วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
Journal of Roi Et Rajabhat University: Science and Technology

ผลของสภาวะขาดน้ำต่อปริมาณน้ำสัมพัทธ์ ค่าดัชนีความเขียวใบ และการเจริญเติบโตของข้าวระยะการเจริญเติบโตทางลำต้น

Effect of drought stress on Relative water content, SPAD chlorophyll meter reading and growth at the vegetative stage of rice (*Oryza sativa* L.) Varieties

[1]ปัญญา มาดี, [2]เจนจิรา ทิพย์ทำมา, [2]นธภร ไชยธรรม,[2]จรัญญา กุลยะ*
[1]Punya Madee, [2]Chenjira thiptamma, [2]Nataporn Chaiyatham and [2]Charanya kulya*

[1] โรงเรียนขุขันธ์ อำเภอขุขันธ์ จังหวัดศรีสะเกษ
[2]ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด
[1]Khukhan School, Khukhan, Sisaket,
[2]Department of Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Science,
Roi-Et Rajabhat University, Roi Et

*ผู้นิพนธ์หลัก: Charanyakulya@gmail.com
*Corresponding author: Charanyakulya@gmail.com

Received: 6 May, 2024; Revised: 31 May, 2024; Accepted: 18 May, 2024

บทคัดย่อ

ศึกษาค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ ค่าดัชนีความเขียวใบ (SPAD) และการเจริญเติบโตของข้าวจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ มะลิแดง เขี้ยวงู และพันธุ์มาตรฐานทนแล้ง คือ DH103 ปลูกในกระถางจนกระทั่งอายุ 40 วัน แล้วแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือ 1) กลุ่มควบคุมที่ได้รับน้ำปกติ 2) กลุ่มที่ได้รับสภาวะเครียดแล้งจากการงดให้น้ำ เป็นเวลา 15 วัน เมื่อได้รับสภาวะเครียดแล้ง ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ ค่าดัชนีความเขียวใบ และการเจริญเติบโตลดลงในทุกสายพันธุ์ โดยข้าวพันธุ์มะลิแดง และ DH103 มีความสามารถในการรักษาปริมาณน้ำภายในเซลล์ดีกว่าพันธุ์เขี้ยวงู โดยมีมีค่าค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์สูง ซึ่งบงชี้ถึงความสามารถปรับตัวได้ดีในสภาวะแล้ง นอกจากนี้มะลิแดง มีค่าคะแนนการม้วนใบต่ำ และการเจริญเติบโตดีกว่าพันธุ์เขี้ยวงู

คำสำคัญ: ข้าว; ความเครียดแล้ง; ปริมาณน้ำสัมพัทธ์

Abstract

The relative water content (RWC), SPAD reading, and growth of three rice cultivars including Mali Deang, Khiaw Ngoo, and drought tolerant rice cultivar (DH103) were studied. Rice plants were grown in pot culture until 40 days old. Seedlings were

subsequently divided into two treatment groups: 1) control group receiving normal water plants and 2) exposed group (plants cultivated in soil under drought stress for 15 days). Under drought stress, all exposed plants exhibited reductions in RWC, SPAD values, and growth. The maintenance of water status in cells of Mali Deang and DH103 was better than that of Khiaw Ngoo. These two cultivars showed a high RWC which indicates their ability to grow well under drought conditions. Moreover, Mali Deang had a low score of leaf rolling and the growth of this cultivar was better than that of Khiaw Ngoo.

Keywords: Rice; drought stress; relative water content

บทนำ

การเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศโลก ส่งผลให้พื้นที่ทางการเกษตรประสบกับปัญหาสภาวะแล้ง ซึ่งส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต และผลผลิต (Panda, 2021) โดยเฉพาะการปลูกข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่มักประสบกับปัญหาสภาวะแล้งเนื่องจากฝนทิ้งช่วง (Pandey et al., 2007) ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าว 62.91 ล้านไร่ ผลผลิตรวม 26.70 ล้านตัน ข้าวเปลือก และผลผลิตต่อไร่ 424 กิโลกรัม ซึ่งมีผลผลิตลดลงเมื่อเทียบกับปี พ. ศ. 2564-2565 (Office of Agricultural Economics, 2023) การผลิตข้าวในภาคตะวันออกเฉียงเหนือประมาณ 70% ของพื้นที่ทั้งภาค เป็นระบบที่ต้องอาศัยน้ำฝนเป็นหลัก เป็นระบบที่ต้องพึ่งพาธรรมชาติไม่ว่าจะเป็นระบบการปลูกข้าวนาสวน หรือการปลูกข้าวไร่ (Jongdee et al., 2021) สภาวะแล้งส่งผลต่อการเจริญของข้าวในระยะต่าง ๆ ในระยะต้นกล้าและระยะแตกกอของข้าวหอมคลองหลวง 1, ขาวดอกมะลิ 105, กข 33, หอมสุพรรณบุรี, กข 15 และปทุมธานี 1 มีผลผลิตลดลง 30-61% โดยเฉพาะข้าวปทุมธานี 1 ผลผลิตลดลงถึง 61% (Anugoolpraser, 2016) ในข้าวสายพันธุ์ 236 ระยะการเจริญทางลำต้นจนกระทั่งระยะสืบพันธุ์ ช่วงอายุ 55–86 วัน หลังจากได้รับสภาวะแล้งเป็นเวลา 30 วัน การเจริญเติบโตในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ความสูง จำนวนหน่อต่อกอ และน้ำหนักแห้งลดลง (Puekphong et al., 2020) การตอบสนองต่อสภาวะแล้งในข้าวแต่ละพันธุ์ มีความแตกต่างกันเกี่ยวข้องกับกลไกและกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ เพื่อให้สามารทนต่อสภาวะที่ไม่เหมาะสมดังกล่าว การปรับตัวหลายรูปแบบ ดังนี้ 1) การหนีแล้ง (drought escape) เป็นความสามารถของพืชที่จะมีชีวิตอยู่จนครบวงจรชีวิต (life cycle) ก่อนที่จะกระทบกับสภาพแล้ง เช่น การมีอายุสั้น การออกดอกได้เร็วขึ้น การยืดระยะเวลาในการออกดอก 2) การเลี่ยงแล้ง (drought avoidance) เป็นความสามารถของพืชที่จะมีชีวิตอยู่รอดได้โดยการลดความสูญเสียน้ำภายในต้นพืช เมื่อประสบกับสภาพแล้ง เช่น การม้วนของใบ ใบมีไขมันมาเคลือบหนา ปากใบเปิดปิดได้รวดเร็วขึ้น มีระบบรากหนาแน่นและหยั่งลึก 3) การทนแล้ง (drought tolerance) เป็นความสามารถของพืชที่จะมีชีวิตอยู่รอดได้เมื่อประสบกับสภาพแล้ง โดยการลดศักย์ของน้ำ (water potential) การปรับออสโมติกแอสจัสเมนต์(Osmotic adjustment) (Xu et al., 2010; Panda et al., 2021 & Kumar et al., 2014)

