่วงเดือนธันวาคมถึงเมษายนซึ่งตรงกับระยะแตกกอหรือระยะย่างปล้องของอ้อยส่งผลให้ผลผลิตอ้อยลดลงหรือไม่สามารถไว้ต่อในฤดูต่อไปได้ ดังนั้น เพื่อทราบถึงการตอบสนองของพืชภายใต้การขาดแคลนน้ำจึงมีงานวิจัยที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพืชภายใต้สภาวะเครียดจากการขาดน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่พืชสามารถแสดงออกภายในระยะเวลาอันสั้น Silva et al. (2007) รายงานว่า ในสภาวะขาดน้ำพันธุ์อ้อยที่อ่อนแอต่อความแห้งแล้งมีค่า SPAD index (หรือค่า SCMR) ต่ำกว่าการได้รับน้ำตามปกติ ขณะที่ ค่า SPAD index ของพันธุ์อ้อยที่ทนทานต่อความแห้งแล้งมีค่าไม่แตกต่างกันในสภาวะทั้งสอง และ Da Silva et al. (2012) รายงานว่า ค่าดัชนีการเปิด-ปิดปากใบ การคายน้ำ และ SPAD index สามารถนำไปเป็นดัชนีบ่งชี้ศักยภาพความทนทานต่อความแห้งแล้งในอ้อยได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ Da Graca et al. (2010) ที่เสนอว่า พารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงสามารถนำมาใช้เป็นตัวชี้วัดประกอบการประเมินและจำแนกพันธุ์อ้อยที่ทนทานหรืออ่อนแอต่อความแห้งแล้ง

จากตัวอย่างการศึกษาข้างต้นนอกจากจะทำให้ทราบถึงการตอบสนองทางสรีรวิทยาของอ้อยแล้ว ยังสามารถนำมาใช้ประกอบการพิจารณาจำแนกพันธุ์อ้อยที่มีความทนทานต่อความแห้งแล้ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสง ขณะที่ การปรับปรุงพันธุ์อ้อยเพื่อให้ได้พันธุ์อ้อยที่สามารถเจริญเติบโตได้ดีและให้ผลผลิตที่สูงภายใต้ความเครียดจากการขาดน้ำยังเป็นอีกหนึ่งความท้าทายต่อการพัฒนาอ้อยพันธุ์ใหม่ในประเทศไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงระยะแตกกอซึ่งเป็นอีกหนึ่งช่วงการเจริญเติบโตที่อ้อยต้องการปัจจัยการเจริญเติบโตสูงสุด (FCRI, 1994) การนำการตอบสนองทางสรีรวิทยาต่อความเครียดจากการขาดน้ำจึงอาจเป็นอีกหนึ่งแนวทางประกอบการคัดเลือกอ้อยพันธุ์ใหม่ รวมถึงทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของอ้อยโคลนดีเดนที่ปรับปรุงพันธุ์ในประเทศไทยภายใต้ความเครียดจากการขาดน้ำเพิ่มขึ้น ดังนั้น การศึกษานี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยโคลนดีเดน (โคลนอ้อยชุดปี 2557 ซึ่งอยู่ในขั้นการเปรียบเทียบในไร่เกษตรกรของขั้นตอนการปรับปรุงพันธุ์อ้อยโรงงาน โดยศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร) ภายใต้สภาวะเครียดจากการขาดน้ำและหลังการกลับมาได้รับน้ำอีกครั้ง เพื่อเป็นแนวทางประกอบการคัดเลือกอ้อยพันธุ์ใหม่ที่ทนทานต่อความแห้งแล้งหรือมีลักษณะของค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงที่ทนทานต่อความแห้งแล้งในลำดับต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

แผนการทดลอง

การศึกษาในครั้งนี้วางแผนการทดลองแบบ Split plot design in RCB จำนวน 3 ซ้ำ ประกอบด้วย 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยหลัก (a) คือ การจัดการการให้น้ำ 2 รูปแบบ ได้แก่ ให้น้ำตามความต้องการของพืช (Paisanchaoen et al. (2012)) และงดการให้น้ำนาน 14 วัน โดยเริ่มงดที่อายุ 96 - 109 วันหลังปลูก (ระยะแตกกอ)

ทั้งนี้ หลังช่วงงดการให้น้ำจะกลับมาให้น้ำแก่อ้อยตามความต้องการของพืชอีกครั้ง และปัจจัยรอง (b) คือ พันธุ์/โคลนอ้อยที่แตกต่างกัน จำนวน 5 พันธุ์/โคลน ได้แก่ อ้อยโคลนดีเดน จำนวน 3 โคลน คือ KK11-516 KK14-030 KK14-136 และพันธุ์เปรียบเทียบกับ LK92-11 และ KK3 สำหรับการให้น้ำตามความต้องการของพืช (อ้อย) แสดงดังสมการด้านล่าง (Smith (1992) และ Doorenbos & Kassam (1979)) โดยให้น้ำทุก ๆ 7 วัน

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

เมื่อ ET_c = ปริมาณความต้องการน้ำของพืช (มม./วัน)

K_c = สัมประสิทธิ์การใช้น้ำของพืช

ET_o = ปริมาณการใช้น้ำของพืชอ้างอิง (มม./วัน)

วิธีดำเนินการทดลอง

ปลูกอ้อยพันธุ์/โคลนที่ต้องการศึกษา ณ แปลงทดลอง ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ปี 2565 ในวงคอนกรีตเส้นผ่านศูนย์กลาง ขนาด 80 ซม. สูง 100 ซม. ดินที่ใช้ปลูกมีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 5.4 ค่าการนำไฟฟ้า เท่ากับ 0.033 dS/m ปริมาณอินทรีย์วัตถุ เท่ากับ 0.32 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ ปริมาณโพแทสเซียม และแคลเซียมที่สกัดได้มีค่าเท่ากับ 0.014 เปอร์เซ็นต์ 27.49 mg/g 47.21 ppm และ 280.53 ppm ตามลำดับ ทั้งนี้ ดินปลูกมีความจุความชื้นสนาม และความหนาแน่น เท่ากับ 14.00 เปอร์เซ็นต์ และ 1.50 กรัม/ลูกบาศก์ซม.ตามลำดับ ดำเนินการปลูกอ้อยพันธุ์/โคลนละ 3 หน่วยการทดลองต่อซ้ำ และน้ำหนักดินปลูกเฉลี่ยต่อหน่วยการทดลองมีค่าประมาณ 345 กก. ให้น้ำตามความต้องการของอ้อยหลังปลูกเพื่อให้ต้นอ้อยตั้งตัวได้ จากนั้น ที่อายุ 96 วันหลังปลูก จึงจัดการให้น้ำตามแผนการทดลองที่กำหนด สำหรับการใส่ปุ๋ยดำเนินการโดยแบ่งใส่ 2 ครั้ง ครั้งแรกใส่พร้อมปลูก (15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่) ครั้งที่ 2 ใส่หลังจากครั้งแรก 2 ½ เดือน (สูตร 15-15-15 อัตรา 50 กก./ไร่) ดูแลรักษา กำจัดวัชพืช และควบคุมการเข้าทำลายของโรคและแมลงตลอดช่วงการเพาะปลูก ในกรณีที่ฝนตกระหว่างช่วงที่งดการให้น้ำใช้พลาสติกคลุมวงบ่อคอนกรีตเพื่อป้องกันฝนจากนั้นที่อายุ 109 วันหลังปลูก จึงกลับมาให้น้ำอ้อยที่งดการให้น้ำอีกครั้ง

