

การตอบสนองของการเจริญเติบโตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง
พันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะดอกบานเต็มที่ที่ฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์
ภายใต้สภาวะขาดน้ำ

Growth and Seed Quality Responses of Soybean (*Glycine max* (L.)
Merr. var. Chiang Mai 60) in Full Bloom Stage Sprayed
with Calcium Chloride under Water Deficit

เสาวลักษณ์ บันเทิงสุข^{1*} และวรลักษณ์ บุญมาชัย²
Saowalak Banthoengsuk^{1*} and Waraluk Boonmachai²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตอบสนองของการเจริญเติบโตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะดอกบานเต็มที่ที่ฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นที่แตกต่างกัน (0 20 40 และ 60 มิลลิโมลาร์) เมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำ เป็นเวลา 7 วัน ภายในโรงเรือนศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ จากการทดลองพบว่าการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ให้แก่ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะดอกบานเต็มที่ก่อนได้รับสภาวะขาดน้ำไม่มีผลต่อความสูง จำนวนข้อ จำนวนกิ่ง จำนวนฝัก น้ำหนักต่อ 100 เมล็ด น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดแข็ง เปอร์เซ็นต์เมล็ดตาย ความเร็วในการงอก ความชื้นภายในเมล็ด ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมันในเมล็ด อย่างไรก็ตามถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 60 มิลลิโมลาร์ ก่อนได้รับสภาวะขาดน้ำ มีผลทำให้ความกว้างเมล็ดและความยาวเมล็ดมากที่สุด ในขณะที่ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ไม่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (0 มิลลิโมลาร์) มีเปอร์เซ็นต์ความงอกของต้นอ่อนผิดปกติเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: ถั่วเหลือง เมล็ดพันธุ์ แคลเซียมคลอไรด์ สภาวะขาดน้ำ

¹ กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร

² ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่ กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร

* Corresponding author e-mail: saowalak.happyentertain@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.65217/wichchajinstru.2023.v42i2.257646>

Received: 22 January 2023, Revised: 22 March 2023, Accepted: 2 May 2023

Abstract

The objective of this study was to study growth and seed quality responses of soybean var. Chiang Mai 60 at full bloom stage sprayed by calcium chloride (CaCl_2) with different concentrations (0, 20, 40 or 60 millimolar (mM)) under water deficit for 7 days in the greenhouse of Chiang Mai Seed Research and Development Center, Nong Han, San Sai, Chiang Mai province. The result showed that spraying CaCl_2 under water deficit had no effect on the plant height, number of nodes per plant, number of branches per plant, number of pods per plant, weight per 100 seeds, total seed weight, seed germination rate, hard seed percentage, dead seed percentage, germination index, seed moisture content, protein content, and lipid content. However, the soybean sprayed with 60 mM CaCl_2 showed the greatest seed width and length. In addition, the abnormal germination rate was increased when it was not supplemented with CaCl_2 (0 mM).

Keywords: Soybean, Seed, Calcium chloride, Water deficit

บทนำ

ถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merr.) เป็นพืชที่มีปริมาณการปลูกทั่วโลกอยู่ใน 10 อันดับแรกของโลก (He *et al.*, 2017) นอกจากนี้ถั่วเหลืองยังเป็นแหล่งโปรตีนราคาถูก (Mutava *et al.*, 2015) และเป็นพืชน้ำมันที่มีพื้นที่เก็บเกี่ยวผลผลิตทั่วโลกมากที่สุด (Cerezini *et al.*, 2016) คิดเป็น 71 และ 29 เปอร์เซ็นต์ ของโปรตีนและน้ำมันที่ได้จากพืช (Wijewardana *et al.*, 2019) ถั่วเหลืองจัดอยู่ในกลุ่มพืชที่ผลิตเพื่อทดแทนการนำเข้า แม้ว่าหลายฝ่ายทั้งภาครัฐและเอกชนได้ร่วมมือกันในการส่งเสริมผลิตถั่วเหลืองมาโดยตลอด แต่ผลผลิตถั่วเหลืองยังไม่เพียงพอกับความต้องการใช้ที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วโดยเฉพาะความต้องการใช้ถั่วเหลืองคุณภาพดี เพื่อการบริโภคและอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ การปลูกถั่วเหลืองถือว่ามีความจำเป็นที่จะต้องให้เกษตรกรผลิตอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากเป็นพืชที่มีความมั่นคงทางด้านอาหารคุณภาพชนิดหนึ่ง และการเพิ่มการผลิตถั่วเหลืองในฤดูแล้งยังเป็นวิธีที่เกษตรกรสามารถเพิ่มผลผลิตให้กับถั่วเหลืองได้ และการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตถั่วเหลืองเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากการปลูกถั่วเหลืองในฤดูแล้งมักประสบภัยธรรมชาติฝนแล้งหรือน้ำท่วมอยู่เสมอ การเพิ่มประสิทธิภาพการเพิ่มผลผลิตถั่วเหลืองฤดูแล้ง สามารถทำได้โดยการปรับปรุงให้พืชมีความทนต่อสภาพอากาศร้อนและช่วงขาดน้ำได้นานขึ้น เพื่อให้ทนต่อระยะฝนทิ้งช่วง และยังสามารถลดการสูญเสียผลผลิตที่เกิดจากไม่ได้รับน้ำที่เพียงพอได้ (สมชาย, 2558) โดยถั่วเหลืองเป็นพืชที่ต้องอาศัยน้ำฝนในการเจริญเติบโตตลอดอายุการปลูก (Manavalan *et al.*, 2009) อย่างไรก็ตามจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศก่อให้เกิดปัญหาความเครียดจากสภาวะแวดล้อมในการปลูกพืชส่งผลกระทบต่อ การเจริญเติบโต การพัฒนา และผลผลิตของพืช (El-Gamal *et al.*, 2021) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเปลี่ยนแปลงของระยะเวลาการเกิดฝนและปริมาณน้ำฝนในแต่ละปี (Li *et al.*, 2013) ซึ่งส่งผลทำให้เกิดสภาวะขาดน้ำที่มีผลต่อความสามารถในการผลิตพืชอาหารเพื่อตอบสนองความต้องการ