โดยทั่วไปเมื่อได้รับสภาวะแล้งจะมีการปรับตัวโดยลดการสูญเสียน้ำภายในเซลล์ การลดลงของพื้นที่ใบ เกิดการปิดของปากใบเพื่อลดการคายน้ำซึ่งส่งผลทำให้กระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชลดลง เนื่องจากปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในใบมีปริมาณต่ำ จากการศึกษาลักษณะพันธุ์ที่ทนแล้งจะมีกลไกในการปรับตัวเพื่อลดการสูญเสียน้ำ ซึ่งในพืชแต่ละชนิดมีการปรับตัวที่แตกต่างกัน ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองต่อสภาวะแล้ง ในข้าวพันธุ์เขี้ยวงู และข้าวมะลิแดง ซึ่งเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมือง เปรียบเทียบกับพันธุ์ทนแล้ง คือ DH103 ในข้าวพันธุ์เขี้ยวงู เป็นข้าวเหนียว มีวิตามินอีสูง ลักษณะเมล็ดเล็ก เรียวยาว นิยมนำไปแปรรูปเป็นอาหาร เช่น ข้าวเหนียวทุเรียน ข้าวเหนียวมะม่วง ข้าวหลาม และขนมไทย และข้าวมะลิแดง เป็นข้าวจ้าว ลักษณะเมล็ดเรียว มีดัชนีน้ำตาลต่ำ มีประโยชน์ต่อผู้บริโภค ซึ่งช่วยป้องกันไม่ให้เกิดโรคอ้วน และเบาหวาน (Sahaspot, 2015)

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วิธีการการปลูก

พันธุ์ข้าวที่ทดลอง จำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ เขี้ยวงู มะลิแดง และ DH103 (พันธุ์ทนแล้ง) นำเมล็ดมาฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ (sodium hypochloride) ความเข้มข้น 5% นาน 15 นาที จากนั้นล้างออกด้วยน้ำกลั่นหลายๆ ครั้ง ย้ายมาวางในจานเพาะเมล็ดที่มีกระดาษเพาะเมล็ดที่เติมน้ำกลั่น ทำการเพาะเมล็ดนาน 2 วันภายใต้ความมืดและอุณหภูมิห้อง ย้ายเมล็ดที่กำลังงอกลงไปในในกระถาง นำดินที่ได้จากแปลงนามาตากให้แห้ง บรรจุดิน กระถางขนาด กว้าง 26 เซนติเมตร สูง 17 เซนติเมตร บรรจุดินกระถางละ 5 กิโลกรัม ปลูกข้าวจนกระทั่งพืชมีอายุ 40 วัน แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กุล่ม คือ กลุ่มควบคุมที่ได้รับน้ำปกติ และกลุ่มทดลองโดยงดให้น้ำเป็นเวลา 15 วัน เก็บข้อมูล การเจริญเติบโตโดยวัดความสูง ค่าคะแนนการม้วนใบ ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ และค่าดัชนีความเขียวใบ

2. การวัดการเจริญเติบโต

บันทึกผลการเจริญเติบโต หลังจากพืชได้รับสภาวะขาดน้ำ เป็นเวลา 15 วัน จำนวน 10 ต้นต่อการทดลอง โดยวัดความสูงจากโคนต้นจนถึงปลายยอด แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยต่อต้น

3. การวัดระดับคะแนนการม้วนใบ

ลักษณะการม้วนของใบ (leaf rolling score) ทำการประเมินการม้วนใบ จำนวน 10 ต้นต่อการทดลอง หลังจากได้รับสภาวะขาดน้ำเป็นเวลา 5, 10 และ 15 วัน บันทึกโดยการประเมินความรุนแรงของอาการม้วนใบตามวิธี ของ O'Toole & Moya (1978) ซึ่งบันทึกเป็น ระดับ คะแนน มี 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 1 ไม่แสดงอาการเหี่ยว
ระดับ 2 ขอบใบโค้งเข้าหากันเล็กน้อย
ระดับ 3 ขอบใบโค้งเข้าหากันมากขึ้น (เป็นรูป ครึ่งวงกลม)
ระดับ 4 ขอบใบโค้งเข้าหากันจนเกือบชิดกัน
ระดับ 5 ขอบใบโค้งจนชิดกัน