การบันทึกข้อมูล

ดำเนินการบันทึกค่า SCMR และพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อย รวมถึงข้อมูลประกอบการดำเนินการทดลองดังนี้

(1) ข้อมูลอุตุนิยมวิทยา บันทึกข้อมูลทางสภาพอากาศทุกวันตลอดการดำเนินการทดลอง ประกอบด้วย ปริมาณน้ำฝน อุณหภูมิสูงสุด อุณหภูมิต่ำสุด และความชื้นสัมพัทธ์ โดยใช้ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาของศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น ตำบลศิลา อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น

(2) ความชื้นดิน วัดความชื้นดินปลูกอ้อยที่ระดับความลึก 0-20, 20-50 และ 50-80 ซม. ระหว่างดำเนินการทดลองที่อายุ 90 95 (ก่อนการควบคุมการให้น้ำ) 105 (งดการให้น้ำนาน 10 วัน) 109 (งดการให้น้ำนาน 14 วัน วัดความชื้นดิน ก่อนกลับมาให้น้ำอีกครั้ง) 111 119 126 133 และ 139 วันหลังปลูก (หลังกลับมาให้น้ำอีกครั้ง)

นาน 2 10 17 24 และ 30 วัน ตามลำดับ) โดยใส่ตัวอย่างดินในกระป๋องอะลูมิเนียมซึ่งน้ำหนักดินก่อนอบแล้วอบตัวอย่างดินที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส นาน 72 ชั่วโมง ซึ่งน้ำหนักดินหลังอบ เมื่อบันทึกข้อมูลเรียบร้อยแล้วจึงนำตัวอย่างดินกลับใส่เข้าไปในกระถางตามเดิม จากนั้นจึงคำนวณเปอร์เซ็นต์ความชื้นดิน (Khonghintaesong et al., 2017) โดยเทียบกับน้ำหนักดินหลังอบ

(3) ค่า SCMR (SPAD chlorophyll meter reading) สุ่มวัดใบอ้อยเช่นเดียวกับการบันทึกค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงด้วยเครื่อง SPAD-502 chlorophyll meter (Minolta SPAD-502 meter Tokyo, Japan) โดยวัดส่วนโคน กลาง และปลายใบแล้วหาค่าเฉลี่ย (Khonghintaesong et al., 2017)

(4) สรีรวิทยาการสังเคราะห์ด้วยแสง วัดค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงด้วยเครื่อง LCpro T Advanced Portable Photosynthesis System (ADC BioScientific Ltd., Hoddesdon, UK) โดยสุ่มวัดจากตัวอย่างใบอ้อยที่สมบูรณ์ในใบที่ 2 หรือ 3 จากยอดที่กางเต็มที่ ในเวลา 08.00-12.00 น. และเป็นวันที่มีแสงแดดจัด กำหนดค่าความเข้มแสงที่ใช้วัด เท่ากับ $1500 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Liu et al., 2020) ส่วนความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศและอุณหภูมิอากาศขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมระหว่างการบันทึกข้อมูลในวันนั้น ๆ โดยค่าพารามิเตอร์ที่บันทึก ได้แก่ อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (Net photosynthesis rate; A) การคายน้ำ (Transpiration rate; E) ค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบ (Stomatal conductance; g_s) ที่อายุ 95 (ก่อนการควบคุมการให้น้ำ) 105 (งดการให้น้ำนาน 10 วัน) 109 (งดการให้น้ำนาน 14 วัน) 110 111 119 126 และ 139 วัน หลังปลูก (หลังจากกลับมาให้น้ำอีกครั้งนาน 1 2 10 17 และ 30 วัน ตามลำดับ) เพื่อทราบการตอบสนองหลังจากกลับมาได้รับน้ำอีกครั้งหรือการฟื้นตัวของอ้อยที่กลับมาได้รับน้ำอีกครั้ง พร้อมคำนวณประสิทธิภาพการใช้น้ำ (water use efficiency, WUE) ดังสมการ $\text{Water use efficiency (WUE)} = A/E$ (Sun et al., 2011)

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแตกต่างของแต่ละลักษณะที่ทำการศึกษานในแต่ละพันธุ์/โคลน ตามแผนการทดลองแบบ Split plot design in RCB โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป และเปรียบเทียบความแตกต่างของลักษณะที่ทำการศึกษาระหว่างการได้รับน้ำที่แตกต่างกันโดย pare T-test ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ข้อมูลอุณหภูมิตามวันและความชื้นดิน

ระหว่างดำเนินการทดลองเมื่ออ้อยมีอายุ 90-139 วันหลังปลูก พบว่าอุณหภูมิสูงสุดรายวันและอุณหภูมิต่ำสุดรายวันอยู่ในช่วง 21.50-39.00 และ 18.00-27.50 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ขณะที่ ความชื้นสัมพัทธ์รายวันและความชื้นสัมพัทธ์รายวันเฉลี่ยอยู่ในช่วง 57-95 เปอร์เซ็นต์ และ 70 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ทั้งนี้ ระหว่างการงดการให้น้ำ (เมื่ออ้อยมีอายุ 96-109 วันหลังปลูก) พบว่า มีวันที่มีฝน จำนวน 3 วัน คือ วันที่ 7 11 และ 14 ของการงดการให้น้ำ โดยมีปริมาณน้ำฝนในช่วงเวลาดังกล่าวรวม 22.00 มม. ขณะที่ ปริมาณน้ำฝนรวมตลอดการทดลองมีค่า เท่ากับ 191.30 มม. (Figure 1-A) อย่างไรก็ตาม ฝน

ที่ตกระหว่างการงดการให้น้ำไม่ส่งผลกระทบต่อผลการทดลองเนื่องจากได้คลุมพลาสติกเพื่อป้องกันฝน และพิจารณาจากความชื้นดินที่มีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มอ้อยของปัจจัยหลักทั้งการให้น้ำ ที่อายุ 109 วันหลังปลูก หรือ หลังการงดการให้น้ำ ที่ระดับความลึก 0-20, 20-50 และ 50-80 ซม. ดินมีความชื้นเพียง 4.11 4.59 และ 4.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เท่านั้น ขณะที่ดินมีความจุความชื้นสนามกว่า 14.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งส่งผลให้อ้อยแสดงอาการขาดน้ำอย่างรุนแรงโดยลักษณะอาการที่แสดงออก คือ ใบอ้อยทุกใบที่มีสีเขียวม้วนเข้าหากันตามแนวเส้นกลางใบตลอดทั้งวัน (กลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติมีจำนวนใบที่มีสีเขียวเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่งดการให้น้ำ (หลังควบคุมการให้น้ำนาน 10 วัน) เท่ากับ 6.10 และ 4.30 ใบต่อต้นตามลำดับ (ไม่แสดงข้อมูล)) และอาจมีผลให้อ้อยตายในลำดับต่อไป ดังนั้น การทดลองในครั้งนี้จึงกลับมาให้น้ำอีกครั้งเมื่ออ้อยมีอายุ 109 วัน หรือหลังงดการให้น้ำนาน 14 วัน อย่างไรก็ตาม พบว่า การให้น้ำตามความต้องการของพืชมีผลให้ดินมีความชื้นต่ำกว่าค่าความจุความชื้นสนามโดยหลังการให้น้ำดินมีความชื้น ประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ จากนั้น จะลดลงเรื่อย ๆ จนเหลือประมาณ 7 เปอร์เซ็นต์ จึงครบรอบกลับมาให้น้ำอีกครั้งคือ ให้น้ำทุก ๆ 7 วัน ตามค่าการให้น้ำที่คำนวณได้ (Figure 1-B, D)

