

ผลของการแช่เมล็ดในกรดแอบไซซิกและพาโคลบิวทราโซลต่ออัตราการงอกและ

การเจริญเติบโตของข้าว (*Oryza sativa* L.) ในสภาวะแล้ง

Effects of Seed Priming with Absciscic Acid and Paclobutrazol on Germination and Growth of Rice (*Oryza sativa* L.) under Drought Stress

ศุมาลี กงสอดทรัพย์ (Sumalee Kongsodsap)* วัฒนา พัฒนากุล (Wattana Pattanagul)**

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของการแช่เมล็ดในกรดแอบไซซิกและพาโคลบิวทราโซล ต่ออัตราการงอกและการเจริญเติบโตของข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (*Oryza sativa* L.) ในสภาวะแล้ง โดยแช่เมล็ดในสารละลายกรดแอบไซซิก (ABA) สารละลายพาโคลบิวทราโซล (PBZ) และสารละลาย ABA ร่วมกับ PBZเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นนำไปเพาะและปลูกในกระถางบรรจุดินเป็นเวลา 14 วัน งดให้น้ำ 10 วัน ผลการศึกษาพบว่า การแช่เมล็ดใน ABA ทำให้การงอกของเมล็ดช้าลงและความยาวรากลดลง ในขณะที่ PBZ ไม่มีผลต่อการงอกและความยาวรากของเมล็ด เมื่อพิจารณาการเจริญเติบโตของต้นกล้าที่ปลูกในสภาวะแล้งพบว่า การแช่เมล็ดข้าวใน ABA และใน PBZ ทำให้การเจริญเติบโตและปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้แช่ ในขณะที่กลุ่มที่แช่ใน ABA ร่วมกับ PBZ พบว่าต้นกล้าข้าวจะมีความสามารถในการทนแล้งได้ดีกว่ากลุ่มอื่น ๆ

ABSTRACT

Effects of seed priming with abscisic acid (ABA) and paclobutrazol (PBZ) on germination and growth were studied in rice (*Oryza sativa* L.) cv. Khao Dawk Mali 105 grown under drought stress. Rice seeds were primed with 20 mg/l ABA, PBZ and ABA plus PBZ. Seeds were germinated and grown in soil-filled pots for 14 days. The seedlings were subjected to drought stress by withholding water for 10 days. The results showed that seed priming with ABA slowed seed germination and reduced primary root length, while priming with PBZ had no effect on seed germination and primary root length. When seedlings were subjected to drought stress, priming with ABA and with PBZ increased seedling growth and chlorophyll compared to unprimed seed. In addition, seed priming with ABA plus PBZ showed better drought tolerant compared to than other treatments.

คำสำคัญ: การแช่เมล็ด กรดแอบไซซิก พาโคลบิวทราโซล

Key Words: Seed Priming, Absciscic Acid, Paclobutrazol

* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาชีววิทยาสำหรับครู ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญ ประชากรส่วนใหญ่ของโลกบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก (Cha-um et al., 2007) และข้าว นับเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย การเพาะปลูกข้าวในประเทศไทยปัจจุบันยังคงอาศัยน้ำฝนเป็นหลักซึ่งพื้นที่เพาะปลูกข้าวหลายแห่งในประเทศไทยประสบปัญหาสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสม เช่น ความแห้งแล้ง ฝนไม่ตกตามฤดูกาล สภาพปัญหาดังกล่าวทำให้พืชตกอยู่ในสภาวะแล้ง ซึ่งถือเป็นความเครียดที่เกิดขึ้นในพืชเกือบตลอดเวลาเนื่องจากน้ำในดินลดลง พืชไม่สามารถดูดน้ำที่อยู่ภายนอกเข้าสู่เซลล์ได้ สภาพอากาศที่แห้งแล้งทำให้พืชสูญเสียน้ำโดยเฉพาะการคายน้ำและการระเหยของน้ำ ส่งผลกระทบทั้งในระดับเซลล์และกระบวนการต่างๆ ภายในเซลล์เช่น ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง การเกิดสารอนุมูลอิสระหรือสารประกอบออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (Reactive oxygen species) ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิแดนท์อย่างรุนแรง ทำลายโมเลกุลของสารต่าง ๆ เช่น ดีเอ็นเอ โปรตีน เยื่อหุ้มเซลล์ รวมทั้งโครงสร้างของเซลล์พืช ทำให้เซลล์ตายได้ (Yong and Jung, 1990; Farooq et al., 2009) เป็นต้นเหตุทำให้อัตราการเจริญเติบโตและผลผลิตลดลง (Cushman and Bohnert, 2000) โดยเฉพาะอย่างยิ่งพืชที่อยู่ในระยะต้นกล้า (Munns, 2002) สภาวะแล้งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางสรีรวิทยา กระบวนการทางชีวเคมี รวมไปถึงรูปแบบการแสดงออกของยีนหลายประการ การตอบสนองของพืชเมื่อได้รับสิ่งแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เป็นผลมาจากการพยายามปรับตัวเพื่อให้สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ พืชจะมีการชักนำให้เกิดการส่งสัญญาณเชื่อมโยงของระบบต่าง ๆ รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา สัณฐานวิทยา และกลไกทางชีวเคมีต่าง ๆ เช่น การสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ เพื่อกำจัดอนุมูลอิสระและสารประกอบออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา (Hare et al.,

