



KKU SCIENCE JOURNAL

Journal Home Page : <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/KKUSciJ>

Published by the Faculty of Science, Khon Kaen University, Thailand



ผลของสภาวะแล้งที่ชักนำด้วยพอลิเอทิลีนไกลคอลต่อการเจริญเติบโตของ ข้าวเหนียวเขาวงกาฬสินธุ์

Effects of Polyethylene Glycol-Induced Drought on Growth of Khao Wong Kalasin Sticky Rice

พิชัยภูษิต บับพาน¹ ธนภูมิ บุญมี² ณัฐพล การอรุณ² อุไร กุลบุญ³ กิรวิชญ์ เพชรจุล²
และ ประสิทธิ์ ขุนสนิท^{2*}

Phichaiphusit Bubparn¹, Tanaphoom Boonmee², Nattapon Kan-a-roon², Urai Kollboon³,
Keeravit Petjul² and Prasit Khunsanit^{2*}

¹สาขาวิชานวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ (วิชาเอกเกษตรศาสตร์) คณะศึกษาศาสตร์และนวัตกรรมการศึกษา มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์
จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

²สาขาวิชาสหวิทยาการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

³สาขาวิชาเทคโนโลยีการประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

¹Department of Learning Management Innovation (Agriculture), Faculty of Education and Educational Innovation,
Kalasin University, Kalasin, 46000, Thailand

²Department of Interdisciplinary Agriculture, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University, Kalasin, 46000, Thailand

³Department of Fisheries Technology, Faculty of Agricultural Technology, Kalasin University, Kalasin, 46000, Thailand

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสภาพแล้งต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวอายุ 8 สัปดาห์ของพันธุ์ข้าวเหนียวเขาวงกาฬสินธุ์ ซึ่งหมายถึงข้าวพันธุ์พื้นเมืองเขาวง (กอเดียว) และข้าวพันธุ์ กข6 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) ปลูกลงในโรงเรือนที่สภาพแวดล้อมปกติ โดยปลูกในสารละลายที่ผสมปุ๋ยเกล็ดสูตร 20-20-20 และจุลินทรีย์ จ้างสภาพแล้งแบบฉับพลันด้วยสารพอลิเอทิลีนไกลคอล 6000 ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ในระยะเวลา 4 วัน เปรียบเทียบกับสภาพปกติ ประเมินค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ 12 ชนิด พบว่า มี 6 พารามิเตอร์ที่ประเมินข้าวทั้งสองพันธุ์แล้วมีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม ได้แก่ คะแนนการม้วนใบ (LRS) สัดส่วนมวลแห้งต่อมวลสดต้น (S_Md/Mf) ปริมาณน้ำในต้น (S_WC) มวลสดราก (R_Mf) มวลแห้งราก (R_Md) และสัดส่วนมวลแห้งรากต่อต้น (Md_R/S) พบว่า ค่าความคงทนของเยื่อหุ้มเซลล์ (CMS) ของข้าวพันธุ์พื้นเมืองในสภาพแล้งมีค่าลดลง แสดงถึงการรั่วไหลของสารออกจากเซลล์ใบเพิ่มขึ้น สะท้อนว่าเซลล์ใบได้รับผลกระทบจากความแล้ง ในขณะที่พันธุ์ กข6 ไม่มีความแตกต่างจากสภาพปกติ แสดงว่าเยื่อหุ้มเซลล์ยังไม่ได้รับความเสียหาย ค่า S_Md/Mf ของข้าวทั้งสองพันธุ์เพิ่มสูงขึ้นแสดงถึงการขาดน้ำอย่างชัดเจนในสภาพแล้ง ค่า R_Mf และ R_Md ของข้าวทั้งสองพันธุ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่มวลสดต้น (S_Mf) และมวลแห้งต้น (S_Md) ไม่มีความแตกต่างจากสภาพปกติ เมื่อมวลส่วนต้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอายุแต่มวลรากกลับลดลง จึงทำให้ค่า Md_R/S มีค่าลดลง

*Corresponding Author, E-mail: prasit.kh@ksu.ac.th

Received date: 4 March 2026 | Revised date: 23 April 2026 | Accepted date: 29 May 2026

doi: 10.14456/kkuscij.2026.35

สะท้อนว่าส่วนรากได้รับผลกระทบจากความแล้งมากกว่าส่วนต้น แม้ว่ารากของข้าวพันธุ์ กข6 จะมีการเพิ่มมวลสูงมากขึ้นกว่าพันธุ์พื้นเมือง แต่เมื่อเผชิญกับสภาพแล้งกลับได้รับผลกระทบมากกว่า ค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของใบ (RWC) ของข้าวทั้งสองพันธุ์เทียบกับสภาพไม่ขาดน้ำ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงว่าใบยังคงสามารถรักษาสถานะของน้ำในใบไว้ได้เป็นปกติ

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effects of drought stress on the growth of 8-week-old rice seedlings of two cultivars: Khao Wong Kalasin sticky rice (a local landrace, single tiller type) and RD6. The experiment was conducted using a Completely Randomized Design (CRD). Rice seedlings were grown under ambient greenhouse conditions in a nutrient solution containing 20-20-20 fertilizer and micronutrients. Plants subjected to acute drought stress simulated using 20% polyethylene glycol 6000 (PEG 6000) for 4 days were compared with plants under well-watered conditions. A total of 12 parameters were evaluated. Among these, six parameters showed significant differences between drought-treated plants and the control in both cultivars: leaf rolling score (LRS), shoot dry mass to fresh mass ratio (S_Md/Mf), shoot water content (S_WC), root fresh mass (R_Mf), root dry mass (R_Md), and root-to-shoot dry mass ratio (Md_R/S). Cell membrane stability (CMS) in the local cultivar decreased under drought conditions, indicating increased leakage of cellular solutes from leaf cells and suggesting that leaf cell membranes were affected by drought. In contrast, RD6 showed no significant difference from the control, indicating that membrane integrity was maintained. The S_Md/Mf ratio increased in both cultivars under drought stress, clearly reflecting water deficit conditions. Root fresh mass (R_Mf) and root dry mass (R_Md) significantly decreased in both cultivars, whereas shoot fresh mass (S_Mf) and shoot dry mass (S_Md) did not differ from the control. As shoot biomass tended to increase with plant age while root biomass decreased, the Md_R/S ratio declined, indicating that roots were more severely affected by drought than shoots. Although RD6 exhibited greater root biomass accumulation than the local cultivar, it was more adversely affected by drought stress. The relative water content (RWC) of leaves in both cultivars did not differ significantly between drought and well watered conditions, indicating that leaf water status remained unaffected under drought conditions.

คำสำคัญ: ข้าวเหนียวเขาวงกาฬสินธุ์ การขาดน้ำ ความเครียดแล้ง ความคงทนของเยื่อหุ้มเซลล์ มวลชีวภาพ

Keywords: Khao Wong Kalasin Sticky Rice, Water Deficit, Drought Stress, Cell Membrane Stability, Biomass

บทนำ

ข้าวเหนียวเขาวงกาฬสินธุ์ (Kaowong Kalasin sticky rice) ได้รับการรับรองสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication, GI) จากกรมทรัพย์สินทางปัญญา เมื่อวันที่ 9 มิถุนายน 2552 นิยามว่า หมายถึง ข้าวพันธุ์กอเดียว (ข้าวพันธุ์พื้นเมือง) และข้าวพันธุ์ กข6 เป็นข้าวเหนียวที่ไวต่อช่วงแสง ปลูกได้เฉพาะฤดูนาปี ในเขตพื้นที่อำเภอเขาวง อำเภอกุฉินารายณ์ (เฉพาะตำบลนาโก และตำบลหนองห้าง) และกิ่งอำเภอนาคู (เฉพาะตำบลนาคูและตำบลบ่อแก้ว) จังหวัดกาฬสินธุ์ พื้นที่ปลูกข้าวเหนียวเขาวงกาฬสินธุ์ เป็นพื้นที่ราบระหว่างหุบเขา มีภูเขาล้อมรอบทุกทิศทางเป็นวงกลม จึงเรียกว่าเขาวง และเป็นแอ่งกระทะ ดินบริเวณนี้มีธาตุแคลเซียมและซิลิกอนสูง ผนวกกับสภาพภูมิอากาศที่เย็น แห้งแล้ง น้ำน้อย ทำให้ข้าวเหนียวเขาวงเก็บเกี่ยวได้ก่อนข้าวพันธุ์อื่น เมื่อนึ่งแล้วจะมีความนุ่มและหอมมาก (กรมทรัพย์สินทางปัญญา, 2552)