การให้น้ำตามความต้องการของพืชที่ให้แก่อ้อยในการทดลองครั้งนี้อ้างอิงจากการศึกษาของ Paisanchoen et al. (2012) ซึ่งพิจารณาจากปริมาณน้ำที่พืชใช้โดยเปรียบเทียบกับการระเหยน้ำของพืชอ้างอิงจนทำให้ทราบค่าสัมประสิทธิ์การใช้น้ำ (the crop coefficient; Kc) ของอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 ซึ่งสามารถเพิ่มผลผลิตของอ้อยปลูกได้กว่า 43-74 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับปลูกอ้อยโดยอาศัยน้ำฝน ขณะเดียวกัน Paisanchoen et al. (2012) ได้รายงานค่าจุดเหี่ยวถาวรของดินปลูกอ้อยมีค่า เท่ากับ 4.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาในครั้งนี้ที่ดินปลูกอ้อยทั้งการให้น้ำมีความชื้นเพียง 4-5 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น อ้อยจึงแสดงอาการขาดน้ำอย่างรุนแรงหลังงดการให้น้ำนาน 14 วัน

ค่า SCMR

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์/โคลนอ้อยที่แตกต่างกัน พบว่า ที่อายุ 95 วันหลังปลูก อ้อยมีค่า SCMR ไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 38.27 SPAD-unit แต่เมื่ออ้อยมีอายุเพิ่มขึ้น พบว่า โคลน KK14-136 มีค่า SCMR สูงกว่าอ้อยพันธุ์/โคลนอื่น ๆ โดยเฉพาะที่อายุ 139 วันหลังปลูก (หลังจากกลับมาได้รับน้ำนาน 30 วัน) มีค่า SCMR เฉลี่ยเท่ากับ 40.14 SPAD-unit ขณะเดียวกัน เมื่อเปรียบเทียบในพันธุ์/โคลนเดียวกัน พบว่า การขาดน้ำมีผลให้ค่า SCMR ต่ำกว่าการได้รับน้ำตามปกติอย่างมีนัยสำคัญหรืออย่างน้อยมีนัยสำคัญทางสถิติในอ้อยพันธุ์/โคลนนั้น ๆ (Figure 2) และถึงแม้ว่าอ้อยจะกลับมาได้รับน้ำตามปกติอีกครั้ง กล่าวคือ หลังจากกลับมาได้รับน้ำนาน 1 2 และ 10 วัน พบว่า ค่า SCMR ของอ้อยกลุ่มที่ผ่านการงดการให้น้ำยังต่ำกว่าอ้อยกลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติ แต่ค่า SCMR เฉลี่ยของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์/โคลน ที่ได้รับน้ำตามปกติและขาดน้ำมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติหลังจากกลับมาได้รับน้ำตั้งแต่วันที่ 17 แต่หากเปรียบเทียบในพันธุ์/โคลนเดียวกัน หลังจากกลับมาได้รับน้ำอีกครั้งนานกว่า 17 วัน ค่า SCMR ของอ้อยบางพันธุ์/โคลนยังมีค่าแตกต่างกัน

เช่น โคลน KK11-516 KK14-136 และพันธุ์ LK92-11 ที่อายุ 139 วัน หลังปลูก (Figure 2-A, C, D)

การให้น้ำมีผลให้ค่า SCMR ซึ่งเป็นค่าบ่งชี้ความเสียหายของอวัยวะและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับอ้อยที่ได้รับน้ำตามปกติ เนื่องจาก การให้น้ำทำให้เกิดการยับยั้งการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ใน 4 ขั้นตอน ได้แก่ (1) ยับยั้งการสร้าง 5-aminolevulinic acid (ALA) (2) ยับยั้งการรวมตัวของ ALA เป็น porphobilinogen และ primary tetrapyrrole ที่จะเปลี่ยนเป็น protochlorophyllide (3) ยับยั้งการเปลี่ยน protochlorophyllide เป็น chlorophyllide โดยแสง และ (4) ยับยั้งการสังเคราะห์ Chlorophyll a และ b (Lisar et al., 2012; Dongsansuk, 2017) สอดคล้องกับการศึกษาของ Silva et al. (2007) ที่รายงานว่า พันธุ์อ้อยที่อ่อนแอต่อความแห้งแล้งมีค่า SPAD index หรือค่า SCMR ในสถานะแล้งต่ำกว่าได้รับน้ำตามปกติ เท่ากับ 36.56 และ 42.58 SPAD-unit ตามลำดับ ขณะที่ ที่พันธุ์อ้อยที่ทนทานต่อความแห้งแล้งมีค่า SPAD index ไม่แตกต่างกันทางสถิติ เช่นเดียวกับ Da Silva et al. (2012) รายงานว่า อ้อยพันธุ์ RB92579 มีค่า SPAD index ในสถานะได้รับน้ำตามปกติและในสถานะแล้ง ประมาณ 36 และ 30 SPAD-unit ตามลำดับ ดังนั้น หลังกลับมาได้รับน้ำอีกครั้ง ค่า SCMR ของอ้อยที่ผ่านการงดการให้น้ำจึงมีค่าเพิ่มขึ้น รวมถึงต้องการเวลาในการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ขึ้นใหม่ทำให้ค่า SCMR ของอ้อยที่ได้รับน้ำตามปกติและอ้อยที่หลังกลับมาได้รับน้ำอีกครั้งมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบอ้อยภายในพันธุ์/โคลนเดียวกันแต่ได้รับการจัดการน้ำที่ต่างกัน หลังกลับมาได้รับน้ำอีกครั้งพบว่า อ้อยบางพันธุ์/โคลนยังมีค่า SCMR แตกต่างกันทางสถิติซึ่งอาจเกิดขึ้นเนื่องจาก พันธุ์/โคลนอ้อยที่ต่างกันอาจมีความต้องการน้ำสำหรับกระบวนการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ที่ แตกต่างกัน นอกจากนี้ Chinnasaen et al. (2021) รายงานว่า พันธุ์/โคลนอ้อยที่ต่างกัน ที่อายุ 6 เดือน มีค่า SCMR แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยโคลน KK07-599 มีค่าสูงสุด ขณะที่ พันธุ์ LK92-11 มีค่าต่ำสุด เท่ากับ 41.6 และ 30.3 SPAD-unit ตามลำดับ ดังนั้น ค่า SCMR จึงเป็นอีกหนึ่งพารามิเตอร์ที่นำมาใช้ประกอบการคัดเลือกพันธุ์อ้อยที่ทนทานต่อความแห้งแล้ง