1998) ได้แก่ เอนไซม์ซูเปอร์ออกไซด์ดิสมิวเตส (SOD) แอสคอร์เบทเปอร์ออกซิเดส (APX) และ คตะเลส (CAT) (Farooq et al., 2009) นอกจากนี้เมื่อพืชอยู่ในสภาวะแล้งจะมีการสะสมตัวถูกละลายที่ไม่เป็นพิษต่อเซลล์ เช่น โปรตีน น้ำตาลแอลกอฮอล์ น้ำตาล ไกลซีน บีเทนเพิ่มสูงขึ้น (Mahajan and Tuteja, 2005) การสะสมตัวถูกละลายเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในการรักษาสมดุลของน้ำในเซลล์ ส่งผลให้พืชสามารถรักษาระดับน้ำในเซลล์ที่ต่ำกว่าระดับน้ำภายนอกเซลล์ ทำให้น้ำสามารถเคลื่อนที่เข้าสู่เซลล์อย่างต่อเนื่อง และเป็นกลไกสำคัญในการทนต่อภาวะแล้งของพืช

กรดแอบซีสิก (ABA) เป็นสารควบคุมการเจริญชนิดหนึ่งของพืช ซึ่งเมื่อพืชอยู่ภายใต้สภาวะความเครียด เช่น สภาวะแล้ง จะมีปริมาณกรดแอบซีสิกเพิ่มสูงขึ้น (Hartung and Davies, 1994) โดยมีผลทำให้พืชปิดปากใบเพื่อลดการคายน้ำ (Chandler and Robertson, 1994) นอกจากนี้ยังมีรายงานว่ากรดแอบซีสิกมีบทบาทในการควบคุมการแสดงออกของยีนบางชนิดซึ่งทำให้พืชสามารถที่จะปรับตัวให้อยู่ในสภาวะที่ไม่เหมาะสมต่อไปได้ระยะหนึ่ง (Chandler and Robertson, 1994) นอกจากนี้กรดแอบซีสิกยังมีผลในการกระตุ้นให้มีการสะสมตัวถูกละลายบางชนิดเช่น โปรตีน น้ำตาลแอลกอฮอล์ หรือน้ำตาลในปริมาณที่สูงขึ้น เพื่อรักษาสมดุลของน้ำในเซลล์ ส่วนพอลิโคลบิวทราโซลเป็นสารประกอบในกลุ่มไตรอะโซล (Triazole) มีบทบาทในการยับยั้งการเจริญเติบโต และเป็นสารฆ่าเชื้อราในพืช (Jaleel et al., 2007a; 2008; Gopi et al., 1999) พอลิโคลบิวทราโซลมีฤทธิ์ยับยั้งการสังเคราะห์ฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน ทำให้พืชมีลักษณะปล้องสั้น และทำให้ใบพืชมีสีเขียวเข้ม กระตุ้นการเจริญเติบโตของราก นอกจากนี้พอลิโคลบิวทราโซลยังสามารถป้องกันพืชจากสภาวะเครียดต่าง ๆ เช่น สภาวะแล้ง อุณหภูมิสูง (Baninasab and Ghobadi, 2011) และสภาวะเครียดเกลือ (Sharma et al., 2011) โดยใช้การผสมกับน้ำรดที่ดินเพื่อให้พืชดูดทางราก

ซึ่งได้ผลดีกว่าการพ่นทางใบ นอกจากนี้ยังสามารถใช้
แช่เมล็ดเพื่อให้พืชมีความทนต่อสภาวะเครียดได้ดีขึ้น
(Baninasab and Ghobadi, 2011)

กระบวนการแช่เมล็ด (Seed priming) เป็นวิธีการ
นำเมล็ดไปแช่ในสารละลายจนเริ่มเกิดกระบวนการงอก
แต่ยังไม่มีเรดิเคิลเกิดขึ้นก่อนนำไปเพาะ (Farooq et al.,
2006a; 2008a) การแช่เมล็ดจะทำให้อัตราการ
เจริญเติบโตของต้นอ่อนดีขึ้น เพราะจะส่งเสริมการ
สังเคราะห์โปรตีน ช่วยให้ต้นกล้าแข็งแรงก่อนนำไป
ปลูก (Wahid et al., 2008) จากรายงานการศึกษาการ
แช่เมล็ดด้วยกรดซาลิไซลิก (Farooq et al., 2009) พบว่า
ทำให้ข้าวเจริญเติบโตได้ดีทั้งในภาวะปกติและภาวะ
เครียด เพราะทำให้เกิดการสะสมตัวถูกละลาย การรักษา
ค่าคลอโรฟิลล์ และการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ
ซึ่งเป็นการรักษาสภาพของเยื่อหุ้มภายในเซลล์ มีผลทำ
ให้ข้าวมีกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง กระบวนการ
เมแทบอลิซึมต่าง ๆ ดีขึ้น นอกจากนี้ยังกระตุ้นการ
แสดงออกของยีน รวมไปถึงกลไกในการปรับตัวในการ
ทนต่อภาวะแล้งของข้าวได้