4. การวัดค่าาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (Relative water content; RWC)

ชั่งน้ำหนักสด (fresh weight; FW) ของชิ้นส่วนใบ โดยนำชิ้นส่วนใบขนาดยาวประมาณ 3 เซนติเมตร ใส่ลงในหลอดไมโครทิวป์ปิดให้สนิท นำไปชั่งน้ำาหนักสดอย่างรวดเร็วแล้วจึงย้ายชิ้นส่วนใบไปใส่ในจานพลาสติก (plastic petri dish) ที่มีน้ำกลั่นปราศจากไอออนปริมาตร 10 มิลลิลิตร ปิดฝาแล้วนำไปวางให้ ได้รับแสงจากแผงหลอดเป็นเวลา 4 ชั่วโมง เพื่อให้ใบข้าวดูดน้ำอย่างเต็มที่จากนั้นใช้ปากคีบคีบชิ้นส่วนใบวางลงบนกระดาษทิชชูเพื่อซับน้ำที่ผิวใบออกแล้วนำชิ้นส่วนใบใส่ลงหลอดไมโครทิวป์ นำไปชั่งน้ำหนักเต่ง (turgid weight; TW) จากนั้นนำชิ้นส่วนใบไปอบให้แห้งในตู้อบเป่าลมร้อน ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักแห้ง (dry weight; DW) คำนวณหาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (RWC) จำนวน 5 ต้นต่อการทดลอง จากสูตร

$$RWC\ (\%) = [(FW-DW) / (TW-DW)] \times 100$$

5. การประเมินคลอโรฟิลล์ด้วยเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ (SPAD 502 Minolta Co., Ltd., Japan)

หนีบใบที่ 2 ที่แผ่ขยายเต็มที่ วัดค่าดัชนีความเขียวของใบในบริเวณตำแหน่งต่าง ๆ ได้แก่ ปลายใบ กลางใบ และ โคนใบ ด้วยเครื่องคลอโรฟิลล์มิเตอร์ นำค่าที่ได้แต่ละตำแหน่งหาค่าเฉลี่ยจำนวน 5 ต้นต่อการทดลอง และบันทึกข้อมูล

6. การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in completely randomized design (CRD) และการวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลแบบจำแนกทางเดียว (One-way analysis of variance) เพื่อเปรียบเทียบผลของสภาวะการขาดน้ำของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยใช้ Duncan ‘s multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสถิติ SPSS

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลของสภาวะขาดน้ำต่อความสูง

จากการศึกษาผลของสภาวะขาดน้ำต่อการเจริญเติบโต พบว่า ข้าวมีการเจริญเติบโตลดลง ทำให้ความสูงลดลงทุกพันธุ์จากกลุ่มควบคุม พบว่า กลุ่มควบคุมที่ได้รับน้ำปกติ มะลิแดง เขี้ยวงู และ DH103 มีความสูงเฉลี่ย 80.25, 69.90 และ 45.25 เซนติเมตร ตามลำดับ เมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำเป็นเวลา 15 วัน มีความสูงเฉลี่ย 67.42, 43.75 และ 25.32 เซนติเมตร ตามลำดับ DH103 เขี้ยวงู และมะลิแดง มีความสูงลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม 44.24, 37.41 และ 15.98% ตามลำดับ โดยพบว่า DH103 มีความสูงลดลงมากที่สุด (44.24%) และ มะลิแดง มีความสูงลดลงน้อยที่สุด (15.98%) (Table 1) จากรายงานวิจัยผลของสภาวะขาดน้ำมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตในด้านต่าง ๆ มีผลทำให้ความสูง พื้นที่ใบ และน้ำหนักแห้ง น้ำหนักสด รวมทั้งผลผลิตลดลง (Sarvestani et al., 2008; Mishra and Panda, 2017; Hussain et al., 2018). การตอบสนองต่อสภาวะแล้งแตกต่างกันในข้าวแต่ละสายพันธุ์ผลของสภาวะแล้งต่อการเจริญเติบโตระยะการเจริญทางลำต้นส่งผลต่อการเจริญและพัฒนารวมทั้งกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Bhandari et al., 2023) ผลของสภาวะแล้งยับยั้งความสูง พื้นที่ใบ และน้ำหนักสดน้ำหนักแห้งของต้น การเจริญเติบโตของพันธุ์ที่อ่อนแอ (Mishra & Panda, 2017) จากการศึกษาสภาวะขาดน้ำพบว่า พันธุ์ DH103 ความสูงลดลงมากกว่าพันธุ์อื่น ๆ เนื่องจากข้าวพันธุ์ DH103 มีลักษณะต้นเตี้ยเมื่อเทียบกับมะลิแดงและเขี้ยวงู จากการศึกษาผลของสภาวะแล้งในข้าวพันธุ์

