

การไพร้มิงเมล็ดเพื่อยกระดับความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่สีม่วง

Seed priming to enhance seed germination of purple upland rice

อัจจิมา ดิสเสถียร¹, ดร.ณิ โชติชัญญากูณ^{1*}, ปวีณา พงษ์ดนตรี², นันทวุฒิ จงรังกลาง¹

และ จิรวัดน์ สนิทชน¹

Atchima Dissatian¹, Darunee Jothityangkoon^{1*}, Paweena Pongdontri²,

Nuntawoot Jongrunklang¹ and Jirawat Sanitchon¹

บทคัดย่อ: ข้าวไร่สีม่วงได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้นจากการที่มีสารต้านอนุมูลอิสระพวกแอนโทไซยานิน การปลูกข้าวไร่เป็นการปลูกโดยการหว่านเมล็ดแห้งเพื่อรอฝน ซึ่งปัญหาที่สำคัญคือการงอกที่ไม่สม่ำเสมอ ส่งผลต่อผลผลิตที่ลดลง การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการไพร้มิงเมล็ด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตั้งตัวในสภาพไร่ โดยทำการศึกษาแบบการดูดอมน้ำ ระยะเวลาของการแช่เมล็ดในสารละลายต่างๆ ได้แก่ การแช่เมล็ดในสารละลาย NaCl (-1.25 MPa) สารละลาย CaCl₂ (-1.25 MPa) สารละลาย polyethylene glycol (PEG 8000) (-1.5 MPa) สารละลายน้ำส้มควันไม้ (WV) เจือจาง 300 เท่า และในน้ำกลั่น โดยเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพร้มิง (เมล็ดแห้ง) ผลการทดลองพบว่า การไพร้มิงเมล็ดโดยการแช่เมล็ดด้วยสารละลาย NaCl CaCl₂ PEG และ WV ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ลิ้มม่วง ULR 038 และ เมล็ดฝ้าย ดูดอมน้ำได้เร็วกว่าการแช่เมล็ดด้วยน้ำกลั่นเพียงอย่างเดียว กระบวนการดูดอมน้ำระยะที่ 2 ของข้าวจะสิ้นสุดเร็วขึ้น เมื่อแช่เมล็ดข้าวไร่ในสารละลาย WV (พันธุ์ ULR 038) และในสารละลาย NaCl และ WV ในข้าวพันธุ์เมล็ดฝ้าย การแช่เมล็ด 24 ชั่วโมงทำให้เมล็ดข้าวไร่ทุกพันธุ์งอกได้ดีกว่าการแช่ 48 ชั่วโมงหากเพาะเมล็ดทันที แต่หากมีการตากลดความชื้นเมล็ดก่อนเพาะให้เท่ากับค่าความชื้นเริ่มต้น ไม่พบความแตกต่างของระยะเวลาแช่ การไพร้มิงเมล็ดโดยการแช่เมล็ดในสารละลาย NaCl CaCl₂ PEG และ WV ทำให้ข้าวไร่สีม่วงทั้งสามพันธุ์งอกได้ดีกว่าเมล็ดที่ผ่านการไพร้มิงโดยการแช่ในน้ำกลั่นอย่างเดียว และเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพร้มิง (เมล็ดแห้ง) การไพร้มิงเมล็ดโดยการแช่เมล็ดในสารละลาย WV ไม่ มีแนวโน้มที่จะให้ผลดีมากกว่าวิธีการแช่เมล็ดในสารละลายอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระหว่างการเก็บรักษา 3 เดือนภายใต้สภาพอุณหภูมิห้อง

คำสำคัญ: การแช่เมล็ด, น้ำส้มควันไม้, การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์, ข้าวไร่, นาหว่านข้าวแห้ง

ABSTRACT: Purple upland rice has been of interest due to it contains antioxidant substance such as anthocyanins. Upland rice is commonly sown by dry direct seeded method in dry seedbed. This results in uneven field emergence and lower seed yield. This study aimed to investigate seed priming method in attempt to improve field establishment. Water imbibition pattern, imbibition periods, 24 and 48 h were compared among priming treatments including soaking seeds in NaCl (-1.25 MPa), CaCl₂ (-1.25 MPa), polyethylene glycol (PEG 8000) (-1.5 MPa), 300 times diluted wood vinegar (WV), distilled water and unprimed or dry seed as a control treatment. Results revealed that three purple upland rice, Leum Pua, ULR 038 and Maled Pai primed with NaCl, CaCl₂, PEG or WV imbibed water faster than primed seed with distilled water. Phase II of water imbibition ended earlier when seeds were primed in WV (ULR 038) or in NaCl or WV for Maled Pai. Soaking seed for 24 h had a higher seed germination percentage, compared to 48 h soaking when germination was set immediately after soaking. However, effect of different soaking periods was not evident when germination was set after primed seed was dried to initial moisture content. Seed priming with NaCl, CaCl₂, PEG and WV increased germination compared to unprimed seed or dry seed. Effect of seed priming with WV was more pronounced than other priming methods during storage of primed seed under ambient condition.

Keywords: seed hydration, plant derived smoke, pyroligneous acid, seed enhancement, upland rice, dry direct seeded rice

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

Department of Plant Science and Agricultural Resources, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University 40002 Thailand

² ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002

Department of Biochemistry, Faculty of Science, Khon Kaen University 40002 Thailand

* Corresponding author: darcho@kku.ac.th

บทนำ

ข้าวเป็นพืชอาหารที่มีความสำคัญของโลกพืชหนึ่ง และประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตและผู้ส่งออกข้าว รายใหญ่ที่สุดของโลกรายหนึ่ง และในปัจจุบันข้าวไร่ สีม่วง (purple upland rice) กำลังได้รับความสนใจ จากทั้งนักวิจัย และเกษตรกร เนื่องจากข้าวไร่สีม่วงเป็น พืชทางเลือกสำหรับการผลิตอาหารกับความมั่นคงทาง ด้านอาหารในสภาพที่มีน้ำจำกัด นอกจากนี้ในข้าวไร่ สีม่วงมีสารแอนโทไซยานิน (anthocyanins) สูง ซึ่งเป็น สารที่มีประโยชน์มากต่อสุขภาพ เนื่องจากสามารถต้าน อนุมูลอิสระ ช่วยยับยั้งการเกิดเซลล์มะเร็ง (Chen et al., 2006; Stoner, 2009) สามารถป้องกันการเกิด ภาวะความผิดปกติของเมแทบอลิซึม (Guo et al., 2007) การผลิตข้าวไร่ได้รับผลกระทบจากสภาวะการ เปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ โดยเฉพาะในเขตที่ปลูก พืชโดยอาศัยน้ำฝนเพียงอย่างเดียว ความแปรปรวน ของปริมาณฝนและการกระจายตัวของฝนทำให้พืช ต้องประสบกับสภาวะพืชขาดน้ำ ซึ่งเมื่อการขาดน้ำเกิด ขึ้นในช่วงปลูก ส่งผลให้ผลผลิตลดลงและส่งผลต่อผลผลิต ในที่สุด นอกจากนี้คุณภาพเมล็ดพันธุ์เป็นปัจจัยที่ สำคัญในการผลิตพืช การใช้เมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพ หรือคุณภาพต่ำมาปลูกเป็นปัญหาที่สำคัญในระบบ การผลิตพืช การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มักเกิดขึ้น ระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากมีการ เปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาและชีวเคมีส่งผลต่อการ เสื่อมคุณภาพของเมล็ด (ดรูณี, 2559) สาเหตุหลักของ การเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์เกิดจากการเกิดการสะสม อนุมูลอิสระ อันเนื่องมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน เช่น กระบวนการ lipid peroxidation เป็นสาเหตุที่ทำให้ เมล็ดสูญเสียความมีชีวิตและการทำงานภายในเซลล์ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของผนังเมมเบรนที่เสีย สภาพ จนไม่สามารถทำหน้าที่ได้อย่างปกติ ส่งผลต่อ ความแข็งแรงและความมีชีวิตของเมล็ดที่ลดลง (Bailly, 2004)