ค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสง

อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ (Net photosynthesis rate; A) เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์/โคลนอ้อยที่ต่างกันพบว่า ที่อายุ 95 วันหลังปลูก อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของอ้อยมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $16.58 \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ แต่ภายหลังการให้น้ำนาน 10 และ 14 วัน พบว่า อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิเฉลี่ยของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์/โคลน ในอ้อยกลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติมีค่าสูงกว่าอ้อยกลุ่มที่ขาดน้ำอย่างมีนัยสำคัญยิ่งและอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 17.23 และ $5.01 \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ และ 8.15 และ $1.49 \mu\text{molCO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ตามลำดับ และอ้อยยังคงลักษณะดังกล่าวแม้จะกลับมาได้รับน้ำอีกครั้ง นาน 1 หรือ 2 วัน แต่หลังได้รับน้ำตั้งแต่วันที่ 10 พบว่า อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของอ้อยที่ได้รับการจัดการน้ำที่ต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับการเปรียบเทียบอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของอ้อยภายในพันธุ์/โคลนเดียวกัน ที่พบว่า การให้น้ำและหลังการ

กลับมาได้รับน้ำอีกครั้งนาน 1 หรือ 2 วัน มีผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิต่ำกว่าอ้อยที่ได้รับน้ำตามปกติ (Figure 2)

การคายน้ำ (Transpiration rate; E) ก่อนการงดการให้น้ำอ้อยตามสิ่งทดลองที่กำหนด ที่อายุ 95 วันหลังปลูก เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์/โคลนอ้อยที่ต่างกัน พบว่า อ้อยมีการคายน้ำไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $3.17 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ แต่ภายหลังการให้น้ำนาน 10 และ 14 วัน พบว่า การคายน้ำเฉลี่ยของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์/โคลน ในอ้อยกลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติมีค่าสูงกว่าอ้อยกลุ่มที่ขาดน้ำอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เท่ากับ 2.90 และ $1.20 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ และ 2.50 และ $0.85 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ตามลำดับ และอ้อยยังคงลักษณะดังกล่าวแม้จะกลับมาได้รับน้ำอีกครั้ง นาน 1 หรือ 2 วัน แต่หลังได้รับน้ำตั้งแต่วันที่ 10 พบว่า การคายน้ำของอ้อยที่ได้รับการจัดการน้ำที่ต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับการเปรียบเทียบการคายน้ำของอ้อยภายในพันธุ์/โคลนเดียวกัน ที่พบว่า การให้น้ำและหลังการกลับมาได้รับน้ำอีกครั้งนาน 1 หรือ 2 วัน มีผลให้การคายน้ำต่ำกว่าอ้อยที่ได้รับน้ำตามปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอ้อยโคลน KK11-516 KK14-136 และพันธุ์ LK92-11 (Figure 3)

ค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบ (Stomatal conductance; gs) ก่อนการงดการให้น้ำอ้อยตามสิ่งทดลองที่กำหนด ที่อายุ 95 วันหลังปลูก เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์/โคลนอ้อยที่ต่างกัน พบว่า ค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบของอ้อยมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ $0.12 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ แต่ภายหลังการให้น้ำนาน 10 วัน พบว่า ค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบเฉลี่ยของอ้อยโคลน KK11-516 มีค่าสูงกว่าอ้อยพันธุ์/โคลนอื่น ๆ เท่ากับ $0.11 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ขณะเดียวกัน ค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบของอ้อยในกลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติมีค่าสูงกว่าอ้อยกลุ่มที่ขาดน้ำอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เท่ากับ 0.13 และ $0.04 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ตามลำดับ และอ้อยยังคงลักษณะดังกล่าวแม้จะกลับมาได้รับน้ำอีกครั้ง นาน 1 วัน แต่หลังได้รับน้ำตั้งแต่วันที่ 2 พบว่า ค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบของอ้อยที่ได้รับการจัดการน้ำที่ต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ สอดคล้องกับการเปรียบเทียบการคายน้ำของอ้อยภายในพันธุ์/โคลนเดียวกัน ที่พบว่า การให้น้ำและหลังการกลับมาได้รับน้ำอีกครั้งนาน 1 วัน มีผลให้ค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบต่ำกว่าอ้อยที่ได้รับน้ำตามปกติ โดยเฉพาะอย่างยิ่งอ้อยโคลน KK11-516 KK14-136 และพันธุ์ LK92-11 (Figure 3)

ประสิทธิภาพการใช้น้ำ (Water use efficiency; WUE) ก่อนการงดการให้น้ำอ้อยตามสิ่งทดลองที่กำหนด ที่อายุ 95 วันหลังปลูก เมื่อเปรียบเทียบระหว่างพันธุ์/โคลนอ้อยที่ต่างกัน พบว่า อ้อยพันธุ์ KK3 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำเท่ากับ $6.00 \mu\text{molmol}^{-1}$ ซึ่งสูงกว่าอ้อยพันธุ์/โคลนอื่น ๆ และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ แต่ภายหลังการให้น้ำนาน 10 วัน พบว่า การจัดการการให้น้ำและพันธุ์/โคลนที่ต่างกันมีปฏิสัมพันธ์ต่อประสิทธิภาพการใช้น้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการจัดการการให้น้ำมีผลให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำของอ้อยมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ โดยภายใต้สถานะขาดน้ำอ้อยโคลน KK11-516 และพันธุ์ KK3 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงสุด เท่ากับ 4.54 และ $4.48 \mu\text{molmol}^{-1}$ ตามลำดับ ขณะที่ พันธุ์ LK92-11 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำต่ำสุด เท่ากับ $2.28 \mu\text{molmol}^{-1}$ ทั้งนี้ หลังการให้น้ำนาน 14 วัน พบว่า ประสิทธิภาพการใช้น้ำเฉลี่ยของอ้อยทั้ง 5 พันธุ์/โคลน ในกลุ่มที่ได้รับ

น้ำตามปกติมีค่าสูงกว่าอ้อยกลุ่มที่ขาดน้ำ เท่ากับ 3.92 และ 2.02 μmolmol^{-1} ตามลำดับ และอ้อยยังคงแสดงลักษณะดังกล่าวแม้ว่าอ้อยจะกลับมาได้รับน้ำอีกครั้งนาน 1 2 หรือ 10 วัน โดยมีค่าเท่ากับ 5.18 และ 3.89 5.07 และ 4.52 และ 5.05 และ 4.44 μmolmol^{-1} ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สอดคล้องกับการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้น้ำภายในพันธุ์/โคลนเดียวกัน ที่พบว่า

การขาดน้ำนาน 10 หรือ 14 วัน และหลังจากกลับมาได้รับน้ำอีกครั้งนาน 1 หรือ 2 วัน มีผลให้ประสิทธิภาพการใช้น้ำของอ้อยต่ำกว่าการได้รับน้ำตามปกติ เช่น การได้รับน้ำที่แตกต่างกันมีผลให้อ้อยพันธุ์ KK3 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำแตกต่างกันที่อายุ 105 วันหลังปลูก (หลังขาดน้ำนาน 10 วัน) (Figure 3)