ของประชากรโลกที่เพิ่มขึ้น (Vurukonda *et al.*, 2016) ถั่วเหลืองจัดเป็นพืชที่ตอบสนองต่อสภาวะขาดน้ำอย่างรวดเร็วที่ส่งผลต่อการเจริญเติบโตตลอดชีพจักร (Liu *et al.*, 2004) ซึ่งสภาวะขาดน้ำจัดเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลทำให้ผลผลิตถั่วเหลืองทั่วโลกลดลง (Dong *et al.*, 2019) โดยปริมาณผลผลิตถั่วเหลืองทั่วโลกมีปริมาณผลผลิตลดลงประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ เมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำ (Manavalan *et al.*, 2009; Gercek *et al.*, 2009; Bajaj *et al.*, 2008)

สภาวะขาดน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเจริญเติบโตและประสิทธิภาพในการผลิตของพืชเศรษฐกิจทั่วโลก โดยสภาวะขาดน้ำส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวนมากตั้งแต่ระดับโมเลกุล ชีวเคมีและสรีรวิทยาของพืช (Bruce *et al.*, 2002; Ibrahim, 2014; Ibrahim *et al.*, 2015) ในสภาวะขาดน้ำชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมดุลของน้ำภายในพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง กิจกรรมของเอนไซม์ต้านอนุมูลอิสระ และเมแทบอลิซึมของคาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน โปรตีน และปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Ibrahim, 2014; Silva *et al.*, 2009) รวมถึงการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสัณฐานวิทยา ได้แก่ ดัชนีพื้นที่ใบที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับพลังงานแสง (Dong *et al.*, 2015) ในขณะที่ Hao *et al.* (2013) รายงานว่าสภาวะขาดน้ำส่งผลทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ภายในใบถั่วเหลืองลดลงเมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำ รวมทั้งมีผลทำให้ปริมาณและคุณภาพผลผลิตเมล็ดถั่วเหลืองลดลง (Wijewardana *et al.*, 2019; Wijewardana *et al.*, 2018; Vurukonda *et al.*, 2016) ในขณะที่ลักษณะทางคุณภาพของเมล็ดถั่วเหลือง เช่น การพัฒนาของเมล็ด เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด และสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์ลดลงเมื่อได้รับสภาวะขาดน้ำ (Bellaloui *et al.*, 2012; Farooq *et al.*, 2009) อย่างไรก็ตามเพื่อตอบสนองความต้องการอาหารของประชากรโลกที่เพิ่มขึ้นจึงมีความจำเป็นต้องศึกษาแนวทางการเพิ่มผลผลิตถั่วเหลืองภายใต้สภาวะขาดน้ำ (Rosa *et al.*, 2021)

กลไกสำคัญในการลดผลกระทบจากสภาวะขาดน้ำที่สามารถพบได้ภายในพืช ได้แก่ การสะสมสารประกอบที่มีคุณสมบัติในการควบคุมค่าศักย์ของน้ำภายในพืช (osmolyte) ซึ่งสามารถลดการสูญเสียน้ำภายในเซลล์และรักษาสมดุลของน้ำภายในพืชรวมทั้งยังช่วยป้องกันและลดความเสียหายที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นภายในเซลล์พืช ที่ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ส่งผลให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชลดลง (Munne-Bosch and Alegre, 2000) นอกจากนี้การได้รับธาตุอาหารพืชบางชนิดผ่านการฉีดพ่นทางใบสามารถช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงที่ส่งผลต่อการเจริญและพัฒนาของพืช โดย อนันต์ และคณะ (2023) รายงานว่าการฉีดพ่นสังกะสีทางใบในอัตรา 7.5 กรัมต่อลิตร มีผลทำให้น้ำหนักผลผลิตและปริมาณสังกะสีสะสมในข้าวอ่อนเพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวอ่อนที่ไม่ได้รับการฉีดพ่นสังกะสีทางใบ ในขณะที่เคลเซียมจัดเป็นธาตุอาหารพืชที่มีบทบาทเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางสรีรวิทยาของพืช เช่น การรักษาเสถียรภาพของเยื่อหุ้มเซลล์และผนังเซลล์ การควบคุมการทำงานของเอนไซม์ และการเปลี่ยนแปลงของฮอร์โมนภายในพืช รวมทั้งยังมีบทบาทในการเป็นตัวรับส่งสัญญาณภายในพืชที่ตอบสนองต่อสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (Batistic and Kudla, 2012) ซึ่งมีรายงานวิจัยจำนวนมากที่แสดงให้เห็นว่าพืชหลายชนิดที่ได้รับเคลเซียมในระดับที่เหมาะสมภายใต้สภาวะขาดน้ำส่งผลในด้านสรีรวิทยาและชีวเคมี คือ การลดผลกระทบจากสภาวะขาดน้ำ เช่น ผักกาดก้านขาว (Xiang *et al.*, 2008) ชา (Upadhyaya *et al.*, 2011) หญ้าญี่ปุ่น (Xu *et al.*, 2013) และข้าวโพด (Khan *et al.*, 2015) เป็นต้น ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาผลของ

สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) ที่ฉีดพ่นทางใบต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพของเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ได้รับสภาวะขาดน้ำในระยะดอกบานเต็มที่

วิธีดำเนินการวิจัย

ศึกษาการตอบสนองของการเจริญเติบโตและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองซึ่งเป็นพันธุ์ของกรมวิชาการเกษตรที่ส่งเสริมให้เกษตรกรปลูก คือ พันธุ์เชียงใหม่ 60 ในระยะออกดอกที่ฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ภายใต้สภาวะขาดน้ำ ในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2564 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2565 ณ โรงเรียนศูนย์วิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชเชียงใหม่ ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ และห้องปฏิบัติการทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร แขวงลาดยาว เขตจตุจักร จังหวัดกรุงเทพฯ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการทดลองดังนี้

1. การปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ภายในโรงเรือน

ปลูกเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ด้วยปุ๋ยชีวภาพไรโซเบียม อัตรา 200 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ 15 กิโลกรัม ปลูกถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในกระถางขนาด 10 นิ้ว จำนวน 2-3 เมล็ดต่อกระถาง ภายในโรงเรือน โดยรองกันหลุมด้วยปุ๋ยตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร หลังจากเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 งอก จึงถอนแยกให้เหลือ 2 ต้นต่อกระถาง ต่อมามีฉีดพ่นสารไตรอะโซฟอส (triazophos) 40 เปอร์เซ็นต์ อีซี (emulsifiable concentrate: EC) อัตรา 50 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร เพื่อป้องกันกำจัดแมลงวันหนอนเจาะลำต้นเมื่อถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีอายุ 7 วัน และใส่ปุ๋ยเคมีสูตร 12-24-12 เมื่อถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มีอายุ 15-20 วันหลังงอก ตามกรรมวิธีคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร (2563)

2. การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์

ทำการตรวจสอบระยะการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 โดยเมื่อต้นถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เข้าสู่ระยะดอกบานเต็มที่ (R2) หรือประมาณ 45-50 วัน หลังจากเพาะเมล็ด จึงฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0 20 40 และ 60 มิลลิโมลาร์ จำนวน 1 ครั้ง ด้วยถังพ่นสารเคมีขนาด 3 ลิตร โดยพ่นที่ตาดอกและต้นถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ในอัตรา 600 มิลลิลิตรต่อกระถาง และงดให้น้ำถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 หลังการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ เป็นเวลา 7 วัน เมื่อครบกำหนดจึงกลับมาให้น้ำตามปกติทุก 7 วัน จากนั้นเก็บเกี่ยวผลผลิตเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 เมื่อเมล็ดอยู่ในระยะสุกแก่ ประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ หรืออายุ 90-120 วัน เก็บเกี่ยวผลผลิตทั้งหมดในคราวเดียว และลดความชื้นของเมล็ดให้มีค่าประมาณ 10-12 เปอร์เซ็นต์ ด้วยการตากแดด โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (randomized complete block design: RCBD) ประกอบด้วย 4 ทรีทเมนต์ ทรีทเมนต์ละ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 5 กระถาง ได้แก่ การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 0 20 40 และ 60 มิลลิโมลาร์ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3. การบันทึกข้อมูลหลังจากการเก็บเกี่ยวผลผลิต

3.1 การเจริญเติบโต ประกอบด้วย ความสูงต้น โดยวัดจากส่วนเหนือรากจนถึงยอด นับจำนวนข้อต่อต้น นับจำนวนกิ่งแขนงต่อต้น นับจำนวนฝักต่อต้น ความกว้างเมล็ด ความยาวเมล็ด โดยวัดด้วยเวอร์เนียรคาลิเปอร์ นำมาหาค่าเฉลี่ย หน่วยเป็นมิลลิเมตร ชั่งน้ำหนัก 100 เมล็ด หน่วยเป็นกรัม และคำนวณค่าเฉลี่ยน้ำหนัก 100 เมล็ด และชั่งน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด ตามวิธีการของ The International Seed Testing Association (ISTA) (1999)

3.2 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ ประกอบด้วย ความงอก (เปอร์เซ็นต์) ต้นกล้าผิดปกติ (เปอร์เซ็นต์) เมล็ดแข็ง (เปอร์เซ็นต์) เมล็ดตาย (เปอร์เซ็นต์) และความเร็วในการงอก (วัน) ตามวิธีของจักรพงษ์ และคณะ (2565) โดยนำเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มาทดสอบด้วยวิธีเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษ (between paper: BP) ตามวิธีของ The International Seed Testing Association (ISTA) (1999) จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด และประเมินผลความงอกของเมล็ดตามวิธีของ The International Seed Testing Association (ISTA) (1999) ในขณะที่ปริมาณโปรตีน (เปอร์เซ็นต์) และปริมาณไขมัน (เปอร์เซ็นต์) วิเคราะห์ตามวิธีการของ Cuniff (1995) และความชื้นภายในเมล็ด (เปอร์เซ็นต์) โดยการนำเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 จำนวน 10 กรัม ไปอบที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 17 ± 1 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาปิดฝาเก็บไว้ในโถดูดความชื้นจนเย็น แล้วนำเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 มาชั่งน้ำหนัก และนำไปคำนวณหาปริมาณความชื้นภายในเมล็ดตามวิธีของ The International Seed Testing Association (ISTA) (1999)