Bomba และพันธุ์ Bahia อายุ 48-52 วัน ซึ่งความแตกต่างกันเนื่องจากลักษณะทางพันธุกรรมในข้าว พันธุ์ Bomba มีลักษณะต้นสูงกว่าพันธุ์ Bahia โดยพันธุ์ Bomba มีความสูง 82 เซนติเมตร และมีการพัฒนาใบที่มากกว่า ขณะที่พันธุ์ Bahia มีความสูง 59 เซนติเมตร พบว่า ข้าวสายพันธุ์ Bahia ซึ่งมีลักษณะต้นเตี้ยจะปรับตัวได้ดีในสภาวะขาดน้ำ โดยทั้ง 2 พันธุ์มีการเจริญเติบโตที่แตกต่างกัน ผลของสภาวะเครียดจากภาวะขาดน้ำส่งผลให้การเจริญเติบโตลดลง (Wankhade et al., 2010)

Table 1 Plant height after 5, 10, and 15 days under drought stress (mean±SD)

Cultivars	Height (cm)		
	Control	Drought	% Reduction
Mali Deang	80.25±3.03^{d}	67.42±3.10^{c}	15.98
Khiaw Ngoo	69.90±3.84^{C}	43.75±5.25^{b}	37.41
DH103	45.25. ±1.08^{b}	25.32±0.84^{a}	44.24

Means within each column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

ผลของสภาพวะขาดน้ำต่อค่าคะแนนการม้วนใบ

เมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำเป็นเวลา 5 วัน ข้าวมีการตอบสนองโดยแสดงอาการม้วนของใบ พบว่า DH103 มีค่าคะแนนการม้วนใบต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 2.50 มะลิแดงมีค่าคะแนนการม้วนใบ 3.50 และเขี้ยวงูมีค่าคะแนนการม้วนใบสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 3.75 หลังจากได้รับสภาวะขาดน้ำเป็นเวลา 10 วัน พบว่า เขี้ยวงู และ DH103 มีค่าคะแนนการม้วนใบ ไม่แตกต่างกัน คือ 4.25 และ มะลิแดงมีค่าคะแนนการม้วนใบ 4.00 และหลังจากสภาวะขาดน้ำ 15 วัน ค่าคะแนนการม้วนใบที่ระดับ 5 ทุกพันธุ์ หลังจากได้รับสภาวะขาดน้ำเป็นเวลา 10, 15 และ 20 วัน ค่าคะแนนการม้วนใบไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติทุกพันธุ์ (Table 2) จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า หลังจากได้รับสภาวะขาดน้ำเป็นเวลา 5 วัน ข้าวพันธุ์ DH103 มีการม้วนของใบต่ำที่สุด และเมื่อได้รับสภาวะแล้งเป็นเวลา 10 วัน มะลิแดงมีค่าคะแนนการม้วนใบต่ำที่สุด และหลังจากได้รับแล้งเป็นเวลา 15 วัน พบว่า ค่าคะแนนการม้วนใบไม่แตกต่างกัน การตอบสนองของข้าวโดยการม้วนใบ เมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำเป็นลักษณะอย่างหนึ่งของกลไกการเลี่ยงแล้งเพื่อลดการสูญเสียน้ำจากการคายน้ำซึ่งเป็นผลจากการปรับศักย์ของน้ำ (water potential) ในใบให้สูงขึ้น โดยพันธุ์ข้าวที่สามารถปรับแรงดันออสโมติก (osmotic pressure) ได้สูงในสภาพแล้งสามารถดึงน้ำจากดินมาใช้ได้ (Dingkuhn et al., 1991) Pantuwan et al. (2000) ศึกษาผลของสภาวะแล้งในข้าวไร่ในพันธุ์ที่ปรับตัวได้ดีในสภาวะแล้งมีการม้วนของใบน้อยกว่าพันธุ์อ่อนแอ สอดคล้องกับการศึกษาของ Pantuwan et al. (2000) รายงานว่าข้าวไร่พันธุ์ที่ปรับตัวได้ดีในสภาวะแล้งและมีลักษณะการม้วนใบน้อย ในข้าวพันธุ์ Puteh Perak ซึ่งเป็นพันธุ์ทนแล้ง พบว่ามีค่าคะแนนการม้วนใบต่ำ (Fen et al., 2015) Pakdeechanuan (2018) ประเมินลักษณะทนทานแล้งในระยะต้นกล้าในข้าวพันธุ์พื้นเมืองภาคใต้ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์เฉี้ยงพัทลุง และสังข์หยดพัทลุง พันธุ์เปรียบเทียบ 2 พันธุ์ คือ พันธุ์ กข 19 และพันธุ์ กข 23 พบว่า ข้าวพันธุ์เฉี้ยงพัทลุงเป็นพันธุ์ที่มีความสามารถปรับตัวต่อสภาวะแล้งได้ดีกว่าข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุง เนื่องจากข้าวพันธุ์เฉี้ยงพัทลุงมีระดับคะแนนการม้วนใบ การคลายตัวของใบ

การแห้งตายของใบ และการฟื้นตัวจากแล้งต่ำกว่าข้าวพันธุ์สังข์หยดพัทลุง Narenut et al. (2011) ศึกษาของสภาวะแล้งต่อลักษณะการม้วนใบ ลักษณะใบตาย และความสามารถในการฟื้นตัว ในข้าวสายพันธุ์ ULR 137 และ ULR 328 เป็นสายพันธุ์ที่มีความสามารถในการปรับตัวให้ทนต่อสภาพแล้งได้ดีที่สุด เนื่องจากแสดงลักษณะการ ม้วนใบและใบตายน้อยกว่าพันธุ์อื่น ๆ