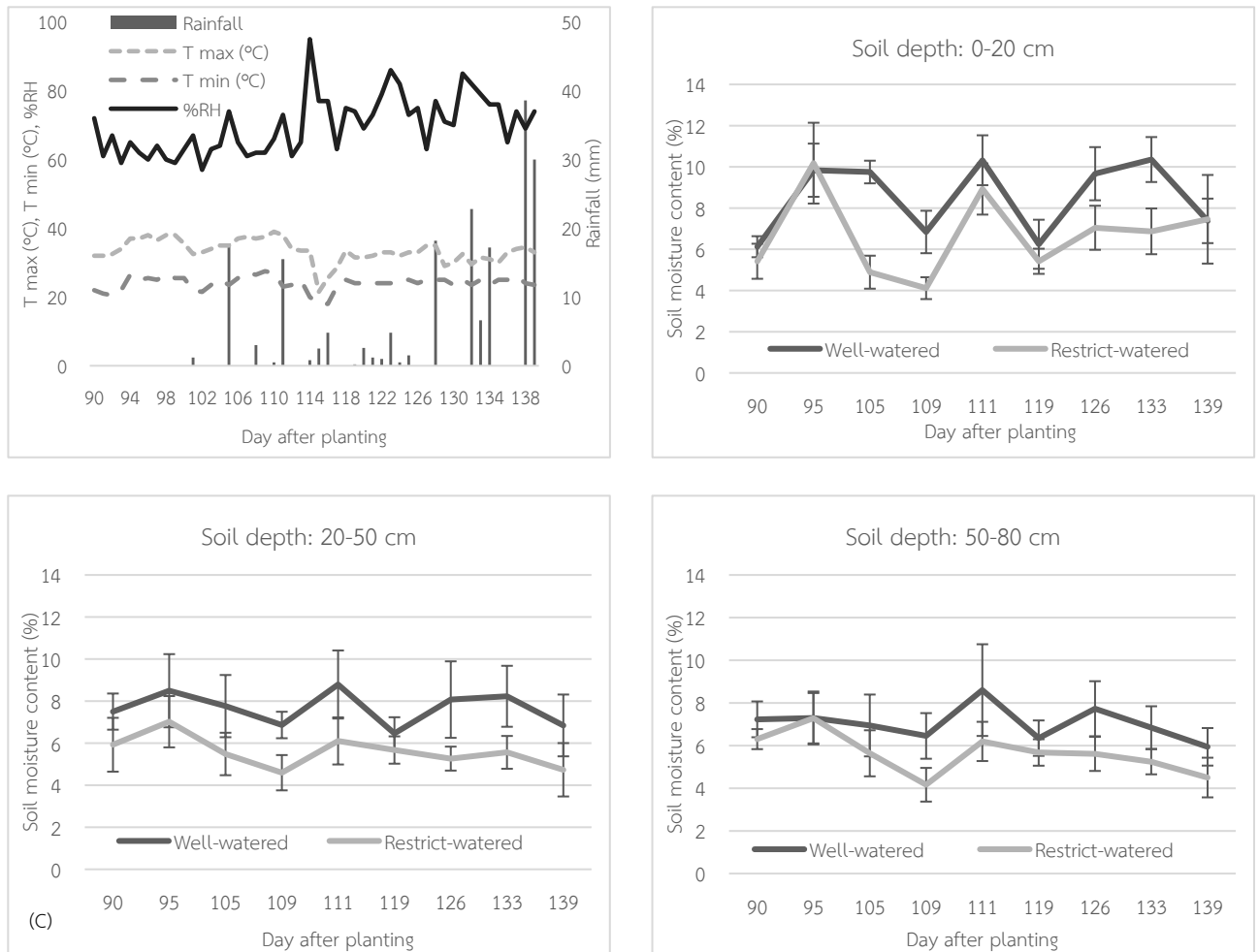


Figure 1 Daily climate (A) and soil moisture content at various soil depths; 0-20 cm (B), 20-50 cm (C), 50-80 cm (D), (data are mean $\pm$ SE) during conduct the experiment at Khon Kaen Field Crops Research Center, Khon Kaen Province on 7 April to 26 March, 2022, restrict-watered period is among 96-109 day after planting.

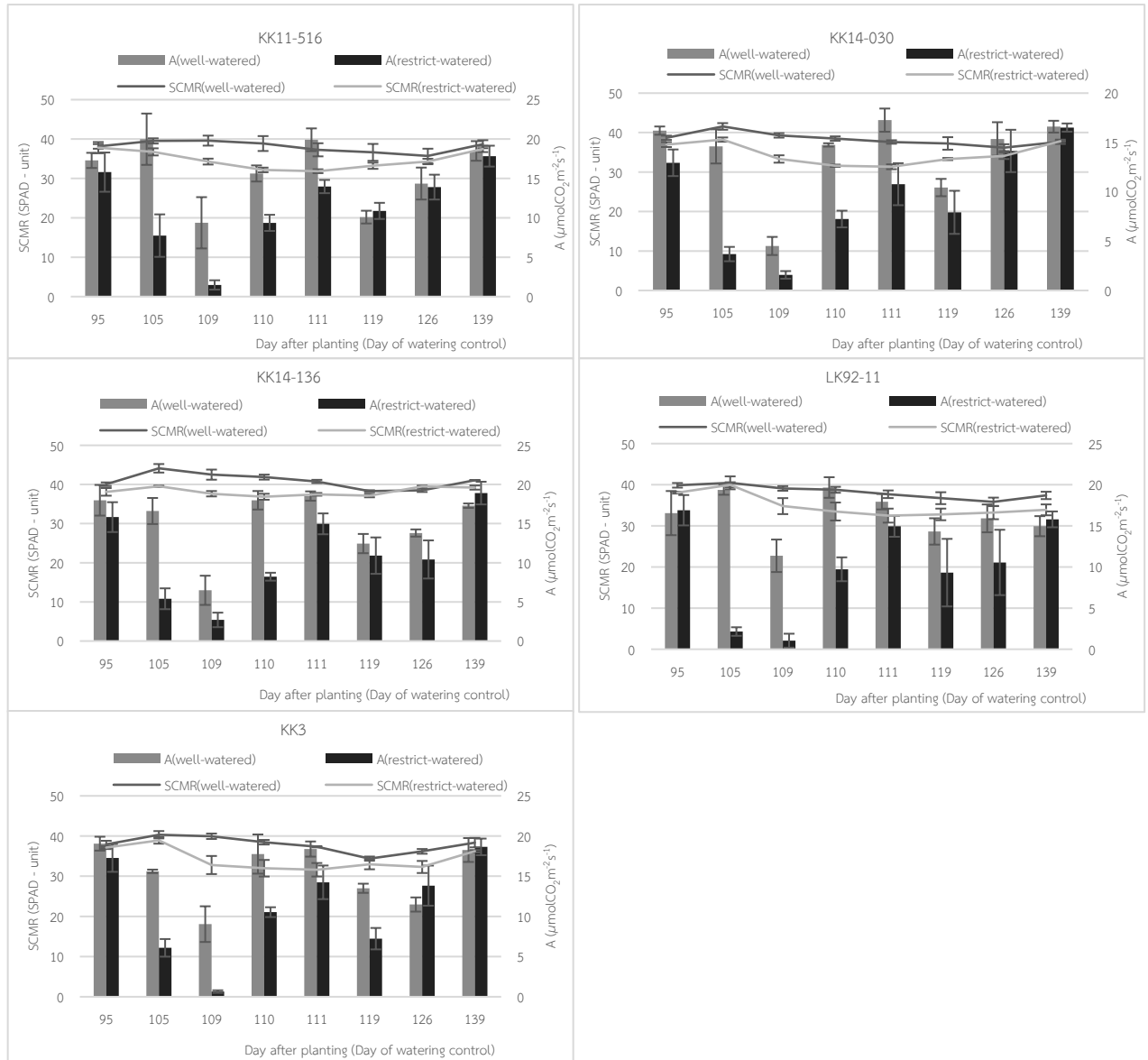


Figure 2 SCMR and net photosynthesis rate; A of KK11-516 (A), KK14-030 (B), KK14-136 (C), LK92-11 (D), and KK3 (E) (data are mean±SE) during conduct the experiment, restrict-watered period is among 96-109 day after planting, - = day after restrict-water, + = day after rehydration. Comparison among varieties are capital letters, nearby the graphs but not show the mean values of their parameters and between various watered are lower case letters, nearby the graphs in each parameter, () for SCMR, and [] for A. Mean followed by the same letter in each day are not significantly different by DMRT for varieties comparison, by T-test for various watered. *=Significant at $p < 0.05$, **=Significant at $p < 0.01$.