ผลการวิจัย

จากการศึกษา พบว่าการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ได้แก่ ความสูงต้น จำนวนข้อต่อต้น จำนวนกิ่งต่อต้น และจำนวนฝักต่อต้นของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันในระยะดอกบานเต็มที่ก่อนได้รับสภาวะขาดน้ำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 0-60 มิลลิโมลาร์ มีความสูงต้นอยู่ในช่วงระหว่าง 59.31 ± 1.08 - 62.38 ± 2.69 เซนติเมตร จำนวนข้ออยู่ในช่วงระหว่าง 12.69 ± 0.33 - 13.81 ± 0.71 ข้อต่อต้น จำนวนกิ่งอยู่ในช่วงระหว่าง 2.81 ± 0.62 - 3.50 ± 0.35 กิ่งต่อต้น และมีจำนวนฝักอยู่ในช่วงระหว่าง 62.63 ± 6.86 - 81.31 ± 3.04 ฝักต่อต้น ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสูงต้น จำนวนข้อ จำนวนกิ่ง และจำนวนฝักของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันในระยะดอกบานเต็มที่ ก่อนได้รับสภาวะขาดน้ำเป็นเวลา 7 วัน

สารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ (มิลลิโมลาร์)	ความสูงต้น (เซนติเมตร)	จำนวนข้อ (ข้อต่อต้น)	จำนวนกิ่ง (กิ่งต่อต้น)	จำนวนฝัก (ฝักต่อต้น)
0	59.81±2.38	13.38±0.56	3.19±0.30	75.19±9.79
20	59.31±1.08	12.69±0.33	2.88±0.30	81.31±3.04
40	59.75±2.33	13.38±0.30	3.50±0.35	64.44±11.51
60	62.38±2.69	13.81±0.71	2.81±0.62	62.63±6.86
F-test	ns	ns	ns	ns
CV (%)	7.32	7.59	26.88	23.80

หมายเหตุ: - ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ส่วนของคุณภาพด้านขนาดเมล็ด ได้แก่ ความกว้างและความยาวของเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันในระยะดอกบานเต็มที่ ก่อนได้รับสภาวะขาดน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของน้ำหนักต่อ 100 เมล็ด และน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด (ตารางที่ 2) โดยถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 60 มิลลิโมลาร์ มีความกว้างและความยาวของเมล็ดมากที่สุดเท่ากับ 6.68 ± 0.09 มิลลิเมตร และ 7.99 ± 0.13 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความกว้างเมล็ด ความยาวเมล็ด น้ำหนักต่อ 100 เมล็ด และน้ำหนักเมล็ดทั้งหมดของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันในระยะดอกบานเต็มที่ ก่อนได้รับสภาวะขาดน้ำเป็นเวลา 7 วัน

สารละลาย แคลเซียม คลอไรด์ (มิลลิโมลาร์)	ความกว้างเมล็ด (มิลลิเมตร)	ความยาวเมล็ด (มิลลิเมตร)	น้ำหนักต่อ 100 เมล็ด (กรัม)	น้ำหนัก เมล็ดทั้งหมด (กรัมต่อต้น)
0	6.10 ± 0.17^b	7.29 ± 0.15^c	17.54 ± 1.28	146.03 ± 1.28
20	6.14 ± 0.14^b	7.33 ± 0.03^{bc}	17.84 ± 1.34	159.15 ± 1.34
40	6.48 ± 0.16^{ab}	7.79 ± 0.23^{ab}	17.85 ± 1.48	109.08 ± 1.48
60	6.68 ± 0.09^a	7.99 ± 0.13^a	18.23 ± 0.48	97.93 ± 0.48
F-test	*	*	ns	ns
CV (%)	4.72	4.16	13.57	64.24

หมายเหตุ: - ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

- * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
- ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์ด้วยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ส่วนคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์ต้นกล้าผิดปกติของเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันในระยะดอกบานเต็มที่ก่อนได้รับสภาวะขาดน้ำมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของเปอร์เซ็นต์ความงอก เปอร์เซ็นต์เมล็ดแข็ง เปอร์เซ็นต์เมล็ดตาย โดยถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0 - 60 มิลลิโมลาร์ มีความงอกอยู่ในช่วงระหว่าง 84.69 ± 0.87 - 89.75 ± 2.49 เปอร์เซ็นต์ พบเมล็ดแข็งอยู่ในช่วงระหว่าง 5.50 ± 2.48 - 11.00 ± 1.86 เปอร์เซ็นต์ และพบเมล็ดตายอยู่ในช่วงระหว่าง 3.63 ± 1.35 - 4.38 ± 1.32 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (0 มิลลิโมลาร์) พบการเกิดต้นกล้าผิดปกติมากที่สุด เท่ากับ 1.13 ± 0.22 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความงอก ต้นกล้าผิดปกติ เมล็ดแข็ง และเมล็ดตายของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันในระยะดอกบานเต็มที่ก่อนได้รับสภาวะขาดน้ำเป็นเวลา 7 วัน

สารละลาย แคลเซียมคลอไรด์ (มิลลิโมลาร์)	ความงอก (เปอร์เซ็นต์)	ต้นกล้าผิดปกติ (เปอร์เซ็นต์)	เมล็ดแข็ง (เปอร์เซ็นต์)	เมล็ดตาย (เปอร์เซ็นต์)
0	89.75 ± 2.49	1.13 ± 0.22^a	5.50 ± 2.48	3.63 ± 1.35
20	88.19 ± 0.28	0.31 ± 0.24^b	7.13 ± 0.85	4.38 ± 1.03
40	84.69 ± 0.87	0.00 ± 0.00^b	11.00 ± 1.86	4.31 ± 1.05
60	88.56 ± 2.67	0.00 ± 0.00^b	7.06 ± 2.06	4.38 ± 1.32
F-test	ns	*	ns	ns
CV (%)	4.28	87.84	49.78	57.50