เกษตรกรภาคอีสานโดยส่วนใหญ่ปลูกข้าวนาปี โดยอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก ภัยแล้งจึงเป็นผลกระทบที่ทำให้ข้าวไม่สามารถเจริญเติบโตได้ดี ทำให้ผลผลิตลดลงไม่ตรงตามศักยภาพของสายพันธุ์ (Hungsaprug *et al.*, 2019) พื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปีของประเทศไทย ปี 2566/67 ทั้งหมด 62,098,142 ไร่ แบ่งเป็นภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 38,207,884 ไร่ คิดเป็น 61.5 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตทั้งประเทศ 26,933,808 ตัน ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 13,379,427 ตัน คิดเป็น 49.6 เปอร์เซ็นต์ ผลผลิตต่อไร่รวมทั้งประเทศ เท่ากับ 434 กิโลกรัมต่อไร่ เฉพาะภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เท่ากับ 350 กิโลกรัมต่อไร่ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2569) ซึ่งจะพบว่าผลผลิตต่อไร่ของข้าวนาปีในภาคอีสานมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าผลผลิตต่อไร่รวมทั้งประเทศ การปรับปรุงพันธุ์ข้าวทนแล้งเป็นอีกหนึ่งวิธีเพื่อลดผลกระทบจากความแห้งแล้ง และข้าวพันธุ์พื้นเมืองสามารถเป็นแหล่งพันธุกรรมสำหรับการปรับปรุงพันธุ์ข้าวทนแล้งได้ ยุทธยาและคณะ (2566) พัฒนาสายพันธุ์ข้าวทนแล้งระหว่างพันธุ์ท้องถิ่นและพันธุ์เศรษฐกิจ พบว่าข้าวสายพันธุ์ใหม่ที่พัฒนาได้มีความสามารถในการทนแล้งเพิ่มขึ้น จักรกฤษ (2561) คัดเลือกพันธุ์ข้าวพื้นเมืองทนแล้งจำนวน 18 พันธุ์ พบว่ามี 7 พันธุ์ที่มีความสามารถในการทนแล้งและให้ผลผลิตสูงกว่าค่าเฉลี่ยระยะต้นกล้า (seedling stage) ของข้าว เป็นระยะที่ตอบสนองต่อความเครียดได้สูง จึงเห็นการเปลี่ยนแปลงของพืชได้ชัดเจน (Bhandari *et al.*, 2023) งานวิจัยนี้จึงเลือกประเมินการทนแล้งของข้าวที่ระยะต้นกล้า โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชเป็นหลัก เพราะสามารถประเมินพืชได้สะดวกและไม่ซับซ้อน เช่น คะแนนการม้วนใบ คะแนนใบตาย การร่วงไหลของสารละลาย และมวลชีวภาพ (เดชอุดมและคณะ, 2557; ยุทธยาและคณะ, 2566; Rotrujanon *et al.*, 2022) โดยประเมินลักษณะการเจริญเติบโตของข้าวเหนียวเขาวงกตสายพันธุ์ภายใต้สภาพแล้งเทียมแบบฉับพลันด้วยสารพอลิเอทิลีนไกลคอล (PEG) ซึ่งสามารถลดค่าพลังงานความเข้มข้นน้ำ (osmotic potential) ของสารละลายได้ จึงทำให้การประเมินการทนแล้งของพืชทำได้ภายในระยะเวลาที่รวดเร็ว และการกำหนดระดับความแล้งมีความแม่นยำและทำซ้ำได้มากกว่าการทดลองในดิน (Verslues *et al.*, 2006; Blum, 2010) งานวิจัยเกี่ยวกับการทนแล้งของข้าวพื้นเมืองเขาวงกตสายพันธุ์ยังมีการศึกษาไม่มาก จึงต้องการเพิ่มฐานข้อมูลของข้าวพื้นเมือง เพื่อให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางวิชาการได้ในอนาคต พารามิเตอร์ทางการเจริญเติบโตของพืชที่ใช้ทดลองครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 การประเมินโดยการสังเกตและให้คะแนน (visual score) คือ คะแนนการม้วนใบ และคะแนนใบตาย กลุ่มที่ 2 การวัดและชั่งน้ำหนัก ได้แก่ ความสูงต้น และมวลชีวภาพของพืช และกลุ่มที่ 3 การวัดค่าระดับเซลล์เบื้องต้น ได้แก่ ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของใบและความคงทนของเยื่อหุ้มเซลล์ของใบ ซึ่งผลการทดลองที่ได้จะทำให้ทราบข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะทางการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวพันธุ์ข้าวเหนียวเขาวงกตสายพันธุ์ในสภาพแล้ง

วิธีการดำเนินการวิจัย

1.1 พันธุ์ข้าว

ใช้พันธุ์ข้าวเหนียวเขาวงกตสายพันธุ์ ซึ่งประกอบด้วยพันธุ์ข้าวพื้นเมืองเขาวง (กอเดียว) และพันธุ์ข้าว กข6 ซึ่งเป็นพันธุ์ข้าวที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์มาจากพันธุ์ข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยใช้รังสีแกมมาปริมาณ 20 กิโลแตรด (กองวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าว, 2559) โดยจัดหาจากเกษตรกร อำเภอเขาวง จังหวัดกาฬสินธุ์ ดำเนินการทดลองในช่วงเดือน พฤศจิกายน 2568 ถึง กุมภาพันธ์ 2569 ที่โรงเรือนทดลอง คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ในสภาพแวดล้อมปกติ (ไม่ได้ควบคุม อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ) นำเมล็ดพันธุ์ข้าวมาตากให้แห้ง และแช่น้ำให้เมล็ดงอกประมาณ 2 สัปดาห์ จากนั้นย้ายต้นกล้าใส่ในฟองน้ำและวางในถาดหลุม (ขนาด 14 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อหลุม) วางในกระบะ 2 ชุด โดยปลูกข้าวพันธุ์ละ 20 ต้นต่อกระบะ แขนสารละลายที่ผสมธาตุอาหารพืชทั้งธาตุอาหารหลักและจุลธาตุเพื่อไม่ให้พืชขาดธาตุอาหาร โดยใช้ปุ๋ยเกล็ดสูตร 20-20-20 (ยี่ห้อเนชั่น, บริษัท นิธิ จำกัด) ปริมาณ 10 กรัมต่อน้ำ 8 ลิตร (ความเข้มข้น 1.25 กรัมต่อลิตร) ใส่ปุ๋ยทุก ๆ 5 วัน และใส่จุลธาตุรวม (MIX EDTA) ปริมาณ 2 กรัม (ความเข้มข้น 0.25 กรัมต่อลิตร) 1 ครั้ง โดยมีธาตุอาหาร 7 ชนิด ได้แก่ 4%Mg 3%Fe 3%Mn 1%Cu 1%Zn 0.5%B และ 0.1%Mo (ยี่ห้อดวงตะวันเพ็ชร,

บริษัทดวงตะวันเพ็ชร จำกัด) ซึ่งให้ความเข้มข้นสุดท้ายของจุลธาตุในสารละลายเท่ากับ 10 7.5 7.5 2.5 2.5 1.25 และ 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ วัดค่า pH ของสารละลายได้ ≈ 6.43 และค่า EC ≈ 0.51 dS/m เมื่อต้นกล้าอายุได้ 4 สัปดาห์ จึงจำลองสภาพแล้ง

1.2 การจำลองสภาพแล้ง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (CRD) มี 2 ตำรับ คือ สภาพปกติและสภาพเครียดแล้ง ใช้ข้าว 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ข้าวพื้นเมืองขาว (กอเดียว) และพันธุ์ข้าว กข6 สำหรับตำรับสภาพเครียดแล้ง ทำให้เกิดความแล้งแบบฉับพลัน (acute drought stress) โดยที่พืชไม่มีระยะเวลาในการปรับตัว เตรียมโดยใช้สารพอลิเอทิลีนไกลคอล 6000 (PEG6000) สูตรเคมีคือ $(C_2H_4O)_n-H_2O$ ซึ่งเป็นสารโพลิเมอร์ที่ประกอบด้วยหน่วยซ้ำ ๆ ของเอทิลีนออกไซด์ ให้ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ (w/v) ซึ่งเทียบเท่ากับค่าพลังงานศักย์ของน้ำในดิน (soil matric water potential, $\Psi_{t_{soil}}$) ประมาณ -700 กิโลพาสคาล (Rotrujanon *et al.*, 2022) ซึ่งถือเป็นความเครียดแล้งระดับปานกลางถึงรุนแรง เตรียมโดยชั่ง PEG6000 ปริมาณ 1.6 กิโลกรัม ผสมน้ำ 8 ลิตร และแช่ต้นกล้าข้าวอายุ 4 สัปดาห์ลงในสารละลาย โดยมีการให้ปุ๋ยตามปกติเก็บข้อมูลพารามิเตอร์ต่าง ๆ โดยใช้ต้นกล้าข้าว 6 ต้นต่อพันธุ์ต่อตำรับ ที่เวลา 0 และ 4 วัน หลังสภาพแล้ง เปรียบเทียบกับสภาพปกติ เพื่อประเมินการตอบสนองของพืชในระยะสั้น