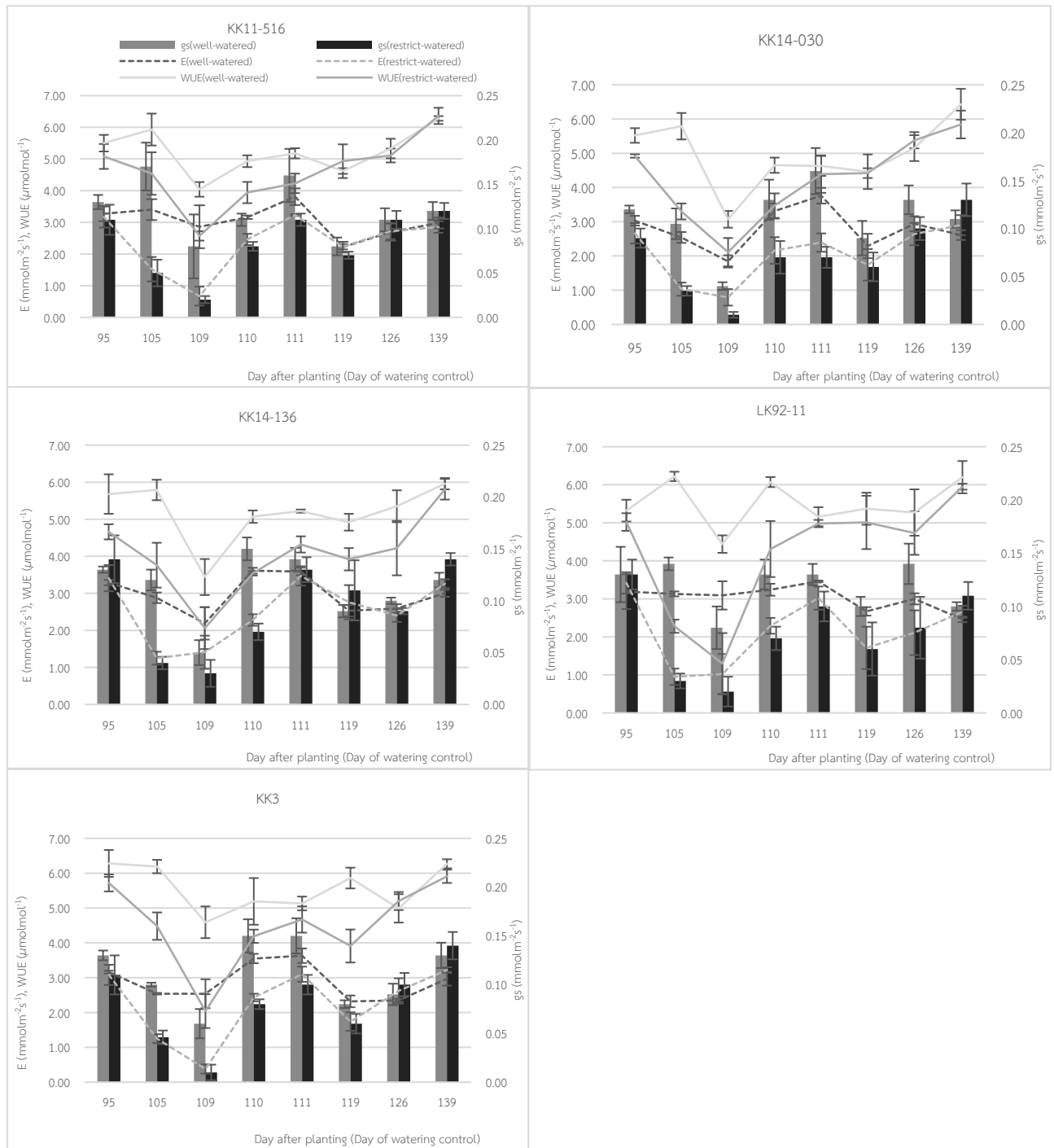


Figure 3 Transpiration rate; E , stomatal conductance; g_s , and water use efficiency; WUE of KK11-516 (A), KK14-030 (B), KK14-136 (C), LK92-11 (D), and KK3 (E) (data are mean $\pm$ SE) during conduct the experiment, restrict-watered period is among 96-109 day after planting, - = day after restrict-water, + = day after rehydration. Comparison among varieties are capital letters, nearby the graphs but not show the mean values of their parameters and between various watered are lower case letters, nearby the graphs in each parameter, [] for E , { } for g_s , and () for WUE . Mean of well-watered and restrict-water followed by the same letter in each day are not significantly different by DMRT for varieties comparison, by T-test for various watered. *=Significant at $p < 0.05$, **=Significant at $p < 0.01$.