หมายเหตุ: - ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

- * มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05
- ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่เหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์ด้วยวิธี DMRT ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ในขณะที่ความเร็วในการงอก ความชื้นภายในเมล็ด ปริมาณโปรตีนในเมล็ด และปริมาณไขมันในเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันในระยะดอกบานเต็มที่ก่อนได้รับสภาวะขาดน้ำไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 0-60 มิลลิโมลาร์ มีความเร็วในการงอกอยู่ในช่วง 20.70 ± 0.37 - 22.32 ± 0.87 วัน มีความชื้นภายในเมล็ดอยู่ในช่วง 9.18 ± 0.39 - 10.09 ± 0.62 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 36.76 ± 0.48 - 38.09 ± 0.37 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณไขมันภายในเมล็ดอยู่ในช่วง 21.91 ± 0.31 - 22.23 ± 0.32 เปอร์เซ็นต์ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความเร็วในการงอก ความชื้นในเมล็ด ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมัน ของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ได้รับการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นแตกต่างกันในระยะดอกบานเต็มที่ก่อนได้รับสภาวะขาดน้ำเป็นเวลา 7 วัน

สารละลาย แคลเซียม คลอไรด์ (มิลลิโมลาร์)	ความเร็ว ในการงอก (วัน)	ความชื้นในเมล็ด (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณโปรตีน (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณ ไขมัน (เปอร์เซ็นต์)
0	21.95 ± 0.65	10.09 ± 0.62	36.76 ± 0.48	22.23 ± 0.32
20	21.86 ± 0.18	9.93 ± 0.15	37.58 ± 0.19	21.91 ± 0.31
40	20.70 ± 0.37	9.18 ± 0.39	38.09 ± 0.37	22.10 ± 0.24
60	22.32 ± 0.87	9.89 ± 0.57	37.66 ± 0.26	22.23 ± 0.21
F-test	ns	ns	ns	ns
CV (%)	5.35	9.66	1.85	2.48

หมายเหตุ: - ns ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

การอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ช่วยลดผลกระทบของสภาวะขาดน้ำต่อคุณภาพของเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ประกอบด้วย ความกว้างเมล็ด ความยาวเมล็ด และการเกิดต้นกล้าที่ผิดปกติ แต่ไม่สามารถลดผลกระทบทางด้านการเจริญเติบโตของถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 (ตารางที่ 1 - ตารางที่ 4) เนื่องจากระยะการเจริญเติบโตที่ทำการศึกษาอยู่ในระยะดอกบานเต็มที่ ซึ่งเป็นระยะที่มีการเปลี่ยนแปลงจากระยะการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นมาสู่ระยะการสืบพันธุ์ โดยระยะการเจริญเติบโตทางด้านลำต้นเป็นระยะที่มีการตอบสนองอย่างรวดเร็วต่อสภาวะขาดน้ำ จึงส่งผลทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชหลายชนิดลดลง เช่น ข้าว (คงเอก, 2558) ถั่วเหลือง (อาทิตยา และจักรี, 2553) ฝ้าย (Parida *et al.*, 2007) ข้าวสาลี (Loggini *et al.*, 1999) สับปะรด (Sapeta *et al.*, 2013) เนื่องจากสภาวะขาดน้ำอาจส่งผลกระทบต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาและชีวเคมีภายในพืช รวมทั้งการเกิดอนุมูลอิสระภายในพืช

เช่น ซูเปอร์ออกไซด์ (O_2^-) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ไฮดรอกซิล ($OH^\cdot$) ที่มีผลทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง และส่งผลทำให้การเจริญและพัฒนาของพืชโดยรวมลดลงด้วย (Sekmen *et al.*, 2014) ดังนั้นในการทดลองนี้จึงแสดงให้เห็นว่าการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ไม่สามารถลดผลกระทบของสภาวะขาดน้ำต่อการเจริญเติบโตทางด้านลำต้น ประกอบด้วย ความสูง จำนวนข้อ จำนวนกิ่ง และจำนวนฝัก

ในทางตรงกันข้ามการฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ช่วยลดผลกระทบของสภาวะขาดน้ำต่อขนาดของเมล็ด ประกอบด้วย ความกว้างเมล็ด ความยาวเมล็ด และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ การเกิดต้นกล้าที่ผิดปกติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแคลเซียมเป็นธาตุอาหารรองที่มีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเจริญเติบโตของพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งการควบคุมโครงสร้างและการทำหน้าที่ของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้แคลเซียมสามารถช่วยลดผลกระทบที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชันผ่านการควบคุมความสัมพันธ์ของน้ำภายในพืชและเมแทบอลิซึมของสารต่อต้านอนุมูลอิสระ (Ahmad *et al.*, 2015) รวมทั้งแคลเซียมยังมีส่วนสำคัญในการควบคุมการทำงานต่าง ๆ ภายในเซลล์ในฐานะโมเลกุลส่งสัญญาณที่สอง (secondary messenger) (Cousson, 2009) ซึ่งช่วยในการปรับเปลี่ยนการทำงานภายในกระบวนการทางสรีรวิทยา เช่น การดูดซึม ธาตุอาหาร และการเปลี่ยนแปลงสถานะของเซลล์เพื่อช่วยให้พืชสามารถต่อต้านผลกระทบด้านลบของความเครียดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Colorado *et al.*, 1994) รวมทั้งยังช่วยให้การขนส่งโพแทสเซียมไอออนและสมดุลระหว่างโพแทสเซียมไอออนต่อโซเดียมไอออน (K^+/Na^+) และแคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) ยังช่วยเพิ่มระดับการสะสมสารออสโมไลต์ (osmolyte) เช่น ไกลซีนเบตาอิน (glycinebetaine: GB) และโพรลีน (proline) ภายในพืชที่ได้รับสภาวะความเครียด (Gobinathan *et al.*, 2011) ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลที่ทำให้แคลเซียมช่วยลดผลกระทบจากการขาดน้ำต่อขนาดของเมล็ดและอัตราการงอกที่ผิดปกติได้ โดยมีงานวิจัยที่แสดงให้เห็นว่าแคลเซียมคลอไรด์สามารถช่วยลดผลกระทบของสภาวะขาดน้ำต่อการเจริญเติบโตและคุณภาพผลผลิตของพืชหลายชนิด ได้แก่ ข้าวบาร์เลย์ (Shah *et al.*, 2022) ข้าวสาลี (Khushboo *et al.*, 2018) ทานตะวัน (Ibrahim *et al.*, 2016) ข้าวโพด (Mubarik *et al.*, 2018; Somtrakoon and Chouychai, 2022) หน่อไม้ฝรั่ง (Xu *et al.*, 2013) และถั่วลูกไก่ (Hussain *et al.*, 2022)