1.3 การเก็บข้อมูลทางการเจริญเติบโตของพืช

เก็บข้อมูลค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่

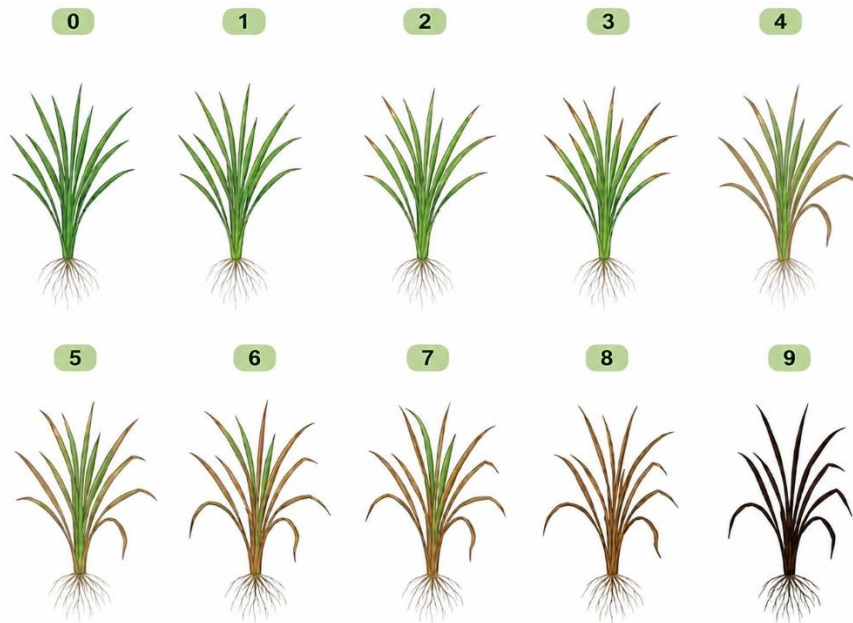
1) คะแนนการม้วนใบ (leaf rolling score, LRS) ประเมินโดยการสังเกตและให้คะแนน 1 ถึง 5 เมื่อ 1 คือไม่แสดงอาการ และ 5 คือแสดงอาการใบม้วนสูงสุด

ตารางที่ 1 ระดับคะแนนการม้วนใบ (leaf rolling score)

ระดับคะแนน	1	2	3	4	5
ภาพตามขวางของใบข้าว					
ลักษณะของใบข้าว	ไม่แสดงอาการ เหี่ยว	ขอบใบโค้ง เข้าหากันเล็กน้อย	ขอบใบโค้ง เข้าหากันมากขึ้น	ขอบใบโค้งเข้าหากัน จนเกือบชิดกัน	ขอบใบโค้งจน ชิดกัน

ดัดแปลงจาก: กิตติชัยและคณะ (2554) และ Rotrujanon *et al.* (2022)

2) คะแนนใบตาย (drought score, DS) ประเมินโดยการให้คะแนน 0 ถึง 9 เมื่อ 0 คือ ไม่แสดงอาการ และ 9 คือ ใบแห้งตายทั้งต้น (กิตติชัยและคณะ, 2554; De Datta *et al.*, 1988)



รูปที่ 1 ระดับคะแนนใบตาย (drought score) ดัดแปลงจาก De Datta *et al.* (1988) และ Rotrujanon *et al.* (2022)

3) ความสูงต้น (plant height, H) วัดความสูงจากส่วนเหนือดินถึงปลายใบสูงสุด

4) ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของใบ (relative water content, RWC) โดยใช้สูตร $RWC = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100$ เมื่อ FW คือมวลสด TW คือมวลสดอิมมัวด้วยน้ำ และ DW คือ มวลแห้งของใบ อบที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน

5) ความคงทนของเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane stability, CMS) ปรับปรุงจาก Khunsanit *et al.*, (2024) โดยเลือกใบยอดที่แผ่เต็มที่ (fully expanded leaf) ตัดใบมาชั่งน้ำหนักประมาณ 25 มิลลิกรัม และตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ขนาดประมาณ 2 มิลลิเมตร แชใน deionized water (DI) ($EC \approx 0.005$ dS/m) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร บรรจุในหลอดขนาด 15 มิลลิลิตร ปิดฝาและวางไว้ในที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง วัดค่าการรั่วไหลของสารละลายจากเซลล์ (electrolyte leakage) บันทึกเป็นค่า EC_0 โดยใช้เครื่องวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลาย (electrical conductivity meter, EC) จากนั้นนำหลอดทดลองที่บรรจุใบมาต้มที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น และวัดค่า EC_1 คำนวณโดยใช้สูตร $CMS = [1 - (EC_0 / EC_1)] \times 100$ เมื่อ EC_0 คือ ค่า EC ของน้ำแช่ใบก่อนต้ม และ EC_1 คือ ค่า EC ของน้ำแช่ใบหลังต้ม

6) มวลชีวภาพ (biomass) นำต้นกล้าข้าวมาแยกเป็นสองส่วน คือ ส่วนเหนือดิน (shoot) และส่วนราก (root) ชั่งน้ำหนักสดของแต่ละส่วน จากนั้นนำไปอบที่ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน คำนวณมวลชีวภาพประกอบด้วย มวลสดต้น (S_Mf) และมวลแห้งต้น (S_Md) สัดส่วนมวลแห้งต่อมวลสดต้น (S_Md/Mf) มวลสดราก (R_Mf) มวลแห้งราก (R_Md) สัดส่วนมวลแห้งรากต่อต้น (Md_R/S) และปริมาณน้ำในต้น (S_WC) คำนวณโดยใช้สูตร $Water\ content = (Mf - Md) / Mf \times 100$ (Mickky and Aldesuquy, 2017) คำนวณอัตราการลดลง (reduction rate) = (control-stress)/control x 100 และอัตราการเพิ่มขึ้น (rate of increase) = (stress-control)/control x 100

1.4 การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม RStudio (Posit, 2026) โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Student's t-test และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน (Pearson's correlation coefficient) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ $p < 0.001$ และสร้างกราฟด้วยแพ็คเกจ ggplot2

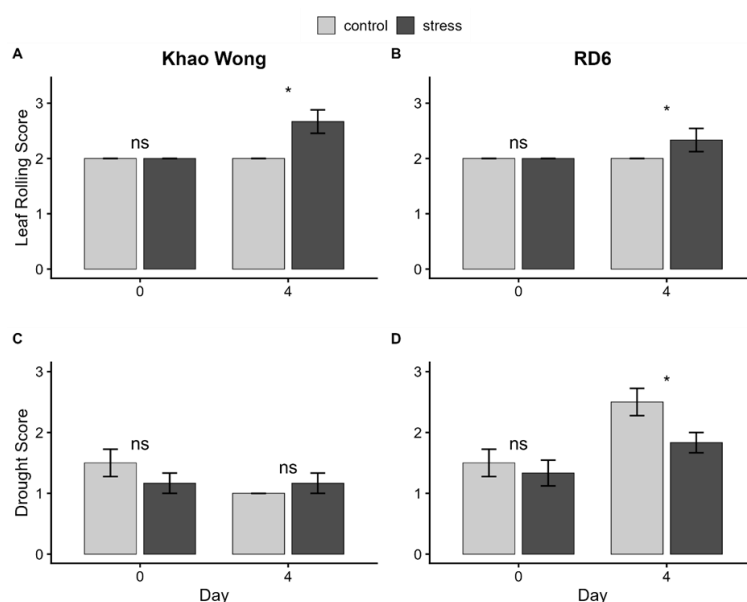
ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ความสูงต้น คະแนนการม้วนใบ และคະแนนใบตาย

ประเมินความสูงของต้นกล้าข้าวอายุ 8 สัปดาห์ ที่อยู่ในสภาพแล้งนาน 4 วัน พบว่ามีความสูงอยู่ระหว่าง 28 - 41 เซนติเมตร อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมของแต่ละพันธุ์มีค่าไม่ต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2) แสดงว่าต้นกล้าข้าวยังไม่ได้รับผลกระทบจากความแล้งที่ระยะเวลานี้ ปัญญาและคณะ (2567) ประเมินการทนแล้งของข้าว 3 พันธุ์อายุ 40 วัน ที่ปลูกในดิน โดยอยู่ในสภาพแล้งนาน 15 วัน พบว่ามีความสูงลดลง 15 - 44 เปอร์เซ็นต์ จากกลุ่มควบคุม