การไพรมิงเมล็ด (seed priming) หรือการแช่ เมล็ด เป็นเทคนิคหนึ่งในการเตรียมความพร้อมเมล็ด ก่อนงอก เพื่อให้เมล็ดพันธุ์งอกได้เร็ว สม่าเสมอมากยิ่งขึ้น

ขึ้น โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม การไพรมิง เป็นเทคนิคการแช่เมล็ด หรือให้เมล็ดได้ดูด อุดมในเวลาที่จำกัด คือ ในระยะที่ 1 และ 2 ของ กระบวนการดูดอุมน้ำ (water imbibition) ไม่นานพอที่ จะทำให้มีรากแรกเกิด (radicle) แล้วนำเมล็ดมาตาก ลดความชื้นให้มีความชื้นใกล้เคียงกับความชื้นเริ่มต้น เพื่อหยุดปฏิกิริยาต่างๆ และรอการนำไปปลูก การไพรมิงมีหลายเทคนิค เช่น โดยการแช่เมล็ดในน้ำ โดยตรง (seed hydration หรือ hydropriming) หรือ การแช่ในสารละลายเกลือ หรือพอลิเมอร์ เพื่อควบคุม การดูดน้ำของเมล็ด (osmoconditioning) หรือ แช่เมล็ดในสารละลายฮอร์โมนพืช (hormonal priming) การไพรมิงอาจจะทำมากกว่า 1 รอบ (cycle) ซึ่งจะเรียกเทคนิคนี้ว่า seed hardening หรือ wetting and drying หรือ hydrating and rehydrating โดย การไพรมิงเมล็ดจะประสบความสำเร็จหรือไม่ขึ้น ขึ้นอยู่ กับปัจจัยหลายประการ เช่น ชนิดพืช อายุเมล็ดพันธุ์ ระยะเวลาในการแช่เมล็ด อุณหภูมิ ออกซิเจน แสง ชนิด และความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้แช่เมล็ดพันธุ์ (ดรูณี, 2559) การแช่เมล็ดในระหว่างกระบวนการไพรมิง เป็นการกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมภายใน เมล็ดก่อนที่จะนำไปเพาะปลูก (Soeda et al., 2005) หรือ อาจเกิดการกระตุ้นกิจกรรมของสารต้านอนุมูล อิสระ (antioxidant activity) (Bailly et al., 2000) หรือ เกิดจากกระบวนการซ่อมแซมเซลล์ที่เสื่อมสภาพ (Balestrazzi et al., 2011; Kibinza et al., 2011) ส่งผล ต่อการยกระดับความงอก

น้ำส้มควันไม้ (wood vinegar, WV) หรือกรดไพโรลิกเนียส (pyroligneous acid) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้ จากการเผาถ่านในสภาพอับอากาศซึ่งเกิดจากการ ควบแน่นของควัน ในน้ำส้มควันไม้มีสารประกอบต่างๆ มากกว่า 200 ชนิด โดยมีกรดอะซิติกเป็นองค์ประกอบ หลัก ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีต่างๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของ ไม้ที่นำไปเผา และอุณหภูมิที่ใช้ในการเผา (Nakai et al., 2005) มีรายงานว่า สารละลายจากควันสามารถ กระตุ้นการงอกและการพัฒนาของต้นกล้าสมุนไพร พืชเมืองในแอฟริกา (Brown et al., 1993; Sparg et al., 2005) และการใช้ควันในรูปแบบของน้ำส้มควันไม้ เป็นสารแช่เมล็ดในการไพรมิง สามารถส่งเสริมการงอก

ของเมล็ดและการพัฒนาต้นกล้าข้าว (สินีนาง และคณะ, 2560; Kulkarni et al., 2006; Jothityangkoon et al., 2007) นอกจากนี้ยังมีวิธีการไพรมิงอื่นๆ ที่มีรายงานว่า สามารถยกระดับความงอกได้ การไพรมิงเมล็ดพันธุ์ข้าวในสารละลาย CaCl_2 สามารถเพิ่มจำนวนต้นต่อพื้นที่ ผลผลิต และคุณภาพข้าว (Farooq et al., 2007, Rehman et al., 2011) เช่นเดียวกับงานทดลองในข้าว โดย Lee et al. (1998) ซึ่งพบว่า hydropriming หรือ การไพรมิงโดยการแช่เมล็ดข้าวในน้ำกลั่น (0 MPa) เป็นเวลา 4 วัน ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส หรือ การแช่ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เวลา 1 วัน และแช่เมล็ดในสารละลาย -0.6 MPa PEG เป็นเวลา 4 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดข้าวงอกได้เร็วกว่าเมล็ดข้าวที่ไม่ผ่านการแช่

โดยมีระยะเวลาของการงอก 50 เปอร์เซ็นต์ ล้นลงถึง 0.9-3.7 วัน ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการไพรมิงเมล็ดต่อการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่สีม่วง ซึ่งงานทดลองที่ผ่านมาส่วนใหญ่เป็นการศึกษาในข้าวนาสวน

วิธีการศึกษา

เมล็ดพันธุ์: ศึกษาในข้าวไร่สีม่วง 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ลิ้มผั่ว พันธุ์ ULR 038 และพันธุ์เมล็ดฝ้าย จากโครงการปรับปรุงพันธุ์ข้าว คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งมีคุณลักษณะตามที่แสดงใน

Table 1

Table 1 Seed characteristics

Variety	1000 seed weight (g)	% seed coat to seed weight	Germination (%)
Leum Pua	35.11	19.99	89
ULR 038	33.30	20.01	83
Maled Pai	26.36	19.99	87

การทดลองที่ 1 การศึกษารูปแบบการดูดอมน้ำของเมล็ด (water imbibition pattern)