Table 2 leaf rolling score after 5, 10, and 15 days under drought stress

Cultivars	Leaf rolling score		
	5 Days	**10 Days**	**15 Days**
Mali Deang	3.50±0.57 [a]	4.00±1.41 [a]	5.00±0.00 [a]
Khiaw Ngoo	3.75±1.50[a]	4.25±0.95 [a]	5.00±0.00 [a]
DH103	2.50±0.57 [a]	4.25±0.50 [a]	5.00±0.00 [a]

Means within each column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

ผลของสภาวะเครียดแล้งต่อปริมาณน้ำสัมพัทธ์

จากการศึกษาผลของสภาวะขาดน้ำต่อปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบข้าว ค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในกลุ่มควบคุมได้รับน้ำปกติ ในพันธุ์มะลิแดง เขี้ยวงู และ DH103 มีค่า 87.46, 87.33 และ 86.38% ตามลำดับ เมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำเป็นเวลา 15 วัน ในพันธุ์มะลิแดง DH103 และเขี้ยวงูมีค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำสัมพัทธ์ 76.09, 74.45 และ 66.53% ตามลำดับ ผลจากสภาวะขาดน้ำทำให้ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบลดลงทุกพันธุ์จากกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ พบว่าเขี้ยวงู DH103 และ มะลิแดง มีปริมาณสัมพัทธ์ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม 23.81, 13.81 และ 13.00% ตามลำดับ โดยพบว่า เขี้ยวงู ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ลดลงมากที่สุด (23.81%) มะลิแดง และ DH103 มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ลดลงใกล้เคียงกัน (Table 3) เมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำ มะลิแดง มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์มากที่สุดคือ 76.09% รองลงมา คือ พันธ์ DH103 มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ 74.45% ซึ่งแตกต่างจากพันธุ์เขี้ยวงูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ 66.53% โดยมีเปอร์เซ็นต์ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ ลดลงคือ 23.81%, จากกลุ่มควบคุม สอดคล้องกับ Khan et al. (2017) ข้าวพันธุ์ทนแล้งจะมีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ลดลงน้อยกว่าพันธุ์อ่อนแอ โดยสายพันธุ์ทนแล้ง PR-115 มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ ลดลง 25 % ขณะที่พันธุ์อ่อนแอ Super-7 มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ลดลง 33% หลังจากได้แล้งเป็นเวลา 10 วัน ปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในพืชเป็นค่าที่บ่งชี้สถานะน้ำภายในเซลล์พืช (Gupta et al., 2020) ผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่า มะลิแดง มีค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์สูงกว่าพันธุ์เขี้ยวงูอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าใกล้เคียงกับพันธุ์ทนแล้ง คือ DH103 ซึ่งแสดงถึงประสิทธิภาพการรักษาน้ำภายในเซลล์ Larkunthod et al. (2015) ศึกษาผลสภาวะแล้งในข้าวปรับปรุงพันธุ์ทนแล้งข้าวขาวดอกมะลิ105 มียีนทนแล้งบนโครโมโซมที่ 9 ได้แก่ CSSL17, CSSL18, CSSL19 และ CSSL20 อายุ 30 วัน หลังจากการงดให้น้ำเป็นเวลา 40 วัน สายพันธุ์ CSSL17 สามารถรักษาสถานะของน้ำได้ดีกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ดั้งเดิม ซึ่งเป็นพันธุ์ที่อ่อนแอต่อสภาวะแล้ง โดยมีค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์สูงกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ การรักษาสถานะน้ำภายในเซลล์ บ่งชี้จากค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์เกี่ยวข้องกับกับกลไกการเลี่ยงแล้ง ในข้าว

พันธุ์ทนแล้งจะสามารถรักษาสถานะน้ำในเซลล์ได้สูง โดยระบบรากที่มีประสิทธิภาพในลำเลียงน้ำหรือกลไกอื่น ๆ ในการลดการสูญเสียน้ำ (Serraj et al., 2009)

Table 3 Relative water content in rice leaves after 15 days under drought stress

Cultivars	Relative water content (%)		
	Control	Drought	% Reduction
Mali Deang	87.46±0.96[a]	76.09±1.35[b]	13.00
Khiaw Ngoo	87.33±0.74[a]	66.53±2.01[c]	23.81
DH103	86.38. ±2.02[a]	74.45±1.53[b]	13.81