แม้ว่าจะมีการศึกษาผลของการแช่เมล็ดในสารเคมี
ต่าง ๆ เพื่อกระตุ้นให้พืชมีความทนต่อสภาวะแล้งได้ดีขึ้น
แต่ยังไม่มีการศึกษาผลของการแช่เมล็ดในกรด
แอสซิกและพอลิคลอโรฟิโวล ซึ่งเป็นสารที่มีความ
เกี่ยวข้องกับสภาวะแล้งในพืช ดังนั้นการศึกษานี้จึงมี
วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการแช่เมล็ดข้าวในกรด
แอสซิกและพอลิคลอโรฟิโวล ต่ออัตราการงอกและ
การเจริญเติบโตของข้าวระยะต้นกล้าที่อยู่ในสภาวะแล้ง
ซึ่งองค์ความรู้เกี่ยวกับกลไกการตอบสนองของข้าวจะ
เป็นประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ในการปรับปรุง
กระบวนการเพาะปลูกข้าว หรือการใช้เทคโนโลยี
ชีวภาพ เพื่อหาวิธีแก้ไขหรือป้องกันไม่ให้พืชเกิดความ
เสียหายเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะแล้ง

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ตัวอย่างพืชและการปลูก

นำเมล็ดข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 (*Oryza sativa*
L. cv. Khao Dawk Mali 105) โดยได้รับความ
อนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยข้าวสุรินทร์ และศูนย์วิจัยข้าว
ขอนแก่น ล้างให้สะอาดด้วยน้ำกลั่น แบ่งการทดลอง
ออกเป็นกลุ่ม ดังนี้ กลุ่มที่ 1 และ 2 แช่เมล็ดลงใน
น้ำกลั่น เป็นเวลา 48 ชั่วโมง กลุ่มที่ 3 แช่เมล็ดใน
สารละลายกรดแอสซิกเข้มข้น 20 มก.ต่อลิตร เป็น
เวลา 48 ชั่วโมง กลุ่มที่ 4 แช่ในสารละลายพอลิคลอโรฟิโวล
เข้มข้น 20 มก.ต่อลิตร เป็นเวลา 48 ชั่วโมง และ
กลุ่มที่ 5 แช่เมล็ดในสารละลายกรดแอสซิกเข้มข้น 20
มก.ต่อลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปแช่ใน
สารละลายพอลิคลอโรฟิโวล 20 มก.ต่อลิตร เป็นเวลา
24 ชั่วโมง แล้วเพาะเมล็ดในจานเพาะเชื้อเพื่อวัดอัตรา
การงอก สังเกตการงอกของเมล็ดเป็นเวลา 4 วัน และวัด
ความยาวราก (primary root) ของเมล็ดหลังเพาะ
จากนั้นเพาะเมล็ดในกระถางพลาสติกบรรจุดิน แบ่ง
ออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 5 กระถาง กระถางละ 10 ดิน
คือ กลุ่มที่ 1 กลุ่มที่แช่น้ำกลั่นแล้วได้รับน้ำตามปกติ
กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่แช่น้ำกลั่นแล้วอยู่ในสภาวะแล้ง กลุ่มที่ 3
กลุ่มที่แช่เมล็ดในสารละลายกรดแอสซิกแล้วอยู่ใน
สภาวะแล้ง กลุ่มที่ 4 กลุ่มที่แช่เมล็ดในสารละลายพอลิคลอโรฟิโวล
แล้วอยู่ในสภาวะแล้ง กลุ่มที่ 5 กลุ่มที่แช่เมล็ด
ในสารละลายกรดแอสซิก และพอลิคลอโรฟิโวล
แล้วอยู่ในสภาวะแล้ง ปลูกในเรือนเพาะชำในสภาวะ
แวดล้อมที่มีแสงตามธรรมชาติ รดน้ำทุกวัน เมื่อปลูก
ครบ 2 สัปดาห์ กลุ่มที่ 1 ได้รับน้ำปกติ และกลุ่มที่ 2-5
ทำให้อยู่ในสภาวะแล้งโดยงดน้ำเป็นเวลา 10 วัน

การวัดการเจริญเติบโต ปริมาณคลอโรฟิลล์และปริมาณ น้ำสัมพัทธ์

สุ่มตัวอย่างพืชจำนวน 5 ต้นจากแต่ละกลุ่มการ
ทดลอง วัดความยาวต้น และความยาวราก นำไปชั่ง
น้ำหนักสด แล้วจึงนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 60 องศา
เซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วนำมาชั่งน้ำหนักแห้ง

ทำการหาปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบของพืช โดยการนำตัวอย่างใบพืชหนักประมาณ 0.1 กรัมซึ่งน้ำหนักสดใส่ในหลอดทดลอง เติม 80% acetone ปริมาตร 5 มล. เก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำสารละลายคลอโรฟิลล์ที่ได้ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 645 และ 663 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer คำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ตามสมการของ Arnon (1949) หาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (Relative leaf water content) โดยตัดใบข้าวหนัก 0.1 กรัม ซึ่งน้ำหนักจากนั้นนำไปแช่ในน้ำกลั่นที่ปราศจากไอออน (Deionized distilled water) เป็นเวลา 12 ชั่วโมง ชับน้ำให้แห้งแล้วชั่งน้ำหนักหลังจากใบข้าวดูดน้ำเข้าสู่เซลล์ จากนั้นนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง แล้วชั่งน้ำหนักแห้ง และคำนวณหาปริมาณน้ำสัมพัทธ์ในใบ (Turner, 1981)