การศึกษารูปแบบการดูดน้ำของเมล็ด จะมีความสัมพันธ์กับการทำไพรมิง การทดลองนี้จึงมีความสำคัญ ในการใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นของการกำหนดระยะเวลาของการแช่เมล็ด ทำการทดลองเดือนมีนาคม พ.ศ.2555 ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยวิธีการไพรมิงที่ศึกษา ได้แก่ การแช่เมล็ดในสารละลาย NaCl (-1.25 MPa) สารละลาย CaCl_2 (-1.25 MPa) สารละลาย polyethylene glycol (PEG 8000) (-1.5 MPa) สารละลายน้ำส้มควันไม้ (WV) ในอัตรา 1:300 (น้ำส้มควันไม้:น้ำ, v/v) และในน้ำกลั่น กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ โดยสุ่มเมล็ด 25 เมล็ด/ซ้ำ แช่เมล็ดในสารละลาย 75 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยความเข้มข้นของสารละลายที่ใช้ในการทดลองนี้ ใช้ข้อมูลจากงานวิจัยที่มีการรายงานไว้ และการทดสอบเบื้องต้นทำการชั่งน้ำหนักเมล็ดก่อนแช่ แล้วนำเมล็ดพันธุ์ข้าวแต่ละพันธุ์ไปแช่สารละลายต่างๆ ตามกรรมวิธี ทำการ

ชั่งน้ำหนักเมล็ด ทุกๆ 1 ชั่วโมง ใน 10 ชั่วโมงแรก และทุก 12 ชั่วโมงจนถึง 60 ชั่วโมง ทำการจดบันทึก และคำนวณเป็นน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นในแต่ละชั่วโมง หรือแต่ละช่วง เพื่อศึกษารูปแบบการดูดน้ำของเมล็ด

การทดลองย่อยที่ 2 การศึกษาผลของการไพรมิงเมล็ดโดยใช้สารแช่เมล็ด ระยะเวลาในการแช่เมล็ดที่แตกต่างกัน และการเก็บรักษาต่อเปอร์เซ็นต์การงอกข้าว

วิธีการทดลอง: ดำเนินการทดลองในห้องปฏิบัติการระหว่างเดือนมีนาคม-มิถุนายน 2555 ใช้แผนการทดลองแบบ Factorial in Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ โดยมีปัจจัยที่ทำการศึกษา 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยที่ 1 ระยะเวลาของการแช่เมล็ด คือ ที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ปัจจัยที่ 2 กรรมวิธีการแช่เมล็ด ได้แก่ การแช่เมล็ดด้วยสารละลาย CaCl_2 (-1.25 MPa) การแช่เมล็ดด้วยสารละลาย NaCl (-1.25 MPa) การแช่เมล็ดด้วยสารละลาย polyethylene glycol (PEG 8000) (-1.5 MPa) การแช่เมล็ดใน

สารละลายน้ำส้มควันไม้ (WV) เจือจาง 300 เท่า และ แช่เมล็ดด้วยน้ำกลั่น (0 MPa) (เนื่องจากการเปรียบเทียบระยะเวลาของการแช่ การทดลองนี้ได้ใช้ เปอร์เซ็นต์ความงอกเริ่มต้นของเมล็ดแห้ง เป็นวิธีควบคุม)

นำเมล็ดที่ผ่านการไพร่ตามกรรมวิธีการทดลอง มาแบ่งเป็นสองชุด โดยชุดหนึ่งทำการทดสอบความงอกทันที และอีกชุดหนึ่งนำมาลดความชื้นด้วยการใช้ พัดลมเป่าที่อุณหภูมิห้อง จนเมล็ดพันธุ์มีความชื้นอยู่ในระดับใกล้เคียงกับความชื้นเริ่มต้น ทำการทดสอบความงอก และเก็บรักษาเมล็ดที่ผ่านการไพร่ และลดความชื้นแล้วอีกส่วนหนึ่งในถุงพลาสติก เก็บถุงพลาสติกในกล่องพลาสติก และเก็บรักษาภายใต้สภาพอุณหภูมิห้อง เพื่อทดสอบความสามารถในการเก็บรักษาของเมล็ดที่ผ่านการไพร่ ระหว่างการเก็บรักษา 3 เดือน ทดสอบความงอกโดยวิธี between paper ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำการทดลองกรรมวิธีละ 4 ซ้ำๆ ละ 50 เมล็ด จากนั้นทำการตรวจนับความงอกเมล็ดพันธุ์ที่ 5 วัน หลังจากเพาะเมล็ด และ รายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอกของการนับครั้งแรก (First count germination percentage) และที่ 14 วันหลังจากเพาะเมล็ดเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอกของการนับครั้งสุดท้าย (final count germination percentage) (ISTA, 2011)

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลตามแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี (Least Significant Difference, LSD) โดยใช้โปรแกรม Satatistix8

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาแบบการอุ้มน้ำของเมล็ดพบว่า สารละลายที่ใช้ในการแช่เมล็ด มีผลทำให้เมล็ดข้าวพันธุ์ลิ้มผั่วดูดน้ำได้แตกต่างกัน ในช่วงแรก และ ช่วงที่ 7 และ 8 ของการแช่ โดยเมล็ดที่ผ่านการแช่เมล็ดด้วยสารละลาย NaCl มีการดูดน้ำอย่างรวดเร็วกว่าสารละลายอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ แต่หลังจากช่วงที่ 8-36 เมล็ดที่แช่ในน้ำกลั่น หรือในสารละลาย มีการดูดน้ำได้ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ และการ

เพิ่มขึ้นของน้ำหนักเริ่มครั้งที่ 48 ชั่วโมงหลังการแช่ (Table 2) ในข้าวพันธุ์ ULR038 การแช่เมล็ดในสารละลายทุกชนิด มีแนวโน้มที่จะดูดน้ำได้มากกว่าการแช่เมล็ดในน้ำอย่างเดียวก่อน ในช่วง 3-9 ชั่วโมงหลังการแช่ แต่หลังจากช่วงที่ 8-36 เมล็ดที่แช่ในน้ำกลั่น หรือในสารละลาย มีการดูดน้ำได้ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ และการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเริ่มครั้งที่ 48 ชั่วโมงหลังการแช่ สำหรับการแช่ในสารละลายน้ำส้มควันไม้ และการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักเริ่มครั้งที่ 60 ชั่วโมงหลังการแช่ (Table 2) ในส่วนพันธุ์เมล็ดฝ้าย การแช่เมล็ดด้วยสารละลาย PEG ทำให้เมล็ดมีการดูดน้ำอย่างรวดเร็วกว่าการแช่ด้วยสารละลายอื่นๆ ที่ระยะเวลา 3 ชั่วโมงแรก และไม่พบความแตกต่างหลังจากนั้น เมล็ดที่แช่ใน PEG และน้ำส้มควันไม้เริ่มมีน้ำหนักครั้งที่ 48 ชั่วโมงหลังการแช่ ในขณะที่การแช่เมล็ดในสารละลายอื่น น้ำหนักของเมล็ดเริ่มครั้งที่ 60 ชั่วโมงหลังแช่ (Table 2)