Means within each column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

ผลของสภาวะขาดน้ำต่อค่าดัชนีความเขียวใบ

จากการศึกษาผลของสภาวะขาดน้ำต่อค่าดัชนีความเขียวใบ พบว่า เมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำเป็นเวลา 15 วัน ทำให้ค่าดัชนีความเขียวใบลดลงทุกพันธุ์จากกลุ่มควบคุม ในกลุ่มควบคุมที่ได้รับน้ำปกติ มะลิแดง เขี้ยวงู และ DH103 มีดัชนีความเขียวใบเฉลี่ย 36.70, 34.22 และ 31.75 ตามลำดับ เมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำข้าวพันธุ์มะลิแดง DH103 และเขี้ยวงู มีค่าดัชนีความเขียวใบเฉลี่ย 35.22, 31.55 และ 27.45 ตามลำดับ ในข้าวพันธุ์เขี้ยวงู มีค่าดัชนีความเขียวใบลดลง 19.78% ในมะลิแดง ค่าดัชนีความเขียวใบลดลง 4.03 % และ DH103 ซึ่งค่าดัชนีความเขียวใบลดลงเพียงเล็กน้อย (0.62%) ในข้าวพันธุ์มะลิแดง และ DH103 พบว่าค่าดัชนีความเขียวใบไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม ส่วนเขี้ยวงูมีค่าดัชนีความเขียวใบลดลงอย่างชัดเจนแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 4) ผลของสภาวะขาดทำให้ค่าดัชนีความเขียวใบลดลงในข้าวพันธุ์เขี้ยวงูซึ่งค่าดัชนีความเขียวใบเป็นค่าที่บ่งชี้ถึงปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบที่เกี่ยงของกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง (Xiong et al., 2015) ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบยังมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถทนแล้งในข้าวเนื่องจากผลของสภาวะแล้งทำให้คลอโรฟิลล์ของพืชถูกทำลายในพันธุ์ข้าวที่อ่อนแอ (Zu et al., 2017) ค่าค่าดัชนีความเขียวสัมพันธ์ปริมาณคลอโรฟิลล์ (Xu et al., 2000) นอกจากนี้แล้วค่าดัชนีความเขียวใบเกี่ยวข้องกับความหนาแน่นของคลอโรฟิลล์ในพืช (Ruttanaprasert et al., 2012) ซึ่งค่าดัชนีความเขียวใบที่สูงบ่งชี้ถึงประสิทธิภาพของการสังเคราะห์ด้วยแสง ผลของสภาวะแล้ง ในข้าวระยะต้นกล้าจำนวน 11 สายพันธุ์ ได้แก่ MR4, MR9, MR84, MR219, MR220, Dular, Siam, Puteh Perak, BRRI Dhan 56, IRRI 2011-IRLON Plot No: 50 และ IRRI 2011-IRLON Plot No: 64 ได้รับสภาวะแล้งเป็นเวลา 11 วัน พบว่า ข้าวสายพันธุ์ส่วนใหญ่มีปริมาณคลอโรฟิลล์ (วัดโดยใช้เครื่อง SPAD) เพิ่มขึ้นเ มีเพียง 2 สายพันธุ์ คือ Puteh Perak (พันธุ์ทนแล้ง) and Dular (พันธุ์อ่อนแอ) มีปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ไม่แตกต่างกันทางสถิติในกลุ่มที่ได้รับน้ำปกติและกลุ่มที่ได้รับสภาวะขาดน้ำ (Fen et al., 2015) จากผลการศึกษาครั้งนี้ในพันธุ์ มะลิแดง กับ DH103 พบว่าปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงเล็กน้อยซึ่งบ่งชี้ถึงพืชยังมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์ด้วยแสง ซึ่งผลของสภาวะแล้งจะส่งผลให้การตรึงคาร์บอนไดออกไซด์ของเซลล์มีโซฟิลล์ลดลงทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลง จากการศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาของพันธุ์ที่ทนแล้งจะมีกลไกในการปรับตัวเพื่อลดการสูญเสียน้ำ ซึ่งเกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงและองค์ประกอบของรงควัตถุในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง โดย

พบว่า ข้าว (*Oriza sativa* L.) 8 สายพันธุ์ ได้แก่ สังข์หยด (Sangyod), เขาแดง (Khao Dang),กุหลาบแดง (Kulab Dang), TD49, Klum Sakol Nakorn (KS), Klum Khonkaen1 (KK1), Klum Khonkaen2 (KK2) และ ข้าวเหนียวดำ (Black sticky rice) สภาวะขาดน้ำยังส่งผลให้รงควัตถุในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง ซึ่งได้แก่ คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี แคโรทีนอยด์ โดยพบว่ารงควัตถุมีการลดลงอย่างรวดเร็วในพันธุ์สังข์หยด กุหลาบแดง เขาแดง และ TD49 โดยมีการลดลงมากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ (Chutipaijit et al., 2012) Cha-um et al. (2010) รายงานว่า เมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำในข้าว 3 พันธุ์ ได้แก่ หอมจันทร์ ปทุมธานี 1 และ กข 6 ปริมาณรงควัตถุภายในใบและการเจริญเติบโตลดลง นอกจากนี้ยัง ค่าดัชนีความเขียวใบเป็นลักษณะสำคัญที่บ่งชี้ถึงศักยภาพของผลผลิต (Blum, 2005).

Table 4 SPAD index in rice leaves after 15 days under drought stress (mean±SD)

Cultivars	SDAD index		
	Control	Drought	% Reduction
Mali Deang	36.70±0.29^{c}	35.22±1.75^{bc}	4.03
Khiaw Ngoo	34.22±0.83^{bc}	27.45±1.96^{a}	19.78
DH103	31.75±1.05^{abc}	31.55±1.65^{ab}	0.62

Means within each column with different superscripts are significantly different ($p < 0.05$)