การวิเคราะห์ข้อมูล

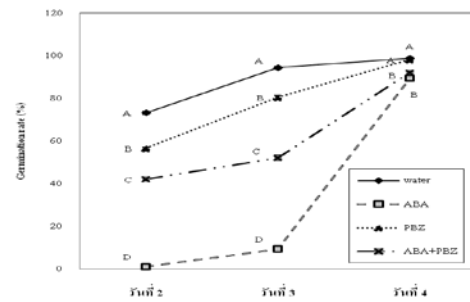
วิเคราะห์ข้อมูลตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ผลด้วยวิธี Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT)

ผลการวิจัย

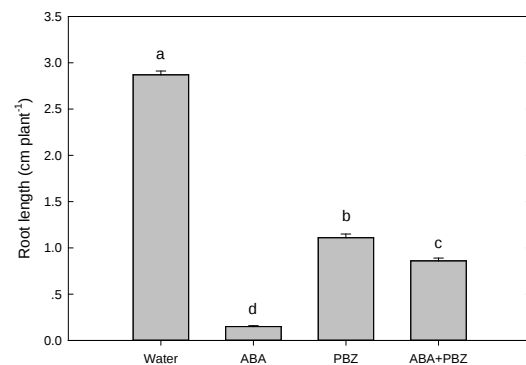
ผลของการแช่เมล็ดต่ออัตราการงอกและการเจริญเติบโตของพืช

หลังจากแช่เมล็ดในสารละลายกรดแอบไซสิกและพาโคลบิวทราโซลพบว่า อัตราการงอกของข้าวที่แช่ในพาโคลบิวทราโซลไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุมซึ่งแช่ในน้ำกลั่น ในขณะที่เมล็ดที่แช่ในกรดแอบไซสิก และเมล็ดที่แช่ในกรดแอบไซสิกร่วมกับพาโคลบิวทราโซล (รูป 1) พบว่าอัตราการงอกลดลงเล็กน้อย อย่างไรก็ตาม เมล็ดที่แช่ในกรดแอบไซสิกจะมีความยาวรากสั้นที่สุดในขณะที่การแช่เมล็ดในพาโคลบิวทราโซล และเมล็ดที่แช่ในกรดแอบไซสิกร่วมกับพาโคลบิวทราโซล จะมี

ความยาวสั้นกว่ากลุ่มที่แช่ในน้ำกลั่น แต่ยาวกว่ากลุ่มที่แช่ในกรดแอบไซสิก (รูป 2)



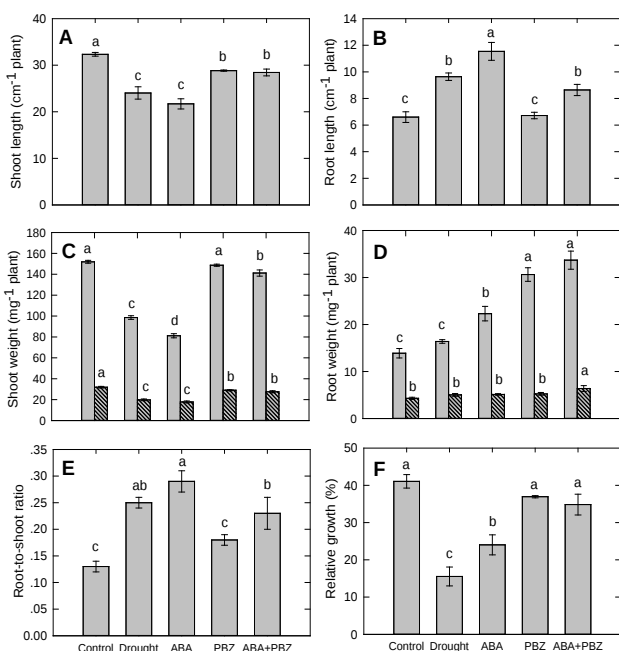
รูปที่ 1 ผลของการแช่เมล็ดในกรดแอบไซสิกและพาโคลบิวทราโซลต่ออัตราการงอกของข้าว



รูปที่ 2 ผลของการแช่เมล็ดในกรดแอบไซสิกและพาโคลบิวทราโซลต่อความยาวราก (primary root) ของข้าวหลังเพาะ

สภาวะแล้งส่งผลให้การเจริญเติบโตของลำต้นลดลง แต่เพิ่มการเจริญของรากมากขึ้น โดยต้นกล้าข้าวที่อยู่ในสภาวะแล้งจะมีความยาวลำต้น น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติ (รูป 3A และ 3C) การแช่เมล็ดในกรดแอบไซสิกไม่ได้ส่งผลให้การเจริญของลำต้นดีขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากต้นกล้าข้าวมีความสูงต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติตั้งแต่ก่อนการงอกให้น้ำ อย่างไรก็ตามอัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของต้นกล้าข้าวในกลุ่มนี้จะสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้แช่ (รูป 3F) ในขณะที่เมล็ดที่แช่ในพาโคลบิวทราโซล และเมล็ดที่แช่ในกรดแอบไซสิกร่วมกับพาโคลบิวทราโซล จะมีความยาว น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของลำต้นสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้แช่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่