ประเมินคະแนนการม้วนใบ (LRS) ของข้าวทั้งสองพันธุ์เมื่ออยู่ในสภาพแล้งนาน 4 วัน พบว่ามีการม้วนใบเพิ่มขึ้น และแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2; รูปที่ 2A - B) อย่างไรก็ตามค่าคະแนนที่ได้อยู่ประมาณ 1 - 2 แสดงว่าพืชยังไม่แสดงอาการจากการขาดน้ำอย่างชัดเจน (ตารางที่ 1) Latif *et al.* (2023) รายงานว่าองศาของใบ (leaf orientation) และการม้วนใบเป็นลักษณะที่ตอบสนองต่อความแล้งอย่างรวดเร็วของต้นข้าวเพื่อป้องกันการสูญเสียน้ำ

ค่าคະแนนใบตาย (DS) ประเมินโดยการให้คะแนนตามเกณฑ์ในรูปที่ 1 พบว่ามีความต่างเฉพาะในข้าวพันธุ์ กข6 (ตารางที่ 2; รูปที่ 2D) แม้ว่าค่า DS ของตำรับเครียดแล้งจะมีค่าเพิ่มขึ้น แต่กลับพบว่ากลุ่มควบคุมมีค่า DS สูงกว่าในสภาพแล้ง อาจเป็นไปได้ว่าลักษณะปรากฏของใบข้าวอาจจะยังแสดงออกไม่ชัดเจน จึงอาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการประเมินโดยการให้คะแนนได้ ซึ่งอาจต้องเพิ่มระยะเวลาในการเผชิญแล้งเพื่อให้เห็นความแตกต่างชัดเจน กิตติชัยและคณะ (2554) ทำการคัดเลือกข้าวไร่น้ำแล้งจำนวน 187 สายพันธุ์ โดยการด่น้ำเป็นเวลา 17 วัน ใช้คະแนนการม้วนใบและคະแนนใบตายในการประเมิน พบว่าทั้งสองพารามิเตอร์มีความแตกต่างทางสถิติระหว่างสายพันธุ์ ($p < 0.01$) พันธุ์ที่ทนแล้งได้ดีจะไม่แสดงอาการและฟื้นตัวได้เร็วเมื่อกลับมาได้รับน้ำตามปกติ Rotrujanon *et al.* (2022) รายงานว่า 20 เปอร์เซ็นต์ PEG6000 สามารถทำให้ต้นข้าวแต่ละสายพันธุ์แสดงอาการใบม้วนได้ภายใน 3 วัน โดยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปัญญาและคณะ (2567) ทดลองต้นกล้าข้าวอายุ 40 วัน จำนวน 3 พันธุ์ และงดน้ำ 15 วัน จากนั้นประเมินค่า LRS พบว่า ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งการแสดงออกทางด้านการเจริญเติบโตของข้าวในสภาพแล้งขึ้นอยู่กับอายุต้นกล้า สายพันธุ์ วิธีการจำลองสภาพแล้ง และระยะเวลาที่เผชิญแล้ง



รูปที่ 2 คະแนนการม้วนใบ (LRS) (A B) และคະแนนใบตาย (DS) (C D) ของข้าวพื้นเมืองเขาวง (Khao Wong) และ กข6 (RD6) สัญลักษณ์ * หมายถึงความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับ ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ และ ns หมายถึง ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยของพารามิเตอร์ทั้ง 12 ชนิด ที่ใช้ในการประเมินการทนแล้งของข้าวพื้นเมืองขวาง (Khao Wong) และ กข6 (RD6) เปรียบเทียบระหว่างสภาพปกติและเครียดแล้ง

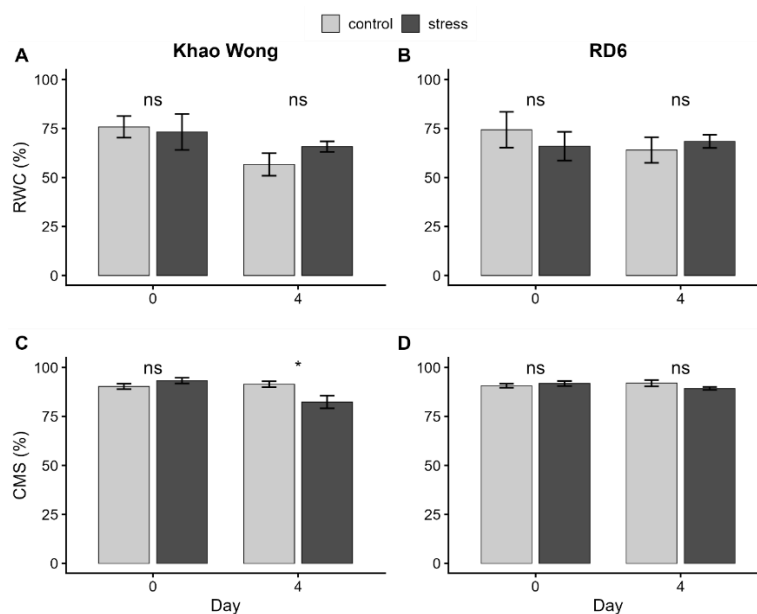
Parameter	Khao Wong						RD6					
	Day 0			Day 4			Day 0			Day 4		
	Control	Stress	Control	Stress	Control	Stress	Control	Stress	Control	Stress	Control	Stress
1.H	33.7 ± 1.33	32.0 ± 3.41 ns	37.2 ± 1.89	38.2 ± 1.22 ns	+2.69	30.7 ± 3.00	28.3 ± 2.68 ns	41.3 ± 2.06	34.8 ± 2.21 ns	-15.74		
2.LRS	2 ± 0	2 ± 0 ns	2 ± 0	2.67 ± 0.211 *	+33.50	2 ± 0	2 ± 0 ns	2 ± 0	2.33 ± 0.211 *	+16.50		
3.DS	1.5 ± 0.224	1.17 ± 0.167 ns	1 ± 0	1.17 ± 0.167 ns	+17.0	1.5 ± 0.224	1.3 ± 0.211 ns	2.5 ± 0.224	1.83 ± 0.167 *	-26.80		
4.RWC	75.8 ± 5.50	73.2 ± 9.22 ns	56.7 ± 5.72	65.8 ± 2.70 ns	+16.05	74.4 ± 9.11	66.0 ± 7.33 ns	64.0 ± 6.55	68.4 ± 3.31 ns	+6.88		
5.CMS	90.3 ± 1.36	93.2 ± 1.44 ns	91.4 ± 1.52	82.4 ± 3.25 *	-9.85	90.7 ± 0.993	91.8 ± 1.26 ns	92.0 ± 1.62	89.2 ± 0.798 ns	-3.04		
6.S_Mf	0.748 ± 0.0711	0.846 ± 0.0998 ns	1.45 ± 0.187	1.56 ± 0.140 ns	+7.59	0.566 ± 0.0719	0.596 ± 0.0575 ns	1.22 ± 0.149	1.21 ± 0.16 ns	-0.82		
7.S_Md	0.118 ± 0.0113	0.118 ± 0.0141 ns	0.246 ± 0.034	0.337 ± 0.0333 ns	+36.99	0.0848 ± 0.012	0.0862 ± 0.0078 ns	0.207 ± 0.0287	0.245 ± 0.0333 ns	+18.36		
8.S_Md/Mf	15.9 ± 0.748	14.0 ± 0.118 *	17.0 ± 0.373	21.5 ± 0.352 ***	+26.47	14.8 ± 0.668	14.5 ± 0.338 ns	16.8 ± 0.554	20.2 ± 0.442 ***	+20.24		
9.S_WC	84.1 ± 0.748	86.0 ± 0.118 *	83.0 ± 0.373	78.5 ± 0.352 ***	-5.42	85.2 ± 0.668	85.5 ± 0.338 ns	83.2 ± 0.554	79.8 ± 0.442 ***	-4.09		
10.R_Mf	0.262 ± 0.0502	0.202 ± 0.0533 ns	0.377 ± 0.0579	0.207 ± 0.0277 *	-45.09	0.746 ± 0.0753	0.649 ± 0.112 ns	0.904 ± 0.158	0.379 ± 0.0646 *	-58.08		
11.R_Md	0.035 ± 0.007	0.0212 ± 0.005 ns	0.0312 ± 0.0041	0.0192 ± 0.0012 *	-38.46	0.068 ± 0.0088	0.0542 ± 0.0092 ns	0.135 ± 0.0255	0.0413 ± 0.0065 *	-69.41		
12.Md_R/S	0.282 ± 0.0328	0.196 ± 0.0528 ns	0.13 ± 0.0146	0.0598 ± 0.0074 **	-54.0	0.95 ± 0.261	0.689 ± 0.182 ns	0.722 ± 0.19	0.17 ± 0.018 *	-76.45		