สรุปผลการวิจัย

การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนได้รับสภาวะขาดน้ำไม่มีผลต่อความสูง จำนวนข้อ จำนวนกิ่ง จำนวนฝัก น้ำหนักต่อ 100 เมล็ด น้ำหนักเมล็ดทั้งหมด ความงอกของเมล็ด เปอร์เซ็นต์เมล็ดแข็ง เปอร์เซ็นต์เมล็ดตาย ความเร็วในการงอก ความชื้นภายในเมล็ด ปริมาณโปรตีน และปริมาณไขมันในเมล็ด ในขณะที่การฉีดพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 60 มิลลิโมลาร์ ก่อนได้รับสภาวะขาดน้ำ มีผลทำให้ความกว้างและความยาวเมล็ดเพิ่มขึ้น และถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ไม่ได้รับสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ก่อนได้รับสภาวะขาดน้ำมีการเกิดต้นกล้าที่ผิดปกติเพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้สามารถเป็นแนวทางในการพัฒนาวิธีการปลูกถั่วเหลืองภายใต้สภาวะขาดน้ำได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนประเภทงานพื้นฐาน (fundamental fund) จากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ปีงบประมาณ พ.ศ. 2565

เอกสารอ้างอิง

- กรมวิชาการเกษตร. (2563). *เทคโนโลยีการผลิตถั่วเหลือง*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยพืชไร่และพืชทดแทนพลังงาน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- คงเอก ศิริงาม. (2558). ผลของสภาวะขาดน้ำต่อการรื้อไหลของสารอิเล็กโทรไลต์ ปริมาณรงควัตถุ ปริมาณโปรตีนและการเจริญเติบโตของข้าว. *Thai Journal of Science and Technology*, 4(2), 133-146.
- จักรพงษ์ กางโสภา เพชรรัตน์ จีเพชร และสุริมาศ จันทะอินทร์. (2565). ความงอก ความแข็งแรง และการเจริญเติบโตของต้นถั่วเหลือง หลังการเคลือบและพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ *Bacillus subtilis*. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย*, 14(1), 266-281.
- สมชาย ฝะอบเหล็ก. (2558). การวิจัยและพัฒนาถั่วเหลือง. *รายงานวิจัย*. กรมวิชาการเกษตร.
- อนันต์ พิริยะภัทรกิจ พัทรี เดชเลย์ พรกมล รูปเลิศ และบุญญพัฒน์ พลพิมพ์. (2023). ผลของปุ๋ยสังกะสีที่ให้ทางใบต่อผลผลิตและความเข้มข้นของสังกะสีของข้าว. *วารสารวิชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช*, 42(1), 14-23, doi: <https://doi.org/10.65217/wichchajinstru.2023.v42i1.254742>.
- อาทิตยา ยอดใจ และจักรี เส้นทอง. (2553). ผลของการขาดน้ำในระยะการเจริญพันธุ์ต่อการเติบโตและผลผลิตของถั่วเหลือง. *วารสารเกษตร*, 26(3), 251-260.
- Ahmad, P., Sarwat, M., Bhat, N.A., Wani, M., Kazi, A.G. and Tran, L.S. (2015). Alleviation of cadmium toxicity in *Brassica juncea* L. by calcium application involves various physiological and biochemical strategies. *PLOS ONE*. 10(1), 114-571, doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0114571>.
- Bajaj, S., Chen, P., Longer, D.E., Shi, A., Hou, A., Ishibashi, T. and Brye, K.R. (2008). Irrigation and planting date effects on seed yield and agronomic traits of early-maturing soybean. *Journal of Crop Improvement*, 22(1), 47-65, doi: <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.366.13>.
- Batistic, O. and Kudla, J. (2012). Analysis of calcium signaling pathways in plants. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, 1820(8), 1283-1293, doi: <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2011.10.012>.