การศึกษาค่าผลของชนิดของสารละลาย และระยะเวลาในการแช่ในการต่อการงอก พบว่า การประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอกครั้งแรก สามารถใช้ระบุความเร็วในการงอก หรือ ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ได้ การแช่เมล็ดใน PEG และน้ำกลั่น เพียง 24 ชั่วโมง ทำให้ข้าวไร่น้ำลิ้มผั่วมีความงอกสูงกว่าการแช่ 48 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่พบอิทธิพลของสารที่ใช้แช่เมล็ดเมื่อเพาะทันทีหลังการแช่ เมื่อมีการตากลดความชื้นเมล็ดก่อนเพาะไม่พบอิทธิพลของระยะเวลาแช่ที่แตกต่างกัน แต่พบความแตกต่างของความงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์ลิ้มผั่วที่ผ่านการแช่ในสารละลาย WV (91.75%) CaCl_2 (89.50%) และ PEG (89.50%) ซึ่งสูงกว่าความงอกของเมล็ดที่ผ่านการแช่เมล็ดในน้ำกลั่น (86.00%) หรือ NaCl (84.75%) อย่างมีนัยสำคัญ โดยข้าวพันธุ์ลิ้มผั่วในสภาพเมล็ดแห้งมีความงอก 89 % (Table 3) ส่วนเปอร์เซ็นต์ความงอกในการประเมินครั้งสุดท้ายพบว่า เมื่อเพาะเมล็ดทันทีหลังแช่พบอิทธิพลของการแช่ที่ 24 ชั่วโมง โดยเมล็ดที่ผ่านการแช่เมล็ดในสารละลาย WV และสารละลาย PEG มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงกว่าวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญ แต่เมื่อแช่นาน 48 ชั่วโมงจะไม่พบความแตกต่างในกรรมวิธีการแช่ และการตากลดความชื้นหลังการแช่

ก่อนเพาะความงอก พบการตอบสนองเช่นเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์ความงอกในการประเมินครั้งแรก (Table 4)

การศึกษาในพันธุ์ ULR 038 พบว่า การแช่เมล็ดที่ 24 ชั่วโมง มีความงอกเมื่อประเมินครั้งแรกสูงกว่าการแช่ 48 ชั่วโมง เมื่อเพาะทันที การแช่เมล็ดใน WV NaCl และ PEG ทำให้เมล็ดข้าวพันธุ์ ULR 038 งอกสูงกว่าการแช่เมล็ดในน้ำกลั่น เมื่อตากลดความชื้นของเมล็ดที่ผ่านการไพรมิง หรือการแช่เมล็ดก่อนเพาะ การแช่ 24 หรือ 48 ชั่วโมงให้ผลเช่นเดียวกัน และการแช่เมล็ดในสารละลาย WV NaCl และ PEG ทำให้เมล็ดงอกได้ดีกว่าเมล็ดที่ผ่านการแช่ใน CaCl_2 และในน้ำกลั่นอย่างมีนัยสำคัญ (Table 5) ส่วนผลต่อความงอกในการประเมินครั้งสุดท้าย ไม่พบอิทธิพลของระยะเวลาแช่ ไม่ว่าจะเป็นเพาะทันที หรือ เพาะหลังการตากลดความชื้น การแช่เมล็ดในสารละลาย CaCl_2 NaCl PEG และ WV ทำให้ข้าวงอกได้มากกว่า 90% ซึ่งสูงกว่าการแช่เมล็ดในน้ำกลั่น (86%) เมื่อเพาะเมล็ดทันที อย่างไรก็ตาม หากมีการตากลดความชื้น จะไม่พบอิทธิพลของ CaCl_2 (Table 6)

การศึกษาในข้าวพันธุ์เมล็ดฝ้าย พบอิทธิพลของระยะเวลาแช่ และวิธีการแช่ต่อความงอกในการประเมินครั้งแรก เมื่อเพาะทันทีโดยที่ไม่พบอิทธิพลของวิธีการแช่ หากมีการแช่เมล็ด 24 ชั่วโมง แต่เมื่อแช่เมล็ด เป็นเวลา 48 ชั่วโมง พบว่าการแช่ด้วยสารละลายทุกชนิด ทำให้เมล็ดข้าวพันธุ์เมล็ดฝ้าย มีความงอกสูงกว่า เมื่อแช่เมล็ดด้วยน้ำกลั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อมีการตากก่อนเพาะ จะพบว่าอิทธิพลของการแช่ด้วย PEG เมื่อแช่ 24 ชั่วโมง แต่การแช่ 48 ชั่วโมงในสารละลาย WV ทำให้ข้าวพันธุ์เมล็ดฝ้าย มีความงอกเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับกรรมวิธีการแช่อื่นๆ (Table 7) ส่วนผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกในการประเมินครั้งสุดท้าย พบการตอบสนองในทำนองเดียวกันกับเปอร์เซ็นต์ความงอก เมื่อประเมินครั้งแรก โดยการแช่เมล็ดในสารละลาย WV และ CaCl_2 48 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดข้าวมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุด ส่วนการแช่ใน PEG ให้ผลดีเช่นเดียวกับ WV และ CaCl_2 หากแช่เพียง 24 ชั่วโมง (Table 8)

เมื่อนำเมล็ดที่ผ่านการไพรมิงที่ระยะเวลาต่างๆ มาเก็บรักษาภายใต้อุณหภูมิห้อง พบว่า ก่อนการเก็บ

รักษา (0 เดือน) เมล็ดข้าวพันธุ์เมล็ดฝ้ายที่ผ่านการแช่เมล็ดเพียง 24 ชั่วโมง มีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ผ่านการแช่ 48 ชั่วโมง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อผ่านการเก็บรักษา 2 และ 3 เดือน ไม่พบอิทธิพลของระยะเวลาในการแช่ต่อความงอก ส่วนวิธีการแช่พบว่า การแช่ในสารละลายทุกชนิด ยกเว้นการแช่ในน้ำ ทำให้ข้าวพันธุ์เมล็ดฝ้าย มีความงอกสูงกว่าเมล็ดแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อมีการเก็บรักษานานขึ้น เมล็ดมีการเสื่อมคุณภาพตามเวลา แต่เมล็ดที่ผ่านการแช่ ยังคงความงอกสูงกว่าเมล็ดแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมล็ดที่ผ่านการแช่ใน WV ยังคงความงอกสูงสุด (89%) หลังการเก็บรักษา 3 เดือน โดยเฉพาะเมื่อมีการแช่เมล็ดเพียง 24 ชั่วโมง (91.75 %) (Table 10) ในพันธุ์ ULR 038 ไม่พบอิทธิพลของระยะเวลาในการแช่เมล็ด โดยเมล็ดที่ผ่านแช่มีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ทั้งก่อน และหลังการเก็บรักษา โดยหลังการเก็บรักษา 3 เดือน เมล็ดที่ผ่านการแช่ใน WV PEG และ NaCl ยังคงความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ผ่านการแช่ใน CaCl_2 ในน้ำกลั่นหรือเมล็ดแห้ง (Table 9) ในพันธุ์เมล็ดฝ้าย การแช่ 48 ชั่วโมง เมล็ด มีความงอกสูงกว่า แต่ เมล็ดที่ผ่านการแช่เมล็ดถูกเก็บรักษาเป็นเวลา 3 เดือน เมล็ดที่ผ่านการแช่เพียง 24 ชั่วโมง ยังคงมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ผ่านการแช่ 48 ชั่วโมงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 9) ส่วนวิธีการไพรมิงพบว่า เมล็ดที่ผ่านการไพรมิง โดยการแช่ใน PEG WV และ CaCl_2 มีคุณภาพก่อนการเก็บรักษาสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรมิง หรือ เมล็ดแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อผ่านการเก็บรักษา 3 เดือน เมล็ดมีความงอกลดลง แต่เมล็ดที่ผ่านการไพรมิง ยังมีคุณภาพสูงกว่าเมล็ดแห้งหรือเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรมิง อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการไพรมิง ด้วยการแช่เมล็ด ใน WV น้ำกลั่น และ PEG ทำให้เมล็ดมีความงอกเฉลี่ย 85, 84 และ 82 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่เมล็ดแห้งมีความงอก เฉลี่ย 67% (Table 9)