*** หมายถึงความแตกต่างทางสถิติระหว่างตัวรับ ด้วยวิธี Student's t-test ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ และ $p < 0.01$ ตามลำดับ และ ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ $n=6$

ปริมาณน้ำสัมพัทธ์และความคงทนของเยื่อหุ้มเซลล์ของใบ

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างข้าวสองพันธุ์ พบว่าค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (RWC) ของใบข้าวที่ระยะ 0 และ 4 วัน หลังการจำลองสภาพแล้ง อยู่ในช่วงระหว่าง 56 - 75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างดำรับ (ตารางที่ 2; รูปที่ 3A - B) แสดงว่าข้าวทั้งสองพันธุ์สามารถรักษาสถานะของน้ำในใบไว้ได้ไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม ปัญญาและคณะ (2567) รายงานว่าข้าวที่อยู่ในสภาพแล้งในดินนาน 15 วัน มีค่า RWC อยู่ในช่วง 66 - 77 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งลดลงจากสภาพปกติ 13 - 23 เปอร์เซ็นต์

ค่าความคงทนของเยื่อหุ้มเซลล์ (CMS) ของข้าวพันธุ์พื้นเมืองเขาวง มีค่าลดลงที่ระยะ 4 วันหลังสภาพแล้ง คิดเป็น 9.85 เปอร์เซ็นต์ เทียบกับกลุ่มควบคุม ในขณะที่ข้าวพันธุ์ กข6 ไม่มีความแตกต่างระหว่างดำรับ (ตารางที่ 2; รูปที่ 3C - D) แสดงว่าข้าวพันธุ์พื้นเมืองตอบสนองต่อความเครียดแล้งมากกว่าพันธุ์ กข6 ค่า CMS เป็นหนึ่งในพารามิเตอร์ที่นิยมใช้ในการประเมินการทนแล้งและทนร้อนของข้าวในระยะเริ่มต้น (ElBasyoni *et al.*, 2017; Mickky and Aldesuquy, 2017) เมื่อพืชอยู่ในสภาวะขาดน้ำ จะส่งผลต่อประสิทธิภาพของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์แสง จึงทำให้เกิดการสะสมของอนุมูลอิสระของออกซิเจน (reactive oxygen species; ROS) ซึ่ง ROS ส่งผลกระทบต่อฟอสโฟลิพิดของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เกิดความเสียหายและโครงสร้างไขมันของเยื่อหุ้มเซลล์ผิดปกติ ส่งผลให้เยื่อหุ้มเซลล์มีความสามารถในการซึมผ่านเพิ่มขึ้น จึงมีการรั่วไหลของสารออกมาจากเซลล์ (เดชอุดมและคณะ, 2557; สุกิตราและคณะ 2568; Panda *et al.*, 2021; Mondal *et al.*, 2024)

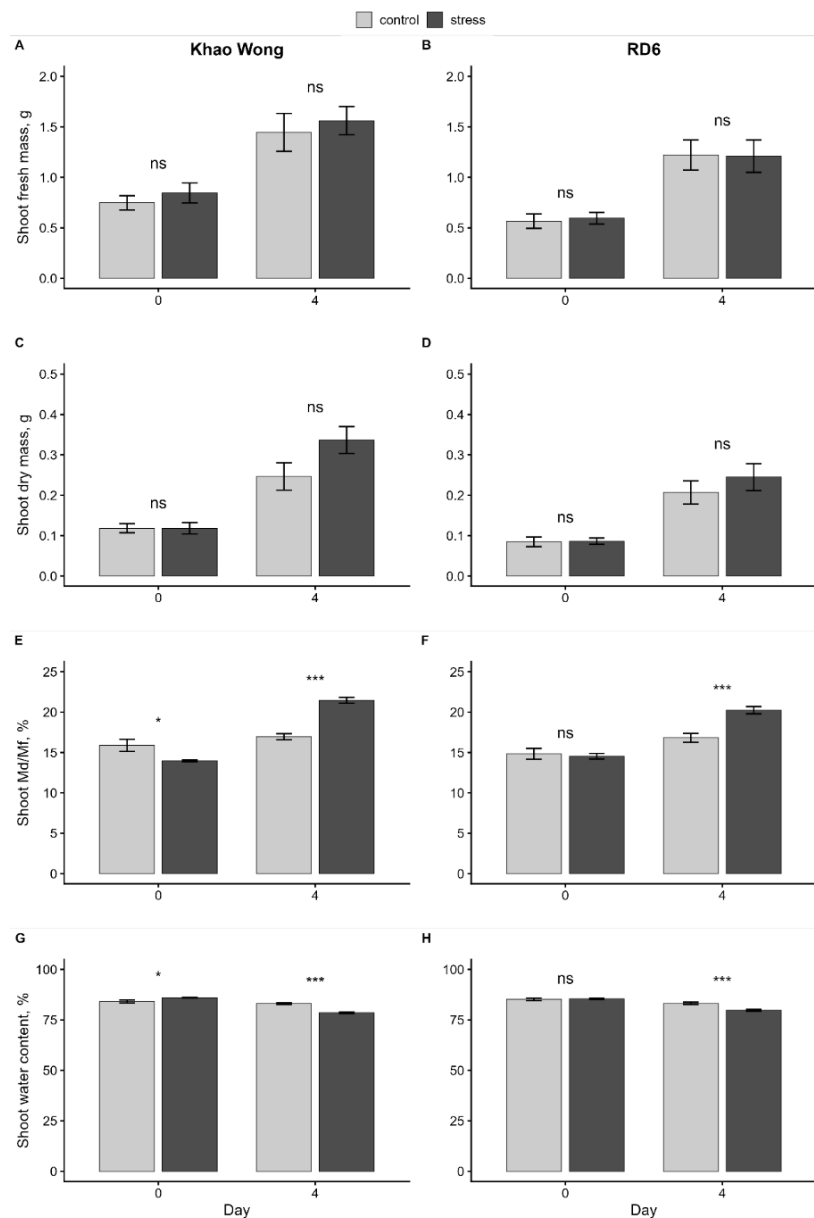


รูปที่ 3 ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของใบ (RWC) (A B) และความคงทนของเยื่อหุ้มเซลล์ (CMS) (C D) ของข้าวพันธุ์พื้นเมืองเขาวง (Khao Wong) และ กข6 (RD6) สัญลักษณ์ * หมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างดำรับ ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ และ ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

มวลชีวภาพของต้นกล้าข้าว

ค่ามวลสดและมวลแห้งของพืชสะท้อนถึงอัตราการสร้างมวลที่เป็นผลลัพธ์ของอัตราการสังเคราะห์แสง รวมถึงการดูดน้ำและธาตุอาหารของพืชเพื่อนำมาสร้างเป็นมวล ค่าพารามิเตอร์เกี่ยวกับมวลชีวภาพแสดงในตารางที่ 2 พบว่าค่ามวลสดต้น (S_Mf) และมวลแห้งต้น (S_Md) ไม่แตกต่างกันระหว่างดำรับเมื่ออยู่ในสภาพเครียดแล้ง และต้นข้าวที่อยู่ในสภาพแล้งแสดงการเพิ่มขึ้นของมวลได้ตามปกติ (รูปที่ 4A - D) แต่ค่าสัดส่วนมวลแห้งต่อมวลสดต้น (S_Md/Mf) มีค่าแตกต่างกันทางสถิติระหว่างดำรับของข้าวทั้งสองพันธุ์ในสภาพแล้ง โดยพันธุ์ข้าวพื้นเมืองมีค่า S_Md/Mf เพิ่มขึ้น 26.47 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่