- Bellaloui, N., Mengistu, A., Fisher, D.K. and Abel, C.A. (2012). Soybean seed composition constituents as affected by drought and *Phomopsis phomopsis* susceptible and resistant genotypes. *Journal of Crop Improvement*, 26(2), 428-453, doi: <https://doi.org/10.1080/15427528.2011.651774>.
- Bruce, W.B., Edmeades, G.O. and Barker, T.C. (2002). Molecular and physiological approaches to maize improvement for drought tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 53(366), 13-25, doi: <https://doi.org/10.1093/jexbot/53.366.13>.
- Cerezini, P., Kuwano, B.H., dos Santos, M.B., Terassi, F., Hungria, M. and Nogueira, M.A. (2016). Strategies to promote early nodulation in soybean under drought. *Field Crops Research*, 196, 160-167, doi: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.06.017>.
- Colorado, P., Rodriguez, A., Nicolas, G. and Rodriguez, D. (1994). Absciscic acid and stress regulate gene expression during germination of chickpea seeds, possible role of calcium. *Physiologia Plantarum*, 91(3), 461-467, doi: <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1994.tb02975.x>.
- Cousson, A. (2009). Involvement of phospholipase C-independent calcium-mediated absciscic acid signaling during *Arabidopsis* response to drought. *Biologia Plantarum*, 53, 53-62, doi: <https://doi.org/10.1007/s10535-009-0008-0>.
- Cunniff, P. (1995). *Official methods of analysis of the association of official analytical chemists*. (16th ed). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Dong, J., Xiao, X., Wagle, P., Zhang, G., Zhou, Y., Jin, C., Torn, M.S., Meyers, T.P., Suyker, A.E., Wang, J., Yan, H., Biradar, Ch. and Moore, Moore, B. (2015). Comparison of four EVI-based models for estimating gross primary production of maize and soybean croplands and tallgrass prairie under severe drought. *Remote Sensing of Environment*, 162, 154-168, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.02.022>.
- Dong, S., Wang, W., Jiang, Y., Ma, Z., Yan, C., Liu, L. and Cui, G. (2019). Antioxidant and proteomic analysis of soybean response to drought during soybean flowering. *Ekoloji*, 28, 2041-2052.
- El-Gamal, S.M.A., El-Din, W.M.S., Farouk, S. and Moktar, N.A.Y.O. (2021). Integrated effects of biochar and potassium silicate on borage plant under different irrigation regimes in sandy soil. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants*, 13(1), 60-76.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S.M.A. (2009). Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, 29, 185-212, doi: <https://doi.org/10.1051/agro:2008021>.

- Gercek, S., Boydak, E., Okant, M. and Dikilitas, M. (2009). Water pillow irrigation compared to furrow irrigation for soybean production in a semi-arid area. *Agricultural Water Management*, 96(1), 87-92, doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2008.06.006>.
- Gobinathan, P., Affaq, M., Murali, P.V., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. (2011). Interactive effects of sodium chloride and calcium chloride on biochemical constituents and proline metabolism of *Pennisetum glaucum* (L.) R. *British Journal of Pharmaceutical Research*, 8(4), 2842-2845.
- Hao, L., Wang, Y., Zhang, J., Xie, Y., Zhang, M., Duan, L. and Li, Z. (2013). Coronatine enhances drought tolerance via improving antioxidative capacity to maintaining higher photosynthetic performance in soybean. *Plant Science*, 210, doi: <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2013.05.006>.
- He, J., Du, Y.L., Wang, T., Turner, N.C., Yang, R.P., Jin, Y., Xi, Y., Zhang, C., Cui, T., Fang, X.W. and Li, F.M. (2017). Conserved water use improves the yield performance of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under drought. *Agricultural Water Management*, 179, 236-245, doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.07.008>.
- Hussain, N., Yasmeen, A., Yousaf, M.M., Malik, W., Naz, S., Qadir, I., Saddiq, B., Shaheen, A. and Iqbal, R. (2022). Exogenously applied nutrients can improve the chickpea productivity under water stress conditions by modulating the antioxidant enzyme system. *Brazilian Journal of Biology*, 82, doi: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.236251>.
- Ibrahim, M.F.M. (2014). Induced drought resistance in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by exogenous application with active yeast suspension. *Middle East journal of applied sciences*, 4(4), 806-815.
- Ibrahim, M.F.M., Bondok, A.M., Al-Senasy, N.K. and Rania, A.A.Y. (2015). Stimulation some of defense mechanisms in tomato plants under water deficit and tobacco mosaic virus (TMV). *World Journal of Agricultural Research*, 11(5), 289-302.
- Ibrahim, M.F.M., Faisal, A. and Shehata, S.A. (2016). Calcium chloride alleviates water stress in sunflower plants through modifying some physio-biochemical parameters. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*, 16(4), 677-693, doi: <https://doi.org/10.5829/idosi.aejaes.2016.16.4.12907>.
- Khan, M.B., Hussain, M., Raza, A., Farooq, S. and Jabran, K. (2015). Seed priming with CaCl_2 and ridge planting for improved drought resistance in maize. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39(2), 193-203, doi: <https://doi.org/10.3906/tar-1405-39>.