ระดับ 0.05 และมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติ (รูป 3A และ 3C) นอกจากนี้อัตราการเจริญเติบโตสัมพัทธ์ของต้นกล้าข้าวทั้งสองกลุ่มนี้จะมีค่าใกล้เคียงกับกลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติ ในทางตรงกันข้าม ต้นกล้าข้าวที่อยู่ในสภาวะแล้ง จะมีความยาวรากเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (รูป 3B) โดยมีอัตราส่วนความยาวรากต่อความยาวลำต้นสูงชันกว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำปกติ (รูป 3E) การแช่เมล็ดในกรดแอบซิกสิกส่งผลให้ความยาวรากเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่อยู่ในสภาวะแล้งและกลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติ ในขณะที่การแช่เมล็ดในพาโคลบิวทราโซล และการแช่เมล็ดในกรดแอบซิกสิกร่วมกับพาโคลบิวทราโซล แม้ว่า จะไม่ได้ทำให้ความยาวรากเพิ่มสูงขึ้น แต่ส่งผลให้มีจำนวนและปริมาณรากเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้แช่ และกลุ่มที่แช่ในกรดแอบซิกสิก ดังจะเห็นได้จากน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของราก ที่มากกว่ากลุ่มอื่น ๆ (รูป 3D)



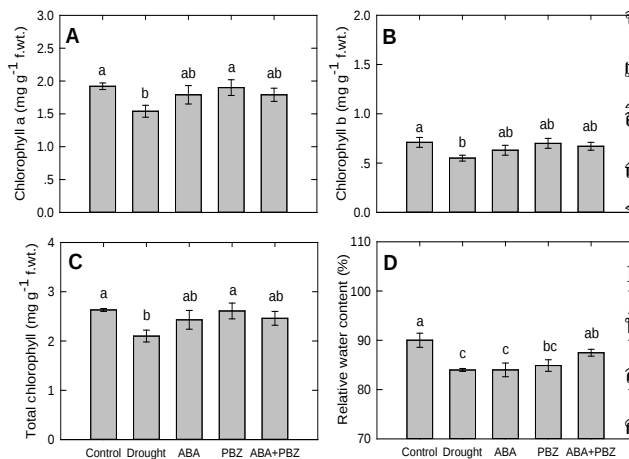
รูปที่ 3 ผลของการแช่เมล็ดในกรดแอบซิกสิกและพาโคลบิวทราโซลต่อความยาวลำต้น (A) ความยาวราก (B) น้ำหนักสด (แถบทึบ) และน้ำหนักแห้ง (แถบระบาย) ลำต้น (C) น้ำหนักสด (แถบทึบ) และน้ำหนักแห้ง (แถบระบาย) ราก (D) อัตราส่วนรากต่อลำต้น (E)

และอัตราการเจริญสัมพัทธ์ (F) ของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในสภาวะแล้ง

ผลของการแช่เมล็ดต่อปริมาณคลอโรฟิลล์และปริมาณน้ำสัมพัทธ์

ต้นกล้าข้าวที่อยู่ในสภาวะแล้ง จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์รวมลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติ (รูป 4A 4B และ 4C) การแช่เมล็ดในกรดแอบซิกสิกทำให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้แช่ ในขณะที่เมล็ดที่แช่ในพาโคลบิวทราโซลจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์มากกว่ากลุ่มที่ไม่ได้แช่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติ ส่วนเมล็ดที่แช่ในกรดแอบซิกสิก ร่วมกับพาโคลบิวทราโซลจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ใกล้เคียงกับกลุ่มที่แช่ในกรดแอบซิกสิกเพียงอย่างเดียว (รูป 4A 4B และ 4C)

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำสัมพัทธ์พบว่า เมื่อข้าวอยู่ในสภาวะแล้งจะมีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ลดลงต่ำกว่ากลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมล็ดที่แช่ในกรดแอบซิกสิกและเมล็ดที่แช่ในพาโคลบิวทราโซล จะมีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ลดลงเช่นเดียวกัน โดยมีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ใกล้เคียงกันกับกลุ่มที่ไม่ได้แช่ ในขณะที่เมล็ดที่แช่ในกรดแอบซิกสิก ร่วมกับพาโคลบิวทราโซลจะมีปริมาณน้ำสัมพัทธ์ไม่แตกต่างกับกลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติ และสูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้แช่ กลุ่มที่แช่ในกรดแอบซิกสิก และกลุ่มที่แช่ในพาโคลบิวทราโซล (รูป 4D)



รูปที่ 4 ผลของการแช่เมล็ดในกรดแอบซิกและพาโคลบิวทราโซลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์เอ (A) ปริมาณคลอโรฟิลล์บี (B) ปริมาณคลอโรฟิลล์รวม (C) และปริมาณน้ำสัมพัทธ์ (D) ของต้นกล้าข้าวที่ปลูกในสภาวะแล้ง