พันธุ์ กข6 เพิ่มขึ้น 20.24 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2; รูปที่ 4E - F) ค่า Md/Mf แสดงถึงเปอร์เซ็นต์ของมวลแห้งต่อมวลสด ซึ่งมวลสดคือผลรวมของมวลแห้งกับน้ำที่อยู่ในพืช หมายความว่าถ้าพืชมีค่า Md/Mf สูงจะมีสัดส่วนมวลแห้งอยู่มาก จึงทำให้สัดส่วนของน้ำในพืชลดลง พบว่าในสภาพแล้งค่าปริมาณน้ำในต้น (S_{WC}) ของข้าวพันธุ์พื้นเมืองมีค่าลดลง 5.42 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ข้าวพันธุ์ กข6 ลดลง 4.09 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2; รูปที่ 4G - H) ซึ่งบ่งชี้ว่าพืชขาดน้ำ Huanhe *et al.* (2024) รายงานว่ามวลของต้นข้าวลดลงเมื่อเผชิญกับความแล้ง อย่างไรก็ตามพบว่าค่า RWC ที่บ่งบอกถึงปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของใบไม่มีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม (รูปที่ 3A - B) แสดงถึงว่าในสภาพแล้งข้าวทั้งสองพันธุ์ยังคงสามารถรักษาสถานะของน้ำในใบไว้ได้เป็นปกติ สอดคล้องกับ Jayaweera *et al.* (2016) ที่รายงานว่าค่า RWC ของใบข้าวพันธุ์ทดสอบเทียบกับพันธุ์ทนแล้งที่อยู่ในสภาพแล้งในดินนาน 5 วัน มีค่าไม่ต่างกัน โดยภาพรวมแม้ว่าต้นข้าวทั้งสองพันธุ์จะสูญเสียน้ำจากต้นประมาณ 4 - 5 เปอร์เซ็นต์ แต่ยังสามารถมีการเจริญเติบโตทางต้นได้ตามปกติ

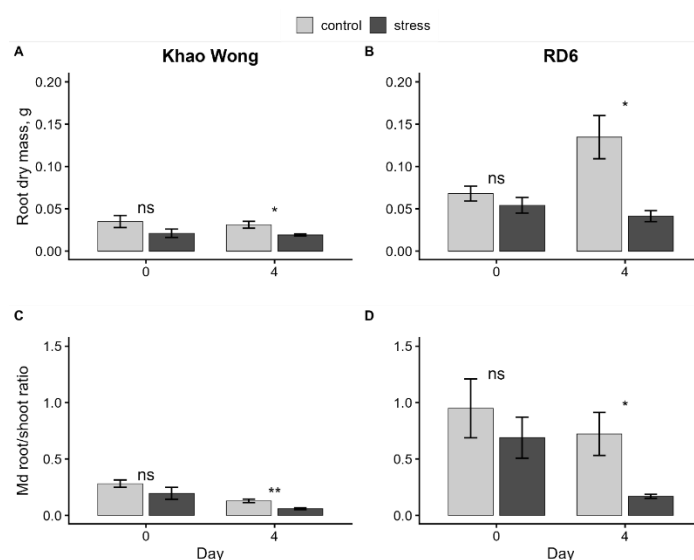


รูปที่ 4 มวลสดต้น (A B) มวลแห้งต้น (C D) สัดส่วนมวลแห้งต่อมวลสดต้น (E F) และปริมาณน้ำในต้น (G H) ของข้าวพันธุ์พื้นเมืองขาว (Khao Wong) และ กข6 (RD6) สัญลักษณ์ * และ *** หมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างตำรับ ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ และ $p < 0.001$ ตามลำดับ และ ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

มวลรากและสัดส่วนมวลแห้งรากต่อต้น

มวลแห้งรากของต้นกล้าข้าวของทั้งสองพันธุ์ในสภาพแล้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 2; รูปที่ 5A - B) แสดงว่ารากของต้นกล้าข้าวได้รับผลกระทบจากความเครียดแล้งมากกว่าส่วนต้น เพราะมวลส่วนต้นยังคงเติบโตได้ตามปกติ ไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม (รูปที่ 4A - D) มวลรากของข้าวพันธุ์ กข6 มีปริมาณสูงกว่าพันธุ์พื้นเมือง พบว่าในสภาพแล้ง ข้าวพันธุ์พื้นเมืองมีค่ามวลรากแห้ง (R_{Md}) ลดลง 38.46 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พันธุ์ กข6 ลดลง 69.41 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับสภาพปกติ (รูปที่ 5A - B) เนื่องจากรากคือส่วนที่สัมผัสกับความแล้ง (ดินหรือสารละลาย) โดยตรง ความแล้งจึงส่งผลกระทบต่อระบบรากโดยปรับเปลี่ยนรูปแบบการเจริญเติบโตและลักษณะของราก (Bhandari *et al.*, 2023; Jarin *et al.*, 2024) จากข้อมูลค่า RWC (รูปที่ 3A - B) ซึ่งบ่งชี้ว่าสถานะของน้ำในใบของต้นกล้าข้าวยังคงปกติ จึงอาจทำให้ระบบการสังเคราะห์แสงยังไม่ได้รับความเสียหาย Fatima *et al.* (2025) รายงานว่า RWC แสดงความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันกับ ค่าน้ำไหลปากใบ (stomatal conductance) แต่ในทิศทางตรงกันข้ามกับอัตราการสังเคราะห์แสง อีกทั้งค่า LRS และค่า DS ของข้าวทั้งสองพันธุ์ยังไม่แสดงอาการที่ชัดเจนว่าได้รับผลกระทบอย่างรุนแรงจากความแล้ง ส่งผลให้มวลส่วนต้นยังคงเติบโตได้ตามปกติ การที่มวลส่วนรากลดลงอาจเป็นไปได้ว่าการกระจายของสารอาหารจากการสังเคราะห์แสงไปที่รากลดลง เช่นเดียวกับ Asch *et al.* (2005) ที่พบว่าหากต้นข้าวได้รับผลกระทบจากความแล้งแบบค่อย ๆ เพิ่มขึ้น การจัดสรรสารอาหารไปยังส่วนรากและต้น (assimilate partitioning) จะไม่ได้รับผลกระทบ แต่กลับพบว่าการจัดสรรสารอาหารไปที่รากจะหยุดลงทันทีในสภาพเครียดแล้งอย่างรุนแรง อย่างไรก็ตาม Eslami *et al.* (2018) รายงานว่าการเติบโตส่วนต้นได้รับผลกระทบจากความแล้งสูงกว่าส่วนราก

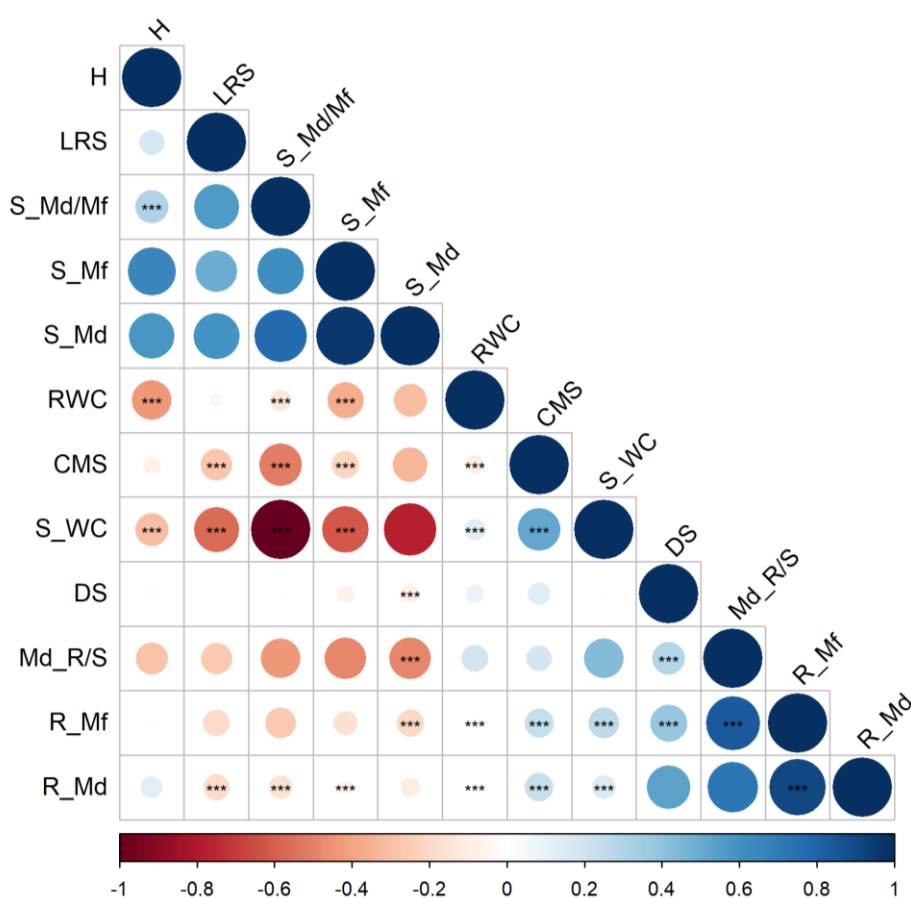
ค่าสัดส่วนมวลแห้งรากต่อต้น ($Md_{R/S}$) ของต้นข้าวในสภาพแล้ง พบว่าพันธุ์ข้าวพื้นเมืองลดลง 54 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่พันธุ์ กข6 ลดลง 76.45 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 2; รูปที่ 5C - D) เนื่องจากมวลส่วนต้นยังเติบโตได้ตามปกติขณะที่มวลของรากลดลงจึงทำให้ค่า R/S ลดลง สอดคล้องกับ Tahere *et al.* (2000) ที่รายงานค่าสัดส่วนมวลแห้งรากต่อต้นของต้นข้าวที่ขาดน้ำในดินมีค่าลดลงเมื่อเทียบกับสภาพได้น้ำ จริญญาและคณะ (2565) ทดสอบข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์แนะนำ จำนวน 14 พันธุ์ โดยปลูกในดินและงดน้ำเมื่อต้นกล้าอายุ 21 วัน พบว่าน้ำหนักแห้งของต้นและรากของแต่ละพันธุ์ไม่แตกต่างกัน แต่น้ำหนักแห้งรากต่อต้นแตกต่างกันทางสถิติ