วิจารณ์

โดยทั่วไปการไพรมิงเมล็ดต้องเริ่มพิจารณาระยะเวลาในการแช่เมล็ด แม้ว่ารูปแบบโดยทั่วไปของการ

การดูดอมน้ำของเมล็ด จะมี 3 ระยะ แต่ความแตกต่างของระยะเวลาในแต่ละช่วงขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง รวมทั้งชนิดของเมล็ด ซึ่งมีขนาด ความหนาบางของเปลือกหรือเยื่อหุ้มเมล็ดที่ต่างกัน ซึ่งจะเห็นว่าในงานทดลองนี้ การดูดอมน้ำของเมล็ดข้าวพันธุ์ลิ้มผั่ว จะเริ่มคงที่ 48 ชั่วโมง ก่อนพันธุ์อื่นๆ การที่ข้าวพันธุ์ลิ้มผั่วมีขนาดเมล็ดใหญ่ที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับพันธุ์อื่นๆ อาจส่งผลต่อการมีพื้นที่สัมผัสกับน้ำมากกว่า ทำให้สามารถดูดน้ำได้เร็วมากกว่า แต่อย่างไรก็ตาม หากเมล็ดมีการดูดน้ำที่เร็วมากเกินไปอาจส่งผลให้เกิด soaking injury ได้ (Woodstock and Taylorson, 1981) ในการทดลองนี้ ระยะเวลาของการแช่เมล็ดที่ 24 ชั่วโมงทำให้เมล็ดข้าวทุกพันธุ์ที่ทำการทดสอบงอกได้เร็วกว่าเมื่อพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์ความงอกในการประเมินครั้งแรก และเมื่อทำการเพาะทดสอบทันทีหลังการแช่ แต่การตากลดความชื้นเมล็ดก่อนเพาะเมล็ดข้าวที่ผ่านการแช่ 24 หรือ 48 ชั่วโมง ให้ผลไม่แตกต่างกันซึ่งการตากลดความชื้นได้ทำให้อิทธิพลของระยะเวลาในการแช่เมล็ดในระหว่างการไพรมิงหายไป เพราะเมล็ดจากทุกระยะต้องกลับไปเริ่มกิจกรรมที่ส่งผลต่อกระบวนการงอกจะจุดเดียวกัน ในขณะที่การเพาะเมล็ดทันทีหลังการแช่ ปฏิบัติการต่างๆ เช่น การกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ ที่เกิดขึ้นเมื่อเมล็ดเริ่มดูดน้ำ จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องไม่ได้ทำให้กระบวนการชะงักอันเนื่องมาจากการตาก ในการทดลองนี้ การไพรมิงโดยการแช่เมล็ดที่ 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดทุกพันธุ์งอกได้เร็วกว่าการแช่เมล็ดที่ 48 ชั่วโมง นั้น ส่วนสารละลายที่ใช้แช่เมล็ดในการทดลองนี้ ซึ่งได้แก่ CaCl_2 , NaCl และ PEG มีคุณสมบัติในการควบคุมศักย์ออสโมติก (osmotic potential) และส่งผลต่อศักย์ของน้ำ หรือ ความเป็นประโยชน์ของน้ำ (water availability) และการใส่สารเหล่านี้ในการแช่เมล็ดพบว่า ทำให้เมล็ดข้าวทุกพันธุ์ดูดอมน้ำได้มากกว่าการแช่เมล็ดในน้ำอย่างเดียว โดยเฉพาะในช่วงแรกของการดูดอมน้ำ การดูดอมน้ำที่แตกต่างกันเมื่อมีการแช่เมล็ดในสารละลายต่างชนิดกัน อาจส่งผลต่อการงอกที่แตกต่างกัน ซึ่ง Ruttanaruangboworn et al. (2017) ได้ศึกษาการไพรมิงเมล็ดข้าว 2 พันธุ์ คือ ข้าวดอกมะลิ 105 และ

กข. 15 โดยการแช่เมล็ดในสารละลาย KNO_3 โดยพบว่าการใช้ KNO_3 ในความเข้มข้นสูงจะใช้เวลาการดูดอมน้ำระยะที่ 1 และ 2 นานขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้น 0.1% และ 0.2% พบว่า KNO_3 ที่ความเข้มข้น 0.1% สามารถยกระดับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ โดยทำให้เมล็ดข้าวงอกได้เร็วขึ้นและสม่ำเสมอมากขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับกระบวนการดูดอมน้ำที่ระยะที่ 1 และ 2 สั้นสุดเร็วขึ้น ซึ่งหมายความว่ากระบวนการทำงานของเอนไซม์ เพื่อย่อยสลายอาหารสะสมต่างๆ เกิดเร็วขึ้นส่งผลต่อการงอกที่เร็วขึ้น (Lee and Kim, 2000; Brocklehurst and Dearman, 2008; Hussain et al., 2015) อย่างไรก็ตาม ในการไพรมิงเมล็ดโดยการใส่สารเพื่อควบคุมการดูดน้ำและหากใส่ในความเข้มข้นที่สูงขึ้น อาจยืดระยะการดูดอมน้ำในระยะเวลาที่ 2 ให้นานขึ้น และเอื้อให้เมล็ดที่เสื่อมคุณภาพสามารถมีเวลาในการซ่อมแซมเซลล์ที่มีการเสื่อมสภาพ นำมาสู่การงอกที่ดีขึ้น (Farooq et al., 2006) ซึ่งชี้ให้เห็นว่า การพัฒนาวิธีการไพรมิงของเมล็ดพืชแต่ละชนิดที่มีคุณภาพเริ่มต้นที่ต่างกันต้องมีการศึกษาวิธีการที่เหมาะสมแตกต่างกันออกไป

การไพรมิงเมล็ดโดยการแช่เมล็ดในสารละลาย WV มีแนวโน้มที่จะให้ผลดีมากกว่าวิธีการแช่เมล็ดในสารละลายอื่นๆ หรือ การแช่เมล็ดในน้ำ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการที่ WV มีองค์ประกอบทางเคมีที่มีรายงานว่าสามารถกระตุ้นการงอกหรือเป็นสารที่มีคุณลักษณะคล้ายกับฮอร์โมน (Flematti et al., 2004; Chiwocha et al., 2009) จึงส่งผลทำให้เมล็ดที่ผ่านการแช่ในสารละลาย WV งอกได้ดีกว่า โดยเฉพาะอย่างยิ่งหากต้องมีการเก็บรักษาเมล็ดที่ผ่านการไพรมิง อิทธิพลของ WV จะยังคงอยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้าวในพันธุ์ลิ้มผั่วที่หลังการเก็บรักษา 3 เดือน เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ผ่านการไพรมิงโดยการแช่ในสารละลาย WV ยังคงมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ผ่านการไพรมิงโดยวิธีอื่นๆ และเมล็ดแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Tables 9, 10) นอกจากนี้คุณสมบัติดังกล่าว การที่ WV ช่วยให้กระบวนการดูดอมน้ำของเมล็ดข้าวเกิดขึ้นได้เร็วและสิ้นสุดระยะ 2 เร็วขึ้นอาจเป็นสาเหตุอีกประการหนึ่งที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ที่มากกว่าวิธีอื่น