การเปลี่ยนแปลงแรกที่จะเกิดขึ้นเพื่อตอบสนองต่อการขาดน้ำของพืชคือ การปิดปากใบเพื่อลดการสูญเสียน้ำในกระบวนการคายน้ำของพืช โดยเกิดขึ้นจากแรงเต่งภายในเซลล์คุมลดลงพร้อมกับเกิดการสร้างและสะสม Absciscic acid (ABA) เพื่อชักนำให้ปากใบปิดเมื่อพืชขาดน้ำ (Kasemsap, 2006; Li et al., 2016; Dongsansuk, 2017) ซึ่งส่งผลกระทบต่อพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงในลำดับต่อไป ดังนั้น จากการทดลองในครั้งนี้จึงพบว่า การเปิดปากใบของอ้อยในแต่ละพันธุ์/โคลนจึงมีค่าลดลง เมื่ออ้อยเปิดปากใบลดการคายน้ำของอ้อยจึงมีค่าลดลงเช่นกัน และมีผลให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของอ้อยมีค่าลดลง เนื่องจากการสังเคราะห์ด้วยแสงเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนที่ได้จากการแตกตัวของน้ำ โดยมีแสงเป็นตัวกระตุ้นปฏิกิริยา (light reaction) และกระบวนการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ (Carbon fixation) ซึ่งเมื่อพืชมีน้ำจำกัดและเปิดปากใบลดการตรึงคาร์บอนไดออกไซด์จึงมีค่าลดลง (Kasemsap, 2006; Jaiphong et al., 2016) เช่นเดียวกับประสิทธิภาพการใช้น้ำ หรือ WUE ที่ลดลงเมื่ออยู่ในสภาวะแล้ง เพราะ WUE เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงการสูญเสียน้ำจากการคายน้ำของพืชเพื่อแลกกับการตรึง CO₂ ดังนั้น หากพืชมีค่า WUE สูง จึงแสดงว่าพืชสามารถตรึง CO₂ ได้มากแต่สูญเสียน้ำในปริมาณที่น้อย ขณะที่ WUE ต่ำ แสดงว่าพืชสามารถตรึง CO₂ ได้น้อยหรืออยู่ภายใต้สภาวะแล้ง (Kasemsap, 2006) สอดคล้องกับหลายการทดลองที่ผ่านมา เช่น Jaiphong et al. (2016) รายงานว่า อ้อยพันธุ์ NIF8 มีพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสง ได้แก่ อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิ ค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบ และการคายน้ำลดลงเมื่ออ้อยขาดน้ำนาน 15 วัน ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติกับอ้อยที่ได้รับน้ำตามปกติ Da Graça et al. (2010) รายงานว่า อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิของอ้อยพันธุ์ SP83-2847 (พันธุ์อ้อยทนแล้ง) เริ่มมีค่าแตกต่างกันระหว่างกลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติและกลุ่มที่ขาดน้ำในวันที่ 7 เป็นต้นไปของการควบคุมการให้น้ำ ขณะที่ การขาดน้ำมีผลให้อ้อยเปิดปากใบมากกว่าการได้รับตามปกติในวันที่ 5 ของการควบคุมการให้น้ำ เท่ากับ 1.16 และ 1.11 molm⁻²s⁻¹ ตามลำดับ ด้านพันธุ์ SP86-155 ที่อ่อนแอต่อการขาดน้ำ พบว่า อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิและค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบมีค่าน้อยกว่าพันธุ์ที่ทนทานต่อความแห้งแล้ง นอกจากนี้ Wang et al. (2022) กล่าวว่า ลักษณะทางสรีรวิทยาของพืชทนแล้งไม่เพียงแต่สามารถสังเกตได้ภายใต้ความเครียดจากการขาดน้ำเท่านั้น แต่ยังสามารถพิจารณาได้จากกระบวนการฟื้นฟูของพืชภายหลังการได้รับน้ำอีกครั้ง เช่นเดียวกับที่ Aidar et al. (2014) รายงานว่า พืชทนแล้งจะสามารถฟื้นฟูกระบวนการทำงานทางสรีรวิทยาได้ทันทีที่ส่งผลให้พืชมีอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงเพิ่มขึ้นและช่วยเร่งการเจริญเติบโตของพืชในลำดับต่อไป ทั้งนี้ จากศึกษาในครั้งนี้พบว่า อ้อยพันธุ์ KK3 สามารถฟื้นฟูอัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงสุทธิหลังกลับมาได้รับน้ำอีกครั้งในวันที่ 2 นั้น อาจเนื่องมาจาก อ้อยพันธุ์ KK3 สามารถเพิ่มการสร้างรากใหม่ในดินชั้นล่าง (ต่ำกว่า 30 ซม.จากผิวดิน) เมื่ออยู่ในสภาวะแล้ง (Namwongsa et al., 2019) เช่นเดียวกับที่ Buakom et al. (2020) กล่าวว่า จากหลายการทดลองที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า อ้อยพันธุ์ KK3 ถือเป็นพันธุ์อ้อยที่ทนทานต่อความแห้งแล้งที่นิยมเพาะปลูกในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

อย่างไรก็ตาม จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า ถึงแม้ค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยที่ได้รับน้ำตามความต้องการของพืชจะมีค่าแตกต่างกันทางสถิติกับอ้อยที่ไม่ได้รับน้ำ แต่ค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวกลับมีค่าใกล้เคียงกับอ้อยที่ไม่ได้รับน้ำหรือต่ำกว่าอ้อยที่ได้รับน้ำตามความต้องการของพืชในบางช่วงของการวัดข้อมูลซึ่งอาจเกิดจาก การให้น้ำตามความต้องการของพืชในการศึกษาครั้งนี้ได้น้ำแก่อ้อยในทุก ๆ 7 วัน จึงเป็นสาเหตุให้ดินมีปริมาณน้ำที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เริ่มมีอย่างจำกัดในช่วงก่อนครบกำหนดการให้น้ำอีกครั้ง และการวัดข้อมูลที่อายุ 109 วันหลังปลูกหรือขาดน้ำนาน 14 วัน เป็นวันที่ครบกำหนดการให้น้ำอีกครั้ง จึงดำเนินการวัดข้อมูลในช่วงเช้าและให้น้ำแก่อ้อยในช่วงบ่ายของวันเดียวกัน

สรุปผลการวิจัย

เมื่ออยู่ภายใต้สภาวะเครียดจากการขาดน้ำอ้อยโคลนดีเด่นและพันธุ์เปรียบเทียบกับจะตอบสนอง โดยค่า SCMR และพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงที่วัดได้มีค่าลดลงทุกพันธุ์/โคลนเมื่อเปรียบเทียบกับอ้อยที่ได้รับน้ำตามปกติในพันธุ์/โคลนเดียวกัน ทั้งนี้ อ้อยโคลน KK14-136 มีค่า SCMR สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์/โคลนอื่น ๆ ขณะที่พันธุ์ LK92-11 และ KK3 มีประสิทธิภาพการใช้น้ำสูงกว่าโคลนดีเด่นทุกโคลน สำหรับโคลน KK14-030 พบว่า สามารถคืนค่าชักนำการเปิด-ปิดปากใบและการคายน้ำให้ใกล้เคียงกับอ้อยที่ได้รับน้ำตามปกติภายหลังได้รับน้ำอีกครั้ง นาน 1 วัน จากการทดลองในครั้งนี้ ถึงแม้ว่าค่า SCMR และพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยโคลนดีเด่นจะยังไม่ได้แสดงออกอย่างชัดเจนถึงการมีประสิทธิภาพที่ดีเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะเครียดจากการขาดน้ำหรือการทนทานต่อความแห้งแล้ง แต่โคลนอ้อยดังกล่าวยังมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อให้อ้อยยังสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในช่วงที่ขาดน้ำนาน 14 วัน รวมถึงสามารถฟื้นฟูกระบวนการทางสรีรวิทยาการสังเคราะห์ด้วยแสงหลังได้รับน้ำอีกครั้งในวันที่ 10 วัน ขณะเดียวกันจากการศึกษาครั้งนี้ สามารถนำความรู้ที่ได้รับมาใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาถึงค่า SCMR และค่าพารามิเตอร์การสังเคราะห์ด้วยแสงของอ้อยที่จะเกิดขึ้นเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะขาดน้ำ ทั้งนี้ เพื่อให้การศึกษาครั้งต่อไปสมบูรณ์ยิ่งขึ้นควรกำหนดจำนวนครั้งในการวัดข้อมูลให้ถี่ยิ่งขึ้นเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะการควบคุมการให้น้ำ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณสำหรับการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