รูปที่ 5 มวลแห้งราก (A B) ค่าสัดส่วนมวลแห้งรากต่อต้น (C D) ของข้าวพันธุ์พื้นเมืองเขาวง (Khao Wong) และ กข6 (RD6) สัญลักษณ์ * และ ** หมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติระหว่างดำรับ ที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.05$ และ $p < 0.01$ ตามลำดับ และ ns หมายถึงไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

ค่าสหสัมพันธ์ของแต่ละพารามิเตอร์

นำค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ 12 ชนิด มาประเมินค่าสหสัมพันธ์ ด้วยวิธี Pearson correlation โดยใช้ข้อมูลทั้งหมดจากทั้งสภาพปกติและสภาพเครียดแล้ง (รูปที่ 6) พบค่าสหสัมพันธ์ที่มีค่า $|r|$ สูงกว่า 0.7 มีดังนี้ สหสัมพันธ์เชิงบวก ได้แก่ มวลแห้งต้น (S_Md) กับสัดส่วนมวลแห้งต่อมวลสดต้น (S_Md/Mf) ($r = 0.78^{***}$) มวลสดต้น (S_Mf) กับมวลแห้งต้น (S_Md) ($r = 0.97^{***}$) มวลสดราก (R_Mf) กับสัดส่วนมวลแห้งรากต่อต้น (Md_R/S) ($r = 0.83^{***}$) มวลแห้งราก (R_Md) กับสัดส่วนมวลแห้งรากต่อต้น (Md_R/S) ($r = 0.72^{***}$) และ มวลสดราก (R_Mf) กับมวลแห้งราก (R_Md) ($r = 0.91^{***}$) สหสัมพันธ์เชิงลบ ได้แก่ มวลแห้งต้น (S_Md) กับปริมาณน้ำในต้น (S_WC) ($r = -0.78^{***}$) และ ปริมาณน้ำในต้น (S_WC) กับ สัดส่วนมวลแห้งต่อมวลสดต้น (S_Md/Mf) ($r = -1.0^{***}$) สอดคล้องกับ Eslami *et al.* (2018) ที่ทดลองการทนแล้งของข้าวด้วย PEG 2 ระดับ คือ -600 กิโลพาสคาล และ -800 กิโลพาสคาล พบสหสัมพันธ์เชิงบวกระหว่าง S_Mf กับ S_Md, R_Mf กับ R_Md และ R_Md กับ Md_R/S ของต้นกล้าข้าว ในสภาพแล้งทั้ง 2 ระดับ



รูปที่ 6 ค่าสหสัมพันธ์ วิธี Pearson correlation ของพารามิเตอร์ทั้งหมดที่ใช้ในการประเมินลักษณะการเจริญเติบโตของข้าวในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ ความสูงต้น (H) คะแนนการม้วนใบ (LRS) สัดส่วนมวลแห้งต่อมวลสดต้น (S_Md/Mf) มวลสดต้น (S_Mf) มวลแห้งต้น (S_Md) ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ของใบ (RWC) ความคงทนของเยื่อหุ้มเซลล์ใบ (CMS) ปริมาณน้ำในต้น (S_WC) คะแนนใบตาย (DS) สัดส่วนมวลแห้งรากต่อต้น (Md_R/S) มวลสดราก (R_Mf) มวลแห้งราก (R_Md) ค่าสหสัมพันธ์เชิงบวกแสดงด้วยโทนสีฟ้า และเชิงลบโทนสีแดง ขนาดของวงกลมหมายถึงระดับของค่า r สัญลักษณ์ *** หมายถึงมีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ $p < 0.001$ ช่องที่ไม่แสดงสัญลักษณ์ คือมีความแตกต่างทางสถิติ $p > 0.001$ จำนวนข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ต่อพารามิเตอร์ $n = 48$

สรุปผลการวิจัย

นำค่าพารามิเตอร์พื้นฐานเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชมาใช้ในการประเมินลักษณะการเจริญเติบโตในสภาพแล้งของพันธุ์ข้าวเหนียวเขาวงกาฬสินธุ์ ได้แก่ ข้าวพันธุ์พื้นเมืองเขาวง (กอเดียว) และข้าวพันธุ์ กข6 โดยจำลองสภาพแล้งแบบฉับพลันด้วยสารพอลิเอทิลีนไกลคอล ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งทำให้เกิดความเครียดแล้งของสารละลาย เทียบเท่าค่าพลังงานศักย์ของน้ำในดิน ($\Psi_{t_{soil}}$) ประมาณ -700 กิโลพาสคาล ทำให้เกิดความแล้งระดับปานกลางถึงรุนแรง ประเมินในช่วงระยะเวลา 4 วัน หลังสภาพแล้ง พบว่าในสภาพแล้งข้าวพันธุ์พื้นเมืองเขาวงมีความคงทนของเยื่อหุ้มเซลล์ลดลง ในขณะที่พันธุ์ กข6 ไม่ได้รับผลกระทบจากความแล้ง ค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบของข้าวทั้งสองพันธุ์บ่งบอกว่าสามารถรักษาสถานะของน้ำในใบไว้ได้เป็นปกติ จึงทำให้มวลส่วนต้นยังคงเติบโตได้ไม่ต่างจากกลุ่มควบคุม แม้ว่าค่าคะแนนการม้วนใบและค่าคะแนนใบตายจะมีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุม แต่ไม่ได้อยู่ในระดับที่สูงมาก จึงทำให้ยังคงปรากฏลักษณะไม่ต่างจากปกติ พบว่ามวลสดรากและมวลแห้งรากของข้าวทั้งสองพันธุ์ลดลงอย่างมากในสภาพแล้ง แสดงให้เห็นว่าส่วนรากได้รับผลกระทบจากความแล้งมากกว่าส่วนต้น แม้ว่ารากของข้าวพันธุ์ กข6 จะมีการสร้างมวลได้สูงกว่าพันธุ์พื้นเมือง แต่กลับได้รับผลกระทบสูงกว่าเมื่ออยู่ในสภาพเครียดแล้ง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัย ได้แก่ โรงเรือนทดลองและห้องปฏิบัติการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กรมทรัพยากรทางปัญญา. (2552). ประกาศกรมทรัพยากรทางปัญญา. แหล่งข้อมูล: <https://www.ipthailand.go.th>. ค้นเมื่อวันที่ 2 มีนาคม 2569.
- กองวิจัยและพัฒนาพันธุ์ข้าว. (2559). องค์ความรู้เรื่องข้าว. แหล่งข้อมูล: <http://webold.ricethailand.go.th>. ค้นเมื่อวันที่ 4 มีนาคม 2569.
- กิตติชัย นารีนุช, จิรวัฒน์ สนิทชน และพัชริน ส่งศรี. (2554). การคัดเลือกข้าวไร่พื้นเมืองทนทานต่อสภาพแล้งต้นฤดูปลูก. แก่นเกษตร 39(2) (ฉบับพิเศษ): 67 - 71.
- จักรกฤษ ศรีละออ. (2561). การคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวพื้นเมืองต่อการทนแล้งและให้ผลผลิตสูง. Rajabhat Journal of Sciences Humanities and Social Sciences 19(1): 161 - 166.
- จรัญญา แยกสวัสดิ์, สุวัจน์ อิมวิจิต, ประภัสสร วิจิตรจันทร์, สันห์ฐิต ธีรราชันจิต, นัฐวรรณ บุชบา, สุนันทรา บรรจบพุดชา, ธนสิน ทับทิมโต, กนกวรรณ ศรีคชา, เบญญาภา ทองศรี, พงศธร สุขสวัสดิ์, พีรดา อินทะเสน, ประพฤติ พรหมสมบูรณ์, ธีรวัฒน์ ศรุตโยภาส และไพรัตน์ พิมพ์ศิริกุล. (2565). ศักยภาพการทนแล้งและผลผลิตของข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองและพันธุ์แนะนำในประเทศไทย. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 40(2): 187 - 195.
- เดชอุดม ปามหา, ปิยะดา ธีระกุลพิศุทธิ์, วัฒนชัย ล้นทม, จิรวัฒน์ สนิทชน, จรัญจิต เพ็งรัตน์, Jonaliza L. Siangliw และ ธิยท ตุจินดา. (2557). ผลของความเค็มและแล้งต่อลักษณะทางสรีรวิทยาบางประการของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ได้รับขึ้นสวน QTL ควบคุมลักษณะทนแล้ง. วารสารพฤกษศาสตร์ไทย 6 (ฉบับพิเศษ): 199 - 204.
- ปัญญา มาติ, เจนจิรา ทิพย์ท่ามา, นธกร ไชยธรรม และจรัญญา กุลยะ. (2567). ผลของสภาวะขาดน้ำต่อปริมาณน้ำสัมพัทธ์ ค่าดัชนีความเขียวใบ และการเจริญเติบโต ของข้าวระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการเกษตร. 5(1): 37 - 48.

- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2569). ปริมาณการผลิตข้าวนาปี ปี 2566. แหล่งข้อมูล: <https://catalog.oae.go.th>.
ค้นเมื่อวันที่ 2 มีนาคม 2569.
- สุพัตรา นราวัฒน์, พิทวัส วิชัยดิษฐ์ และพัฒนจิตา เวชสาร. (2568). การคัดเลือกข้าวทนแล้งโดยใช้ปริมาณสาร Malondialdehyde. วารสารวิชาการข้าว 16(1): 50 - 59.
- ยุธยา อยู่เย็น, ณัฐบดี วิริยาวัฒน์ และสุรชาติ สีนวรรณ. (2566). การพัฒนาข้าวทนแล้งระหว่างข้าวพันธุ์ท้องถิ่นและพันธุ์เศรษฐกิจในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ 18(2): 13 - 24.
- Asch, F., Dingkuhn, M., Sow, A. and Audebert, A. (2005). Drought-induced changes in rooting patterns and assimilate partitioning between root and shoot in upland rice. Field Crops Research 93(2-3): 223 - 236. doi: 10.1016/j.fcr.2004.10.002.
- Bhandari, U., Gajurel, A., Khadka, B., Thapa, I., Chand, I., Bhatta, D., Poudel, A., Pandey, M., Shrestha, S. and Shrestha, J. (2023). Morpho-physiological and biochemical response of rice (*Oryza sativa* L.) to drought stress: A review. Heliyon 9(3): e13744. doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e13744.
- Blum, A. (2010). Plant breeding for water-limited environments. Springer Science & Business Media.
- De Datta, S.K., Malabuyoc, J.A. and Aragon, E.L. (1988). A field screening technique for evaluating rice germplasm for drought tolerance during the vegetative stage. Field Crops Research 19: 123 - 134. doi: 10.1016/0378-4290(88)90050-0.
- ElBasyoni, I., Saadalla, M., Baenziger, S., Bockelman, H. and Morsy, S. (2017). Cell membrane stability and association mapping for drought and heat tolerance in a worldwide wheat collection. Sustainability 9(9): 1606. doi: 10.3390/su9091606.
- Eslami, M., AhmadiKhah, A., Azimi, M.R. and Saeidi, A. (2018). Differential response of an international rice (*Oryza sativa* L.) collection to drought simulated stress (PEG) at vegetative stage. Australian Journal of Crop Science 12(6): 855 - 869. doi: 10.21475/ajcs.18.12.06.PNE545.
- Fatima, S., Rashid, M., Hameed, A., Fiaz, S., Rebouh, N.Y. and Zaman, Q.U. (2025). Development of rice mutants with enhanced resilience to drought and brown spot (*Bipolaris oryzae*) and their physiological and multivariate analysis. BMC Plant Biology 25(1): 1040. doi: 10.1186/s12870-025-07024-5.
- Huanhe, W., Xiaoyu, G., Xiang, Z., Wang, Z., Xubin, Z., Yinglong, C., Zhongyang, H., Guisheng, Z., Tianyao, M. and Qigen, D. (2024). Grain yield, biomass accumulation, and leaf photosynthetic characteristics of rice under combined salinity-drought stress. Rice Science 31(1): 118 - 128. doi: 10.1016/j.rsci.2023.06.006.
- Hungsaprug, K., Utkhao, W., Kositsup, B., Kasettranun, W., Siangliw, J.L., Toojinda, T. and Chadchawan, S. (2019). Photosynthetic parameters and biomass recovery of a rice chromosome segment substitution line with a 'KDML 105' genetic background under drought conditions. International Journal of Agriculture and Biology 22(5): 1197 - 1204. doi: 10.17957/IJAB/15.1187.
- Jarin, A.S., Islam, M.M., Rahat, A., Ahmed, S., Ghosh, P. and Murata, Y. (2024). Drought stress tolerance in rice: physiological and biochemical insights. International Journal of Plant Biology 15(3): 692 - 718. doi: 10.3390/ijpb15030051.

- Jayaweera, J.K.P.T.P., Herath, H.M.V.G., Jayatilake, D.V., Udumulla, G.S. and Wickramasinghe, H.A.M. (2016). Physiological, biochemical and proteomic responses of rice (*Oryza sativa* L.) varieties Godaheenati and Pokkali for drought stress at the seedling stage. *Tropical Agricultural Research* 27(2). doi: 10.4038/tar.v27i2.8164.
- Khunsanit, P., Jitsamai, N., Thongsima, N., Chadchawan, S., Pongpanich, M., Henry, I.M., Comai, L., Suriya-Arunroj, D., Budjun, I. and Buaboocha, T. (2024). QTL-Seq identified a genomic region on chromosome 1 for soil-salinity tolerance in F₂ progeny of Thai salt-tolerant rice donor line “Jao Khao”. *Frontiers in plant science* 15: 1424689. doi: 10.3389/fpls.2024.1424689.
- Latif, A., Ying, S., Cuixia, P. and Ali, N. (2023). Rice curled its leaves either adaxially or abaxially to combat drought stress. *Rice Science* 30(5): 405 - 416. doi: 10.1016/j.rsci.2023.04.002.
- Micky, B.M. and Aldesuquy, H.S. (2017). Impact of osmotic stress on seedling growth observations, membrane characteristics and antioxidant defense system of different wheat genotypes. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences* 4(1): 47 - 54. doi: 10.1016/j.ejbas.2016.10.001.
- Mondal, K., Kar, R.K., Chakraborty, A. and Dey, N. (2024). Concurrent effect of drought and heat stress in rice (*Oryza sativa* L.): physio-biochemical and molecular approach. *3 Biotech* 14(5): 132. doi: 10.1007/s13205-024-03980-1.
- Panda, D., Mishra, S.S. and Behera, P.K. (2021). Drought tolerance in rice: focus on recent mechanisms and approaches. *Rice science* 28(2): 119 - 132. doi: 10.1016/j.rsci.2021.01.002.
- Posit. (2026). RStudio Desktop. Source: <https://posit.co>. Retrieved date 4 March 2026.
- Rotrujanon, N., Pamuta, D., Siangliw, M., Sanitchon, J., Siangliw, J.L. and Theerakulpisut, P. (2022). Evaluation of drought and salinity tolerance at seedling stage of introgression lines of ‘KDML105’ rice carrying drought tolerance QTL and SKC1 salt tolerance gene. *KKU Science Journal* 50(2): 146 - 161.
- Tahere, A.S., Yamauchi, A., Kamoshita, A. and Wade, L.J. (2000). Genotypic variation in response of rainfed lowland rice to drought and rewatering: II. Root growth. *Plant Production Science* 3(2): 180 - 188. doi: 10.1626/pps.3.180.
- Verslues, P.E., Agarwal, M., Katiyar-Agarwal, S., Zhu, J. and Zhu, J.K. (2006). Methods and concepts in quantifying resistance to drought, salt and freezing, abiotic stresses that affect plant water status. *The Plant Journal* 45: 523 - 539. doi: 10.1111/j.1365-3113X.2005.02593.x.