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของสภาวะแล้งต่อต่อปริมาณน้ำสัมพัทธ์ ค่าดัชนีความเขียวใบ และการเจริญเติบโตของข้าวจำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ เขี้ยวงู มะลิแดง และ DH103 พบว่า ข้าวพันธุ์ที่ปรับตัวต่อสภาวะแล้งได้ดี คือ มะลิแดง พบว่ามีความสามารถในการรักษาระดับน้ำในเซลล์สูง โดยมีค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ลดลงน้อยกว่าพันธุ์เขี้ยวงู และค่าปริมาณน้ำสัมพัทธ์ใกล้เคียงกับ DH103 ซึ่งเป็นพันธุ์ทนแล้ง สายพันธุ์ข้าวที่อ่อนแอต่อสภาวะแล้งจะมีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ลดลงมากกว่าสายพันธุ์ที่ทนต่อสภาวะแล้ง นอกจากนี้ยังพบว่าค่าดัชนีความเขียวใบที่บ่งชี้ถึงปริมาณคลอโรฟิลล์สูงกว่าพันธุ์เขี้ยวงู อย่างไรก็ตามในอนาคตต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้เข้าใจกลไกการตอบสนองของข้าวด้านอื่น ๆ และการศึกษาทดลองในแปลงทดลองเพื่อเป็นข้อมูลในการคัดเลือกพันธุ์ข้าวที่ทนต่อสภาวะแล้งต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาชีววิทยา ภาควิชาวิทยาศาสตร์และแทคโนโลยี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ดที่สนับสนุนในการทำวิจัย ขอขอบคุณศูนย์สาธิตเศษฐกิจพอเพียง มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ในการทำวิจัยปลูกข้าว

เอกสารอ้างอิง

Anugoolpraser, O. (2016). Effect of Water Deficit Stress on the Growth and Yield Components of Six Aromatic Rice Cultivars Thai. Science and Technology Journal, 24(3), 443-455. https://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj/article/view/52969

Blum, A. (2005). Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential-are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Australian Journal of Agricultural Research*, *56*(11), 1159-1168. https://doi.org/10.1071/AR05069

Bhandari, U., Gajurel, A., Khadka, B., Thapa, I., Chand, I., Bhatta, D., Poudel, A., Pandey, M., Shrestha, S. & Shrestha, J. (2023). Morpho-physiological and biochemical response of rice (*Oryza sativa* L.) to drought stress: A review. *Heliyon*, *9*, 1-10. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13744

Cha-um, S., Nhung, N.T.H. & Kirdmanee, C., (2010). Effect of mannitol- and salt-induced iso-osmotic stress on proline accumulation, photosynthetic abilities and growth characters of rice cultivars (*Oryza sativa* L. spp. i*ndica*). *Pakistan Journal of Botany*, *42*(2), 927-941. https://mail.pakbs.org/pjbot/PDFs/42(2)/PJB42(2)0927.pdf

Chutipaijit, S., Cha-um, S. & Sompornpailin, K. (2012). An evaluation of water deficit tolerance screening in pigmented indica rice genotypes. *Pakistan Journal of Botany*, *44*(1), 65-72. http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/44(1)/09.pdf

Dingkuhn, M., Cruz, R.T., O'Toole, J.C., Turner, N.C. & Doerffling, K. (1991). Responses of seven diverse rice cultivars to water deficits. III. accumulation of abscisic acid and Proline in relation to leaf water potential and osmotic adjustment. *Field Crops Research*, *27*, 103-117. https://doi.org/10.1016/0378-4290(91)90025-Q

Fang, Y. & Xiong, L. (2015). General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. *Cellular and Molecular Life Sciences*, *72*(4), 673-689. doi: 10.1007/s00018-014-1767-0.

Fen, L.L., Ismail, M.R., Zulkarami, B. Rahman, M.S.A. & Robiul, I. (2015). Physiological and molecular characterization of drought responses and screening of drought tolerant rice varieties. *Bioscience Journal*, *31*(3), 709-718. doi: 10.14393/BJ-v31n3a2015-23461.

Gupta, A., Rico-Medina, A. & Caño-Delgado, A. (2020). The physiology of plant responses to drought. *Science*, *368*, 266-269. doi: 10.1126/science.aaz7614.

Hussain, H.A., Hussain S., Khaliq, A., Ashraf, U., Anjum, S.A., Men, S. & Wang L. (2018). Chilling and drought stresses in crop plants: implications, cross talk, and potential management opportunities. *Frontier in Plant Science*, *9*, 1-21. https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00393

Jongdee, B., Puntuwan, K., Kammon, T., Fukai, S. and Jearakongmun, S. (2011). Breeding Drought Tolerance in Rainfed Lowland Rice for Northeast of Thailand. Proceeding of 2nd Rice annual conference year 2011: Rice and national farmers' day. (pp. 10-25). https://agkb.lib.ku.ac.th/rd/search_detail/result/329681

Khan, F., Upreti, P., Singh, R., Shukla, P.K. & Shirke, P.A. (2017). Physiological performance of two contrasting rice varieties under water stress. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, *23*(1), 85–97. DOI: 10.1007/s12298-016-0399-2

Kumar, A., Dixit, S., Ram, T., Yadaw, R.B., Mishra, K.K. & Mandal, N.P. (2014). Breeding high-yielding drought-tolerant rice: genetic variations and conventional and molecular approaches. *Journal of Experimental Botany*, *65*(21), 6265–6278. doi: 10.1093/jxb/eru363.