Table 1 Increased in seed weight (g/25 seeds) after different imbibition periods (h)

Priming methods		Increased in seed weight (g/25 seeds) of Luem Pua rice after imbibition (h)													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	24	36	48	60
CaCl ₂	0.1340 b	0.2733 a	0.2480 a	0.1813 a	0.1423	0.1103	0.0823 b	0.0683 b	0.2583	0.0183	0.0257	0.0120	NI	NI	
	0.2137 a	0.1783 bc	0.1473 ab	0.1740 a	0.1310	0.1300	0.1380 a	0.1093 a	0.0847	0.0353	0.0247	0.0163	NI	NI	
	0.1410 b	0.2190 b	0.1700 ab	0.1737 a	0.1427	0.1263	0.0847 b	0.0727 b	0.0580	0.0510	0.0293	0.0147	NI	NI	
	0.1163 b	0.1490 c	0.1197 b	0.0980 b	0.0800	0.0700	0.0590 b	0.0487 b	0.0427	0.0473	0.0273	0.0167	NI	NI	
Distilled water		0.1217 b	0.2010 b	0.1533 ab	0.1447 ab	0.1020	0.0950	0.0863 b	0.0760 b	0.0567	0.0490	0.0753	0.0117	NI	NI
F-test		**	**	*	*	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	-	-
C.V. (%)		22.99	26.52	38.89	36.87	21.80	30.20	22.15	22.57	31.14	13.10	29.10	30.58	-	-
		Increased in seed weight (g/25 seeds) of ULR 038 rice after imbibition (h)													
CaCl ₂	0.2020 b	0.1850	0.1733 ab	0.1540 a	0.1383 ab	0.1233 a	0.1067 a	0.0870 a	0.0743 ab	0.0460	0.0550	0.0343	0.0177	NI	
	0.2830 a	0.1947	0.1623 ab	0.0997 b	0.1720 a	0.0790 b	0.1120 a	0.0927 a	0.0940 a	0.0427	0.0483	0.0203	0.0113	NI	
	0.2477 ab	0.1990	0.1697 ab	0.1187 b	0.1237 ab	0.1003 ab	0.0810 ab	0.0660 ab	0.0490 bc	0.0567	0.0153	0.0283	0.0157	NI	
	0.2167 b	0.1987	0.1867 a	0.1767 a	0.1467 ab	0.1283 a	0.1047 a	0.0830 a	0.0617 bc	0.0110	0.0483	0.0190	NI	NI	
Distilled water		0.2130 b	0.1413	0.1227 b	0.1003 b	0.0837 b	0.0723 b	0.0463 b	0.0367 b	0.0390 c	0.0537	0.0337	0.0490	0.0350	NI
F-test		*	ns	*	**	*	*	*	*	ns	ns	ns	ns	-	-
C.V. (%)		12.83	12.68	20.15	14.24	33.49	23.57	26.90	27.05	26.50	314.45	38.44	95.42	123.24	-

NI = not increasedns = not significant; * ** = significantly different at p<0.05 and 0.01, respectively

Means followed by the same letter(s) in the same column were not significantly different by Least significant difference (LSD) at p=0.05

Table 3 Germination percentage of Luem Pua rice evaluated at 5 days after germination (first count evaluation)

Priming methods	Germination (%) ¹ after imbibition (h)			Germination (%) ² after imbibition (h)		
	24	48	Average	24	48	Average
CaCl ₂	92.50 ab	89.00 bc	90.75 A	89.00 abc	90.00 ab	89.50 A
NaCl	92.00 ab	89.00 bc	90.50 A	84.50 cd	85.00 cd	84.75 B
PEG	96.50 a	88.50 bc	92.50 A	92.00 a	87.00 bcd	89.50 A
Wood vinegar	95.00 a	92.50 ab	93.75 A	92.50 a	91.00 ab	91.75 A
Distilled water	96.00 a	85.00 c	90.50 A	83.50 d	88.50 abc	86.00 B
Average	94.40 A	88.80 B		88.30 A	88.30 A	
F-test						
Priming methods (P)	ns			*		
Imbibition periods (I)	**			ns		
P X I	**			**		
C.V. (%)	3.66			3.78		

¹germination test was conducted after priming; ²germination test was conducted after primed seeds were dried to original seed moisture content

Initial germination of Luem Pua dry seed was 89%; ns = not significant; *, ** = significantly different at p<0.05 and 0.01, respectively

Means within priming methods (P) or within imbibition periods (I) followed by the same capital letter(s) were not significantly different by Least significant difference (LSD) at p=0.05

Means within P X I followed by the same lower case letter(s) were not significantly different by Least significant difference (LSD) at p=0.05

Table 4 Germination percentage of Luem Pua rice evaluated at 14 days after germination (final count evaluation)

Priming methods	Germination (%) ¹ after imbibition (h)			Germination (%) ² after imbibition (h)		
	24	48	Average	24	48	Average
CaCl ₂	93.50 bc	92.00 bcd	92.75 ABC	90.00 abc	91.00 ab	90.25 A
NaCl	93.50 bc	90.25 d	91.88 BC	85.50 cd	86.00 cd	85.75 B
PEG	95.00 ab	91.50 cd	93.25 AB	93.00 a	88.00 bcd	89.50 A
Wood vinegar	97.00 a	91.50 cd	94.25 A	93.50 a	92.00 ab	92.75 A
Distilled water	90.25 d ³	91.00 cd	90.63 C	84.00 d	89.50 abc	87.00 B
Average	93.85 A	91.25 B		88.30 A	88.30 A	
F-test						
Priming methods (P)	*			*		
Imbibition periods (I)	**			ns		
P X I	**			*		
C.V. (%)	2.00			2.60		

¹germination test was conducted after priming; ²germination test was conducted after primed seeds were dried to original seed moisture content

³Seed germination percentage of the final count was lower than first count due to the developing seedlings decay.