- Khushboo, Y., Bhardwaj, K., Singh, P., Raina, M., Sharma, V. and Kumar, D. (2018). Exogenous application of calcium chloride in wheat genotypes alleviates negative effect of drought stress by modulating antioxidant machinery and enhanced osmolyte accumulation. *In Vitro Cellular & Developmental Biology*, 54(3), doi: <https://doi.org/10.1007/s11627-018-9912-3>.
- Li, D., Liu, H., Qiao, Y., Wang, Y., Cai, Z., Dong, B., Shi, Ch., Liu, Y., Li, X. and Liu, M. (2013). Effects of elevated CO₂ on the growth, seed yield, and water use efficiency of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) under drought stress. *Agricultural Water Management*, 129, 105-112, doi: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2013.07.014>.
- The International Seed Testing Association (ISTA). (1999). International rule for seed testing. *Supplement to Seed Science and Technology*, 27, 45-51.
- Liu, F., Jensen. Ch.R. and Andersen, M.N. (2004). Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: Its implication in altering pod set. *Field Crops Research*, 86(1), 1-13, doi: [https://doi.org/10.1016/S0378-4290\(03\)00165-5](https://doi.org/10.1016/S0378-4290(03)00165-5).
- Loggini, B., Scartazza, A., Brugnoli, E. and Navari-Izzo, F. (1999). Antioxidative defense system, pigment composition, and photosynthetic efficiency in two wheat cultivars subjected to drought. *Plant Physiology*, 119(3), 1091-1100, doi: <https://doi.org/10.1104/pp.119.3.1091>.
- Manavalan, L.P., Guttikonda, S.K., Tran, L.S.P. and Nguyen, H.T. (2009). Physiological and molecular approaches to improve drought resistance in soybean. *Plant and Cell Physiology*, 50(7), 1260-1276, doi: <https://doi.org/10.1093/pcp/pcp082>.
- Mubarik, N., Iqbal, A., Munir I. and Arif, M. (2018). Alleviation of adverse effects of water stress on *Zea mays* (Cv. Azam) by exogenous application of CaCl₂. *Sarhad Journal of Agriculture*, 34(2), 327-333, doi: <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2018/34.2.327.333>.
- Munne-Bosch, S. and Alegre, L. (2000). Changes in carotenoids, tocopherols and diterpenes during drought and recovery, and the biological significance of chlorophyll loss in *Rosmarinus officinalis* plants. *Planta*, 210(6), 925-931, doi: <https://doi.org/10.1007/s004250050699>.
- Mutava, R.N., Prince, S.J.K., Syed, N.H., Song, L., Valliyodan, B., Chen, W. and Nguyen, H.T. (2015). Understanding abiotic stress tolerance mechanisms in soybean: A comparative evaluation of soybean response to drought and flooding stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 86, 109-120, doi: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2014.11.010>.

- Parida, A.K., Dagaonkar, V.S., Phalak, M.S., Umalkar, G.V. and Aurangabadkar, L.P. (2007). Alterations in photosynthetic pigments, protein and osmotic components in cotton genotypes subjected to short-term drought stress followed by recovery. *Plant Biotechnology Reports*, 1, 37-48, doi: <https://doi.org/10.1007/s11816-006-0004-1>.
- Rosa, V.R., Santos, A.L.F., Silva, A.A., Sab, M.P.V., Germino, G.H., Cardoso, F.B. and Silva, M. A. (2021). Increased soybean tolerance to water deficiency through biostimulant based on fulvic acids and *Ascophyllum nodosum* (L.) seaweed extract. *Plant Physiology and Biochemistry*, 158, 228-243, doi: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.11.008>.
- Sapeta, H., Costa, J.M., Lourenço, T., Maroco, J., van der Linde, P. and Oliveira, M.M. (2013). Drought stress response in *Jatropha curcas*: Growth and Physiology. *Environmental and Experimental Botany*, 85, 76-84, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.08.012>.
- Sekmen, A.H., Ozgur, R., Uzilday, B. and Turkan, I. (2014). Reactive oxygen species scavenging capacities of cotton (*Gossypium hirsutum*) cultivars under combined drought and heat induced oxidative stress. *Environmental and Experimental Botany*, 99, 141-149, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2013.11.010>.
- Shah, W., Zaman, N., Ullah, S. and Nafees, M. (2022). Calcium chloride enhances growth and physio-biochemical performance of barley (*Hordeum vulgare* L.) under drought-induced stress regimes: A future perspective of climate change in the region. *Journal of Water Climate Change*, 13(9), 3357-3378, doi: <https://doi.org/10.2166/wcc.2022.134>.
- Silva, E. C., Nogueira, R. J. M. C., Vale, F. H. A., Melo, N. F. and Araujo, F. P. (2009). Water relations and organic solutes production in four umbu tree (*Spondias tuberosa*) genotypes under intermittent drought. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 21(1), 43-53, doi: <https://doi.org/10.1590/S1677-04202009000100006>.
- Somtrakoon, K. and Chouychai, W. (2022). Effect of salicylic acid and calcium chloride on growth of corn under water stress condition. *Journal of Agricultural Sciences-Sri Lanka*, 17(2), 350-359, doi: <https://doi.org/10.4038/jas.v17i2.9747>.
- Upadhyaya, H., Panda, S.K. and Dutta, B.K. (2011). CaCl₂ improves post-drought recovery potential in *Camellia sinensis* (L) O. Kuntze. *Plant Cell Reports*, 30(4), 495-503, doi: <https://doi.org/10.1007/s00299-010-0958-x>.

- Vurukonda, S.S.K.P., Vardharajula, S., Shrivastava, M. and SkZ, A. (2016). Enhancement of drought stress tolerance in crops by plant growth promoting rhizobacteria. *Microbiological Research*, 184, 13-24, doi: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.12.003>.
- Wijewardana, C., Alsajri, F.A., Irby, J.T., Golden, B.R., Henry, W.B. and Reddy, K.R. (2019). Water deficit effects on soybean root morphology and early-season vigor. *Agronomy*, 9(12), doi: <https://doi.org/10.3390/agronomy9120836>.
- Wijewardana, C., Reddy, K.R., Alsajri, F.A., Irby, J.T., Krutz, J. and Golden, B.R. (2018). Quantifying soil moisture deficit effects on soybean yield and yield component distribution patterns. *Irrigation Science*, 36(4-5), 241-255, doi: <https://doi.org/10.1007/s00271-018-0580-1>.
- Xiang, J., Chen, Z., Wang, P., Yu, L. and Li, M. (2008). Effect of CaCl_2 treatment on the changing of drought related physiological and biochemical indexes of *Brassica napus*. *Frontiers of Agriculture in China*, 2(4), 423-427, doi: <https://doi.org/10.1007/s11703-008-0056-9>.
- Xu, C., Li, X. and Zhang, L. (2013). The effect of calcium chloride on growth, photosynthesis and antioxidant responses of *Zoysia japonica* under drought conditions. *PLOS ONE*, 8(7), doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068214>.