สรุปและการอภิปรายผลการวิจัย

สภาวะแล้งส่งผลให้การเจริญเติบโตของลำต้นของพืชลดลง แต่ส่งผลให้การเจริญของรากสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสภาวะแล้งส่งผลกระทบโดยตรงต่อปริมาณน้ำในเซลล์ เซลล์พืชไม่สามารถรักษาแรงดันเต่งภายในเซลล์ให้อยู่ในระดับที่เซลล์พืชสามารถขยายขนาดได้ ทำให้การขยายตัวของเซลล์ และการแบ่งเซลล์ลดลง ใบสั้นและ แคบกว่าปกติ ลำต้นเตี้ยและเล็ก ค่าชลศักย์ในดินที่ลดลง ทำให้พืชไม่สามารถดึงน้ำขึ้นมาใช้ได้ ส่งผลให้การเจริญเติบโตของพืชลดลง (Nguyen, Babu and Blum, 1997) นอกจากนี้สภาวะแล้งยังส่งผลต่อกระบวนการทางสรีรวิทยาภายในของพืชหลายประการ เช่น การม้วนของใบ การปิดปากใบ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ทำให้อัตราการสังเคราะห์ด้วยแสงลดลง (Reddy, Chaitanya, Vivekanandan, 2004; Abdalla and El-Khoshiban, 2007) ในทางตรงกันข้าม ต้นกล้าข้าวที่อยู่ในสภาวะแล้งจะมีความยาวรากเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากพืชที่อยู่ในสภาวะแล้งจะมีการปรับตัวโดยเพิ่มอัตราการเจริญของราก เพื่อให้สามารถดูดน้ำจากดินที่อยู่ในระดับที่ลึกกลงไป นอกจากนี้ยังพบว่า ต้นกล้าข้าวที่อยู่ในสภาวะแล้ง

จะมีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบลดต่ำลง ทั้งนี้เนื่องจากเมื่อพืชเกิดความเครียดจากการแล้ง จะเกิดสารอนุมูลอิสระและสารประกอบออกซิเจนที่ไวต่อปฏิกิริยา ซึ่งมีฤทธิ์ในการทำลายโครงสร้างของคลอโรฟิลล์และโครงสร้างต่าง ๆ ของเซลล์ (Goodwin and Mercer, 1988) แม้พืชจะมีกลไกในการกำจัดสารประกอบที่เป็นพิษต่าง ๆ เหล่านี้ แต่หากมีปริมาณมากเกินไป พืชไม่สามารถกำจัดได้ทันเวลา จึงส่งผลให้ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบลดต่ำลงที่สุดในที่สุด

การแช่เมล็ดเป็นเทคนิคหนึ่งซึ่งช่วยเพิ่มอัตราและความสม่ำเสมอในการงอกของเมล็ด ภายหลังที่เมล็ดพืชเริ่มดูดน้ำเข้าไป จะเกิดกระบวนการทางชีวเคมีต่าง ๆ มากมายซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมสำหรับการงอกและการเจริญเติบโตของต้นอ่อน ปัจจุบันได้มีความสนใจในการนำเทคนิคการแช่เมล็ดในสารเคมีต่าง ๆ เพื่อช่วยกระตุ้นให้พืชมีความทนต่อสภาวะเครียดต่าง ๆ ได้ดีขึ้นเช่น การแช่เมล็ดข้าวสาลีในแคลเซียมคลอไรด์ทำให้ต้นอ่อนมีความสามารถในการทนต่อสภาวะเครียดเกลือได้ดีขึ้น (Jafar et al., 2011) ในการศึกษาครั้งนี้การแช่เมล็ดข้าวในกรดแอบซิก แม้จะไม่มีผลต่ออัตราการงอกของเมล็ด แต่ทำให้อัตราการงอกของเมล็ดช้าลง ทั้งนี้เนื่องจากกรดแอบซิกเป็นสารควบคุมการเจริญที่มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช อย่างไรก็ตาม เมื่อพืชอยู่ในสภาวะแล้ง เมล็ดที่แช่ในกรดแอบซิกจะมีอัตราการเจริญเติบโตสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้แช่ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากกรดแอบซิกเป็นสารที่ถูกสร้างขึ้นและมีบทบาทสำคัญต่อการทนต่อสภาวะแล้งของพืช กรดแอบซิกส่งผลให้มีการปิดปากใบเพื่อลดการสูญเสียน้ำ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณในการตอบสนองต่อสภาวะแล้งของพืช การแช่เมล็ดในกรดแอบซิกอาจเป็นการกระตุ้นกลไกการทนแล้งในระยะก่อนมีการงอกของเมล็ด ทำให้พืชมีความสามารถในการทนแล้งได้ดีกว่าการไม่ได้แช่หรือแช่ในน้ำปกติ นอกจากนี้การแช่เมล็ดในกรดแอบซิกยังส่งผลให้การเจริญเติบโตของรากสูงขึ้น ซึ่งเป็นหนึ่งในกลไกการปรับตัวของพืชที่อยู่ในสภาวะแล้ง อย่างไรก็ตาม