Initial germination of Luem Pua dry seed was 89%; ns = not significant; *, ** = significantly different at p<0.05 and 0.01, respectively
Means within priming methods (P) or within imbibition periods (I) followed by the same capital letter(s) were not significantly different by Least significant difference (LSD) at p=0.05;

Means within P X I followed by the same lower case letter(s) were not significantly different by Least significant difference (LSD) at p=0.05

Table 5 Germination percentage of ULR 038 rice evaluated at 5 days after germination (first count evaluation)

Priming methods	Germination (%) ¹ after imbibition (h)			Germination (%) ² after imbibition (h)		
	24	48	Average	24	48	Average
CaCl ₂	86.50	82.00	84.25 AB	84.00 c	89.00 b	86.50 B
NaCl	88.50	81.50	85.00 A	90.50 ab	93.50 a	92.00 A
PEG	90.00	80.50	85.25 A	91.50 ab	91.50 ab	91.50 A
Wood vinegar	91.00	85.50	88.25 A	94.00 a	91.50 ab	92.75 A
Distilled water	82.00	75.50	78.75 B	83.50 c	88.50 c	83.50 B
Average	87.60 A	81.00 B		88.70 A	89.80 A	
F-test						
Priming methods (P)		*			**	
Imbibition periods (I)		**			ns	
P X I		ns			*	
C.V. (%)		6.74			3.46	

¹ germination test was conducted after priming; ² germination test was conducted after primed seeds were dried to original seed moisture content

Initial germination of ULR083 dry seed was 83%; ns = not significant; *, ** = significantly different at p<0.05 and 0.01, respectively

Means within priming methods (P) or within imbibition periods (I) followed by the same capital letter(s) were not significantly different

by Least significant difference (LSD) at p=0.05

Means within P X I followed by the same lower case letter(s) were not significantly different by Least significant difference (LSD) at p=0.05

Table 6 Germination percentage of ULO 038 rice evaluated at 14 days after germination (final count evaluation)

Priming methods	Germination (%) ¹ after imbibition (h)			Germination (%) ² after imbibition (h)		
	24	48	Average	24	48	Average
CaCl ₂	89.00	92.00	90.50 A	86.00	91.00	88.50 B
NaCl	93.00	94.50	93.75 A	92.50	95.50	94.00 A
PEG	92.75	93.00	92.88 AB	93.50	93.50	93.50 A
Wood vinegar	94.00	92.50	93.25 A	96.00	93.50	93.75 A
Distilled water	85.50	86.50	86.00 C	83.50	90.50	85.50 B
Average	90.85 A	91.70 A		90.70 A	91.80 A	
F-test						
Priming methods (P)		**			**	
Imbibition periods (I)		ns			ns	
P X I		ns			ns	
C.V. (%)		2.79			2.40	

¹ germination test was conducted after priming; ² germination test was conducted after primed seeds were dried to original seed moisture content

Initial germination of ULR083 dry seed was 83%; ns = not significant; *, ** = significantly different at p<0.05 and 0.01, respectively

Means within priming methods (P) or within imbibition periods (I) followed by the same capital letter(s) were not significantly different

by Least significant difference (LSD) at p=0.05

Table 7 Germination percentage of Maled Pai rice evaluated at 5 days after germination (first count evaluation)

Priming methods	Germination (%) ¹ after imbibition (h)			Germination (%) ² after imbibition (h)		
	24	48	Average	24	48	Average
CaCl ₂	91.50 ab	87.00 b	89.25 AB	94.50 ab	94.50 ab	94.50 A
NaCl	92.00 ab	86.50 b	89.25 AB	88.50 c	88.00 c	88.25 B
PEG	94.00 a	88.00 b	91.00 A	96.00 a	87.00 c	97.50 A
Wood vinegar	92.00 ab	88.00 b	90.00 AB	91.50 abc	96.00 a	93.75 A
Distilled water	92.00 ab	80.50 c	86.25 B	88.00 c	89.00 bc	88.25 B
Average	92.30 A	86.00 B		91.70 A	90.90 A	
F-test						
Priming methods (P)	*			**		
Imbibition periods (I)	**			ns		
P X I	*			*		
C.V. (%)	4.30			4.19		

¹ germination test was conducted after priming; ² germination test was conducted after primed seeds were dried to original seed moisture content

Initial germination of Maled Pai dry seed was 87%; ns = not significant; *, ** = significantly different at p<0.05 and 0.01, respectively

Means within priming methods (P) or within imbibition periods (I) followed by the same capital letter(s) were not significantly different by Least significant difference (LSD) at p=0.05

Means within P X I followed by the same lower case letter(s) were not significantly different by Least significant difference (LSD) at p=0.05

Table 8 Germination percentage of Maled Pai rice evaluated at 14 days after germination (final count evaluation)

Priming methods	Germination (%) ¹ after imbibition (h)			Germination (%) ² after imbibition (h)		
	24	48	Average	24	48	Average
CaCl ₂	94.50 ab	95.00 ab	94.75 AB	94.00 ab	94.00 ab	94.00 A
NaCl	91.00 bc	92.50 abc	91.75 C	91.00 bc	93.00 abc	92.00 C
PEG	96.00 a	88.50 c	92.25 BC	96.00 a	89.00 c	92.50 B
Wood vinegar	95.50 a	96.00 a	95.75 A	95.00 a	95.25 a	95.12 A
Distilled water	89.50 c ³	91.00 bc	90.25 C	90.00 c	89.00 bc	89.50 C
Average	93.30 A	92.60 A		93.20 A	92.05 A	
F-test						
Priming methods (P)	**			*		
Imbibition periods (I)	ns			ns		
P X I	*			*		
C.V. (%)	3.12			4.78		

¹ germination test was conducted after priming; ² germination test was conducted after primed seeds were dried to original seed moisture content

³Seed germination percentage of the final count was lower than first count due to the developing seedlings decay.

Initial germination of Maled Pai dry seed was 87%;

ns = not significant; *, ** = significantly different at p<0.05 and 0.01, respectively

Means within priming methods (P) or within imbibition periods (I) followed by the same capital letter(s) were not significantly different by Least significant difference (LSD) at p=0.05

Means within P X I followed by the same lower case letter(s) were not significantly different by Least significant difference (LSD) at p=0.05

Table 9 Germination percentage of primed seeds during 3 months storage under ambient condition

Treatments	Germination (%) of primed seed after storage (m) under ambient condition								
	0	2	3	0	2	3	0	2	3
Imbibition period (I)	Leum Pua			ULR 038			Maled Pai		
24 h	93 a	89	81	89	89	84	90 b	92	79 a
48 h	90 b	89	80	89	89	86	94 a	92	78 b
Priming methods (P)									
CaCl ₂	92 abc	92 a	84 b	90 a	90 b	85 b	94 ab	84 e	78 bc
NaCl	91 bc	88 b	83 b	93 a	93 a	88 a	91 c	95 ab	75 c
PEG	93 ab	91 ab	80 bc	92 a	92 ab	90 a	96 a	92 cd	82 ab
Wood vinegar	94 a	93 a	89 a	93 a	92 ab	91 a	95 ab	94 bc	85 a
Distilled water	90 cd	89 b	76 c	86 b	86 c	81 c	89 c	96 a	84 a
Unprimed seed (control)	89 d	81 c	72 d	80 c	81 d	87 c	84 d	90 d	67 d
F-test									
Imbibition periods (I)	**	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	**
Priming methods (P)	**	**	**	**	**	**	**	**	*
I X P	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns
C.V. (%)	5.21	4.52	4.98	8.27	4.34	5.90	6.87	2.18	5.67

ns = not significant; *, ** = significantly different at $p < 0.05$ and 0.01 , respectively

Means followed by the same letter(s) in the same column were not significantly different by Least significant difference (LSD) at $p \leq 0.05$

Table 10 Effect of interaction between imbibition period and priming methods on germination percentage of Leum Pua at 3-month storage and Maled Pai at 2-month storage