Larkunthod, P., Theerakulpisut, P., Sanitchon, J. and Siangliw, J.L. (2015). Effects of Water Stress on Leaf Water Status of Chromosome Segment Substitution Lines (CSSL) of KDML 105 Rice. KKU Research Journal (Graduate Studies), 15(3), 46-55. https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=11_145_60_Phattharaporn.pdf&id=3315&keeptrack=8

Mishra, S.S. & Panda D. (2017). Leaf traits and antioxidant defense for drought tolerance during early growth stage in some popular traditional rice landraces from Koraput, India. *Rice Science*, *24*(4), 207-217. https://doi.org/10.1016/j.rsci.2017.04.001

Narenut, K., Sanitchon, J. and Songsri., P. (2011). Selection of Indigenous Upland Rice for Early Drought Tolerance. Khon Kaen Agriculture Journal, 39(2), 67-71. https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=12Kittichai.pdf&id=568&keeptrack=11

Office of Agricultural Economics. Ministry of Agriculture and Cooperatives. (2023). Agricultural economic situation: Rice. Journal of Agricultural Economics, 69(798), 14-26. https://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/jounal/2566/OAE798OKWeb.pdf

Oo, A.N., Ngwe, K. & MYINT, N.0. (2020). Evaluation of drought tolerance for Improved rice lines in terms of yield, chlorophyll content and water use efficiency. *International Journal of Environmental and Rural Development*, *11*, 25-31. https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20210085899

O'Toole, J.C. & Moya, T.B. (1978). Genotypic variation in maintenance of leaf water potential in rice. *Crop Science*, *18*, 873-887. https://doi.org/10.2135/cropsci1978.0011183X001800050050x

Pakdeechanuan, P. (2018). Drought tolerance evaluation of Chiang Phatthalung and Sang Yod Phatthalung rice varieties at the seedling stage. Khon Kaen Agriculture Journal, 46(5), 939-946. https://ag2.kku.ac.th/kaj/PDF.cfm?filename=11_145_60_Phattharaporn.pdf&id=3315&keeptrack=8

Panda, D., Mishra, S.S. & Behera, K.P. (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

Pandey, S., Bhandari, H., & Hardy, B. (2007). *Economic costs of drought and rice farmers' coping mechanisms: a cross-country comparative analysis*. Los Baños (Philippines), International Rice Research Institute**,** 1-203. doi: 10.22004/ag.econ.281814

Pantuwan, G., Fukai, S., Cooper, M., Rajatasereekul, S., O'Toole, J.C. & Basnayake. J. (2000). *Yield responses of rice (Oryza sativa L.) genotypes to water deficit in rainfed lowlands*. Ph.D. Thesis. School of Land and Food Sciences. The University of Queensland. https://espace.library.uq.edu.au/view/UQ:73799

Puekphong, P., Toojinda, T., Siangliw, J.L. & Malumpong, C. (2020). Effect of drought on date to flowering, plant height, tiller number and shoot dry weight of rice under rainfed lowland condition. *Agricultural Science Journal*, *51*(1 Suppl.), 310-314. https://kukr.lib.ku.ac.th/kukr_es/drought/search_detail/result/406570

Ruttanaprasert, R., Jogloy, S., Vorasoot, N., Kesmala, T., Kanwar, R.S., Holbrook, C.C. & Patanothai, A. 2012. Relationship between chlorophyll density and spad chlorophyll meter reading for *Jerusalem artichoke* (*Helianthus tuberosus* L.). *SABRAO journal of breeding and genetics*, *44*(1),149-162. https://dr.lib.iastate.edu/server/api/core/bitstreams/660152d4-7b9f-4e90-b887-b4b2a8fbbf3e/content

Sahaspot, S., Charoensiri, R. and Kongkachuichai, R. (2015).Glycemic Index of Glutinous and Non-Glutinous Landrace Rice Varieties Using "In vitro Rapidly Available Glucose. Burapha Science Journal, 20(2), 1-13. https://ojs.lib.buu.ac.th/index.php/science/article/view/4247

Sarvestani, Z.T., Pirdashti, H., Sanavy, S.A.M.M. & Balouchi, H. (2008). Study of water stress effects in different growth stages on yield and yield components of

different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, *11*(10), 1303-1309. doi: 10.3923/pjbs.2008.1303.1309

Serraj, R., Kumar A., McNally, K. L., Slamet-Loedin, I., Bruskiewich, R., Mauleon, R., Cairns, J. & Hijmans, R.J. (2009). Improvement of drought resistance in rice. *Advances in Agronomy*, *103*, 41-99. https://doi.org/10.1016/S0065-2113(09)03002-8

Wankhade, S.D., Bahaji, A. Mateu-Andre´S. I. & Cornejo, M-J. (2010). Phenotypic indicators of NaCl tolerance levels in rice seedlings: variations in development and leaf anatomy. *Acta Physiol Plant*, *32*, 1161–1169. doi: 10.1007/s11738-010-0511-0

Xiong, D., Chen, J., Yu, T., Gao, W., Ling, X., Li, Y.-R., Peng, S. & Huang, J. (2015). SPAD-based leaf nitrogen estimation is impacted by environmental factors and crop leaf characteristics. *Scicece Report 5*, 13389-13389. doi: 10.1038/srep13389

Xu, W., Rosenow, D. & Nguyen, H. (2000). Stay green trait in grain sorghum: relationship between visual rating and leaf chlorophyll concentration. *Plant Breeding*, *119*, 365–367. https://doi.org/10.1007/s10681-009-0108-0

Xu, Z., Zhou, G. & Shimizu, H. (2010). Plant responses to drought and rewatering. *Plant Signaling & Behavior*, *5*(6), 649-654. doi: 10.4161/psb.5.6.11398

Zu, X., Lu, Y., Wang, Q., Chu, P., Miao, W., Wang, H. & La, H. (2017). A new method for evaluating the drought tolerance of upland rice cultivars. *The Crop Journal*, *5*(1), 488-498. https://doi.org/10.1016/j.cj.2017.05.002