ก็ตาม แม้ว่าการแช่เมล็ดในกรดแอบซิกจะช่วยให้พืชมีความทนต่อสภาวะแล้งได้ดีขึ้น แต่ในสภาวะที่มีน้ำปกติพืชจะมีการเจริญเติบโตค่อนข้างช้า ดังนั้นจึงอาจไม่เหมาะในการนำมาใช้ในการแช่เมล็ด ในขณะที่เดียวกัน การศึกษานี้พบว่าการแช่เมล็ดในพาโคลบิวทราโซลส่งผลให้พืชมีความทนต่อสภาวะแล้งได้ดีขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากพาโคลบิวทราโซลเป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช (Jaleel et al., 2007a; 2008; Gopi et al., 1999) พาโคลบิวทราโซลมีฤทธิ์ในการยับยั้งการสังเคราะห์ฮอร์โมนจิบเบอเรลลิน (Barrett and Bartuska, 1982; Barrett and Nell, 1983; Marquard, 1985) จึงชะลอการยืดตัวของปล้อง ทำให้พืชที่ได้รับสารมีความสูงลดลง นอกจากนี้ยังกระตุ้นการเจริญของราก โดยในการศึกษานี้พบว่าการแช่เมล็ดในพาโคลบิวทราโซล แม้ไม่ได้ทำให้ความยาวของรากสูงขึ้น แต่พืชมีจำนวนรากและการแขนงของรากมากขึ้น ทำให้พืชมีความสามารถในการดูดน้ำได้ดีขึ้น พาโคลบิวทราโซลเป็นสารที่สามารถกระตุ้นให้พืชมีความทนทานต่อสภาวะเครียดต่าง ๆ ได้ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทนต่อสภาวะแล้ง โดยทำให้พืชมีการเจริญเติบโตของรากดีขึ้น และทำให้พืชมีใบเขียวเข้มขึ้น ซึ่งในการศึกษานี้พบว่าเมื่อต้นกล้าข้าวอยู่ในสภาวะแล้ง กลุ่มที่แช่ในพาโคลบิวทราโซลจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์เท่ากับพืชที่อยู่ในสภาวะปกติ การแช่เมล็ดแตงกวา (*Cucumis sativus*) ในพาโคลบิวทราโซลส่งผลให้พืชมีความสามารถในการทนต่ออุณหภูมิสูงได้ดีขึ้น โดยพืชมีการเจริญเติบโต และปริมาณคลอโรฟิลล์สูงขึ้นกว่ากลุ่มที่ไม่ได้แช่ โดยพบว่าการแช่เมล็ดในพาโคลบิวทราโซลส่งผลให้พืชมีการสะสมโปรตีน และลดการรั่วซึมของไอออน (Baninasab and Ghobadi, 2011) การแช่เมล็ดในกรดแอบซิกร่วมกับพาโคลบิวทราโซลสามารถทำให้พืชมีความทนต่อสภาวะแล้งได้ดี เช่นเดียวกันกับการแช่ในพาโคลบิวทราโซลเพียงอย่างเดียว สิ่งที่แตกต่างกันคือ เมื่อแช่เมล็ดในกรดแอบซิกร่วมกับพาโคลบิวทราโซล ต้นกล้าข้าวจะมีทั้งความยาวราก และการแตกแขนงของรากเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้พืชมี

ความสามารถในการดูดน้ำได้ดีขึ้น ส่งผลให้ต้นกล้าข้าวในกลุ่มนี้มีปริมาณน้ำสัมพัทธ์มากที่สุด และใกล้เคียงกับกลุ่มที่ได้รับน้ำตามปกติ ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าการแช่เมล็ดในสารทั้งสองชนิดดังกล่าว จะช่วยทำให้พืชได้รับข้อดีของสารทั้งสองชนิด ทำให้พืชมีการทนต่อสภาวะแล้งได้ดีกว่าการแช่เมล็ดในสารชนิดใดชนิดหนึ่ง

จากการศึกษาครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่า การแช่เมล็ดข้าวในกรดแอบซิกร่วมกับพาโคลบิวทราโซลส่งผลให้ต้นกล้าข้าวมีความสามารถในการทนต่อสภาวะแล้งได้ดีขึ้น โดยสารดังกล่าวมีคุณสมบัติในการลดการเจริญเติบโตของลำต้น และเร่งการเจริญเติบโตของราก ทำให้พืชสามารถดูดน้ำได้ดีขึ้น นอกจากนี้ยังมีบทบาทสำคัญในการสะสมน้ำตาลภายในเซลล์ ทำให้เซลล์พืชสามารถรักษาสมดุลย์น้ำภายในเซลล์ เพื่อให้กระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ สามารถดำเนินต่อไปได้ อย่างไรก็ตาม กลไกการทนแล้งของพืชเป็นเรื่องที่มีความซับซ้อนและมีหลายกระบวนการที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงกลไกระดับเซลล์ว่าสารดังกล่าวมีบทบาท หน้าที่อย่างไร ความรู้ที่จะสามารถนำไปสู่การประยุกต์ใช้ในการเพาะปลูกเพื่อให้พืชสามารถทนต่อสภาวะแล้งได้ดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนอุดหนุนและส่งเสริมการทำวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น และทุนวิจัยจากกองทุนพัฒนาและส่งเสริมด้านวิชาการของคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