References

- Aguilera, C., Stirling, C. M., & Long, S. P. (2002). Genotypic variation within *Zea mays* for susceptibility to and rate of recovery from chill-induced photoinhibition of photosynthesis. *Physiologia Plantarum*, 106(4), 429–436. doi:10.1034/j.1399-3054.1999.106411.x
- Aidar, S. T., Meirelles, S. T., Oliveira, R. F., Chaves, A. R. M., & Fernandes-Júnior, P. I. (2014). Photosynthetic response of poikilochlorophyllous desiccation-tolerant *Pleurostima purpurea* (Velloziaceae) to dehydration and rehydration. *Photosynthetica*, 52(1), 124–133. doi:10.1007/s11099-014-0014-0
- Buakom, W., Krachal P., Gonkhamdee, S., Songsri, P., & Jongrunklang, N. (2020). Responses of rooting and physiological characteristics of sugarcane grown under mimic drought stress as low water potential at early stage. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 48(6), 1442–1457. doi:10.14456/kaj.2020.127
- Chinnasaen, T., Cheakittisak, R., Jungpol, P., Chanachai, S., & Pakdeethai, C. (2021). Studies on agronomic traits and cane yield of sugarcane promising clones under irrigated and rain-fed conditions. *Prawarun Agricultural Journal*, 18(1), 17–26. doi:10.14456/paj.2021.2 (in Thai)
- Da Graca, J. P., Rodrigues, F. A., Farias, J. R. B., De 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(3), 189–197. doi: 10.1590/S1677-04202010000300006
- Da Silva, P. P., Soares, L., Da Costa, J. G., Da Silva Viana, L., De Andrade, J. C. F., Goncalves, E. R., Dos Santos, J. M., De Souza Barbosa, G. V., Nascimento, V. X., Todaro, A. R., Riffel, A., Grossi-de-Sa, M. F., Barbosa, M. H. P., Santana, A. E. G., & Neto, C. E. R. (2012). Path analysis for selection of drought tolerant sugarcane genotypes through physiological components. *Industrial Crops and Products*, 37(1), 11–19. doi: 10.1016/j.indcrop.2011.11.015
- Dongsansuk, A. (2017). *Physiological responses of plants to environments*. Khon Kaen: Faculty of Agriculture Khon Kaen University. (in Thai)
- Doorenbos, J., & Kassam, A.H. (1979). *Yield response to water*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. doi:10.1016/B978-0-08-025675-7.50021-2
- Field Crops Research Institute (FCRI). (1994). *Field crops plantation*. Bangkok: Field Crops Research Institute Department of Agriculture. (in Thai)
- Jaiphong, T., Tominaga, J., Watanabe, K., Nakabaru, M., Takaragawa, H., Suwa, R., Ueno, M., & Kawamitsu, Y. (2016). Effects of duration and combination of drought and flood conditions on leaf photosynthesis, growth and sugar content in sugarcane. *Plant Production Science*, 19(3), 427–437. doi: 10.1080/1343943X.2016.1159520
- Kasemsap, P. (2006). *Biology 2*. Bangkok: The project of science and mathematics book, the Promotion of Academic Olympiad and Development of Science Education Foundation. (in Thai)
- Khonghintaisong, J., Songsri, P., & Jongrunklang, N. (2017). Growth and physiological patterns of sugarcane cultivars to mimic drought conditions in late rainy season system. *Naresuan University Journal: Science and Technology*, 25(2), 102–112.
- Li, C., Nong, Q., Solanki, M. K., Liang, Q., Xie, J., Liu, X., Li, Y., Wang, W., Yang, L., & Li, Y. (2016). Differential expression profiles and pathways of genes in sugarcane leaf at elongation stage in response to drought stress. *Scientific Reports*. 6, 25698. doi: 10.1038/srep25698
- Lisar, S. Y. S., Motafakkerazad, R., Hossain, M. M., & Rahman, I. M. (2012). *Water stress in plants: Causes, effects and responses*. Accessed February 2, 2023. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/221921924_Water_Stress_in_Plants_Causes_Effects_and_Responses
- Liu, Y. Y., Li, J., Liu, S. C., Yu, Q., Tong, X. J., Zhu, T. T., Gao, X. X., & Yu, L. X. (2020). Sugarcane leaf photosynthetic light responses and their difference between varieties under high temperature stress. *Photosynthetica*, 58(4), 1009–1018. doi: 10.32615/ps.2020.038
- Namwongsa, J., Jongrunklang, N., & Songsri, P. (2019). Genotypic variation in root distribution changes and physiological responses of sugarcane induced by drought stress. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, 51(4), 470–493.
- Paisanchaoen, K., Sansayawichai, T., Luanmanee, S., Thippayarugs, S., Chusorn, K., Chuenrung, J., & Pakdeethai, C. (2012). Water requirement and Kc values of Khon Kaen 3 sugarcane variety. *Khon Kaen Agriculture Journal*, 40 (Suppl. 3), 103–114. (in Thai)

- Ramesh, P. (2000). Sugarcane breeding institute, coimbatore, India effect of different levels of drought during the formative phase on growth parameters and its relationship with dry matter accumulation in sugarcane. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 185(2), 83-89. doi: 10.1046/j.1439-037x.2000.00404.x
- Silva, M. De A., Jifon, J. L., Da Silva, J. A. G., & 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. doi: 10.1590/S1677-04202007000300003
- Smith, M. (1992). *CROPWAT- A computer program for irrigation planning and management*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Sun, J. K., Li, T., Xia, J. B., Tian, J. Y., Lu, Z. H., & Wang, R. T. (2011). Influence of salt stress on ecophysiological parameters of *Periploca sepium* Bunge. *Plant, Soil and Environment*, 57(4), 139–144. doi.org/10.17221/227/2010-PSE
- Wang, J., Zhang, X., Han, Z., Feng, H., Wang, Y., Kang, J., Han, X., Wang, L., Wang, C., Li, H., & Ma, G. (2022). Analysis of physiological indicators associated with drought tolerance in wheat under drought and re-watering conditions. *Antioxidants*, 11(11), 2266. doi.org/10.3390/antiox11112266
- Wolfe, D. W., Henderson, D. W., Hsaio, T. C., & Alvino, A. (1988). Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize. II. Photosynthetic decline and longevity of individual leaves. *Agronomy Journal*, 80(6), 865-870.

Research article

The Change in Photosynthetic Parameters of Sugarcane Promising Clones under Drought Stress

Theerarat Chinnasaen* Sangduan Chanachai Chayan Pakdeethai Ammarawan
Tippayawat Piyarat Jungpol Thanutham Boonchim and Krongkan Pongpanchamit

Khon Kaen Field Crops Research Center, Sila sub-district, Mueang district, Khon Kaen, 40000

ARTICLE INFO**Article history**

Received: 4 January 2023

Revised: 16 March 2023

Accepted: 7 April 2023

Online published: 12 May 2023

Keyword

Net photosynthesis rate

Transpiration rate

Stomatal conductance

Water use efficiency

SPAD chlorophyll meter reading

ABSTRACT

Physiological change in plants is one of the responding processes in plants under drought stress, including the SCMR or photosynthetic parameters. Therefore, the aim of this study was to evaluate the changes in photosynthetic parameters in sugarcane under drought stress and after rehydration. The experimental design was split plot design in RCB with 3 replications, main plots were (1) well-watered based on plant requirement, and (2) restrict-watered for 14 days at 96-109 days after plantation (tillering period), and sub plots were sugarcane varieties: (1) KK11-516, (2) KK14-030, (3) KK14-136, (4) LK92-11, and (5) KK3. This experiment was carried out in 2022 at Khon Kaen Field Crops Research Center, Mueang district, Khon Kaen Province. The results showed that the SCMR of sugarcanes decreased under drought condition that compared to sugarcane varieties, it was obtained that the highest SCMR was KK14-136 as 40.14 SPAD-unit at 139 days after plantation (30 days after rehydration), as well as the capacities of photosynthetic parameters of sugarcane decreased under drought condition; regardless, the stomatal conductance (gs) and the transpiration rate (E) of KK14-030 were similar to well-watered after re-watering for 1 day as 0.07 and 2.16 mmol m⁻²s⁻¹, respectively. The results of this study can be used as a guideline for the study of photosynthetic parameters of sugarcane or to select new sugarcane varieties in Thailand going forward.

*Corresponding author

E-mail address: nongtheerarat@gmail.com (T. Chinnasaen)

Online print: 12 May 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2023.7>