เอกสารอ้างอิง

Abdalla MM. and El-Khoshiban NH. 2007. The influence of water stress on growth, water content, photosynthetic pigments, some metabolic and hormonal contents of two *Triticum aestivum*

- cultivars. J Appl Sci Res. 3(12): 2062-2074.
- Arnon DI. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24: 1-15.
- Baninasab B. and Ghobadi C. 2011. Influence of paclobutrazol and application methods on high-temperature stress injury in cucumber seedlings. J Plant Growth Regul. 30: 213-219.
- Barrett JE. and Bartuska C. 1982. Effects on stem elongation depend on site of application. Hort Sci. 17: 737-738.
- Barrett JE. and Nell T. 1983. *Ficus benjamina* response to growth retardants. P Florida State Hort Soc. 96: 264-265.
- Chandler PM. and Robertson M. 1994. Gene expression regulated by abscisic acid and its relation to stress tolerance. Annu Rev Plant Phys. 45: 113-141.
- Cha-um S., Roytakul S., Sathung T., Maijandang A. and Kirdmanee C. 2007. Effect of exogenous glucose and abscisic acid on physiological and morphological performances of in vitro Indica Rice (*Oryza sativa* L.sp. indica). Am J Plant Physiol. 2(2): 155-166.
- Cushman CJ. and Bohnert JH. 2000. Genomic approaches to plant stress tolerance. Curr Opin Plant Biol. 3: 117-124.
- Farooq M., Aziz T., Basra SMA., Cheema MA. and Rehman H. 2008. Chilling tolerance in hybrid maize induced by seed priming with salicylic acid. J Agron Crop Sci. 194: 161-168.
- Farooq M., Basra SMA., Khalid M., Tabassum R. and Mehmood T. 2006. Nutrient homeostasis reserves metabolism and seedling vigor as affected by seed priming in coarse rice. Can J Bot. 84: 1196-1202.
- Farooq M., Basra SMA., Wahid A., Ahmad N. and Saleem BA. 2009. Improving the drought tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) by exogenous application of salicylic acid. J Agron and Crop Sci. 195: 237-246.
- Goodwin TW. and Mercer EI. 1988. Introduction to plant biochemistry. 2nd ed. New York: Pergamon Press.
- Gopi R., Sujatha BM., Rajan SN., Karikalan L. and Panneerselvam R. 1999. Effect of triadimefon in the sodium chloride stressed cowpea (*Vigna unguiculata*) seedlings. Indian J Agr Sci. 69(10): 743-745.
- Hare PD., Cress WA. and Staden JV. 1998. Dissecting the roles of osmolyte accumulation during stress. Plant Cell Environ. 21: 535-553.
- Hartung W. and Davies WJ. 1994. Abscisic acid under drought and salt stress. In: Pessarakli M, editor. Handbook of plant and crop stress. Marcel Dekker.
- Jafar MZ., Farooq MA., Cheema MA., Afzai I., Basra SM. and Wahid MA. 2011. Improving the performance of wheat by seed priming under saline conditions. J Agron Crop Sci. Forthcoming.
- Jaleel CA., Gopi R. and Panneerselvam R. 2007. Alterations in lipid peroxidation, electrolyte leakage and proline metabolism in *Catharanthus roseus* under treatment with triadimefon, a systemic fungicide. Comptes Rendus Biologies. 330(12): 905-12.
- Jaleel CA., Gopi R. and Panneerselvam R. 2008. Growth and photosynthetic pigments responses of two varieties of *Catharanthus roseus* to triadimefon treatment. Comptes Rendus Biologies. 331: 272-277.
- Mahajan S. and Tuteja N. 2005. Cold, salinity and drought stresses: an overview. Arch Biochem

- Biophys. 444: 139-158.
- Marquard RD. 1985. Chemical growth regulation of pecan seedling. Hort Sci. 20: 919-921.
- Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell Environ. 25: 239-250.
- Nguyen HT., Babu RC. and Blum A. 1997. Breeding for drought resistance in rice: physiology and molecular genetics considerations. Crop Sci. 37: 1426-1443.
- Reddy AR., Chaitanya KV. and Vivekanandan M. 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. J Plant Physiol. 161: 1189-1202.
- Sharma DK., Dubey AK., Srivastav M., Singh AK., Sairam RK. and Pandey RN. 2011. Effect of putrescine and paclobutrazol on growth, physiochemical parameters, and nutrient acquisition of salt-sensitive citrus rootstock Karna khatta (*Citrus karna* Raf.) under NaCl stress. J Plant Growth Regul. 30: 301-311.
- Turner NC. 1981. Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. Plant Soil. 58: 339-366.
- Wahid A., Noreen A., Basra SMA., Gelani S. and Farooq M. 2008. Priming-induced metabolic changes in sunflower (*Helianthus annuus*) achenes improve germination and seedling growth. Bot Studies. 49: 343-350.
- Yong CB. and Jung J. 1990. Water deficit induced oxidative stress and antioxidative defenses in rice plants. J Plant Physiol. 155: 255-261.