Treatments	Leum Pua	Maled Pai
	Germination (%)	
	at 3 m	at 2 m
Imbibition period (I) x Priming methods (P)		
24 h x CaCl ₂	83.00 b	84.00 d
24 h x NaCl	83.50 b	94.50 ab
24 h x PEG	76.00 c	91.00 c
24 h x Wood vinegar	91.75 a	96.00 a
24 h x Distilled water	76.00 c	95.50 ab
Dry seed	73.00 cd	89.50 c
48 h x CaCl ₂	84.00 b	84.50 d
48 h x NaCl	82.00 b	95.00 ab
48 h x PEG	84.00 b	92.50 bc
48 h x Wood vinegar	85.75 b	91.00 c
48 h x Distilled water	76.00 c	96.00 a
Dry seed	69.50 d	91.00 c

Means followed by the same letter(s) in the same column were not significantly different by Least significant difference (LSD) at $p = 0.05$

สรุป

การไพรมิงเมล็ดโดยการแช่เมล็ดด้วยสารละลาย NaCl CaCl₂ PEG และ WV ทำให้การดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ 3 พันธุ์ คือ พันธุ์ลิ้มผั่ว ULR 038 และ เมล็ดฝ้าย มีการดูดน้ำของเมล็ดได้เร็วกว่าการแช่ด้วยน้ำเพียงอย่างเดียว กระบวนการดูดน้ำของข้าว จะสิ้นสุดระยะที่ 2 เร็วขึ้นเมื่อแช่เมล็ดข้าวในสารละลาย WV (พันธุ์ ULR 038) และในสารละลาย NaCl และ WV ในข้าวพันธุ์เมล็ดฝ้าย การแช่เมล็ด 24 ชั่วโมงจะทำให้เมล็ดข้าวไร่ทุกพันธุ์งอกได้ดีกว่าการแช่ 48 ชั่วโมง หากเพาะเมล็ดทันที แต่หากมีการตากลดความชื้นเมล็ดก่อนเพาะ จะไม่พบความแตกต่างของระยะเวลาแช่การไพรมิงเมล็ดโดยการแช่เมล็ดในสารละลาย NaCl CaCl₂ PEG และ WV ทำให้ข้าวไร่สีม่วงทั้งสามพันธุ์งอกได้ดีกว่าเมล็ดที่ผ่านการไพรมิงโดยการแช่ในน้ำอย่างเดียวและเมล็ดที่ไม่ผ่านการไพรมิง (เมล็ดแห้ง) การไพรมิงเมล็ดโดยการแช่เมล็ดในสารละลาย WV มีแนวโน้มที่จะให้ผลดีมากกว่าวิธีการแช่เมล็ดในสารละลายอื่นๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระหว่างการเก็บรักษา โดยพันธุ์ข้าวที่ผ่านการไพรมิงโดยการแช่ในสารละลาย WV ยังคงมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ผ่านการไพรมิงโดยวิธีอื่นๆ และเมล็ดแห้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

ดร.ณิ โชติษฐยากร. 2559. ชีววิทยา และ เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ สาขาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์ และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 279 หน้า.

สิรินาฏ กันยุตะ นันทวุฒิ จรุงกลาง, วรณวิภา แก้วประดิษฐ์ พลพินิจ, สันติไมตรี ก้อนคำดี, อนันต์ พลธานี และดร.ณิ โชติษฐยากร. 2560. การใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารแช่เมล็ดและฉีดพ่นทางใบ: ผลต่อการเจริญเติบโต ลักษณะคงความเขียวและผลผลิตของข้าวนาหว่านน้ำตม: เกษตร. 45(2): 273-284.

Bailly, C. 2004. Active oxygen species and antioxidants in seed biology. *Seed Science Research*. 14: 93-107.

Bailly, C., A. Benamar, F. Corbineau, and D. Côme. 2000. Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. *Seed Science Research*. 10: 35-42.

Balestrazzi, A., M. Confalonieri, A. Macovei, and D. Carbonera. 2011. Seed imbibition in *Medicago truncatula* Gaertn. Expression profiles of DNA repair genes in relation to PEG-mediated stress. *Journal of Plant Physiology*. 168: 706-713.

Brown, N.A.C., G. Kotze, and P.A. Botha. 1993. The promotion of seed germination of Cape Erica species by plant-derived smoke. *Seed Science and Technology*. 21: 573-580.

Brocklehurst, P.A., and J. Dearman. 2008. Interaction between seed priming treatments and nine seed lots of carrot, celery and onion II. Seedling emergence and plant growth. *Annals of Applied Biology*. 102: 583-593.

Chen, P.N., W.H. Kuo, C.L. Chiang, H.L. Chiou, Y.S. Hsieh, and S.C. Chu. 2006. Black rice anthocyanin inhibit cancer cells invasion via repressions of MMPs and u-PA expression. *Chemico-Biological Interactions*. 163: 218-229.

Chiwocha, S.D.S., K.W. Dixon, G.R. Flematti, E.L. Ghisalberti, D.J. Merritt, D.C. Nelson, J.M. Riseborough, M. Smith, and J.C. Stevens. 2009. Karrikins: A new family of plant growth regulators in smoke. *Plant Science*. 177: 252-256.

Farooq, M., S.M.A. Basra, R. Tabassum, and I. Afzal. 2006. Enhancing the performance of direct seeded fine rice by seed priming. *Plant Production Science*. 9: 446-456.

Farooq, M., S.M.A. Basra, and N. Ahmad. 2007. Improving the performance of transplanted rice by seed priming. *Plant Growth Regulation*. 51: 129-137.

Flematti, G.R., E.L. Ghisalberti, K.W. Dixon, and R.D. Trengove. 2004. A compound from smoke that promotes seed germination. *Science*. 305: 977.

- Guo, H., W. Ling, Q. Wang, C. Liu, Y. Hu, M. Xia, X. Feng, and X. Xia. 2007. Effect of anthocyanin-rich extract from black rice (*Oryza sativa* L. indica) on hyperlipidemia and insulin resistance in fructose-fed rats. *Plant Food for Human Nutrition*. 62: 1-6.
- Hussain, S., M. Zheng, F. Khan, A. Khaliq, S. Fahad, S. Peng, et al. 2015. Benefits of rice seed priming are offset permanently by prolonged storage and the storage conditions. *Scientific Report* 5, 8101. doi: 10.1038/srep 08101
- ISTA (The International Seed Testing Association). 2011. *International Rules for Seed Testing*. Bassersdorf, Switzerland.
- Jothityangkoon, D., C. Ruamtakhu, S. Tipparak, S. Wanapat, and A. Polthanee. 2007. Wood vinegar enhances seed germination and seedling development of rice. pp. 35-40. In: *Proceedings of The 2nd International Conference on Rice for the Future*. 5-9 November 2007. Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand.
- Kibinza, S., J. Bazin, C. Bailly, J.M. Farrant, F. Corbineau, and H. El-Maarouf-Bouteau. 2011. Catalase is a key enzyme in seed recovery from ageing during priming. *Plant Science*. 181: 309-315.
- Kulkarni, M.G., S.G. Sparg, M.E. Light, and J. Van Staden. 2006. Stimulation of rice (*Oryza sativa* L.) seedling vigour by smoke-water and butenolide. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 192: 395-398.
- Lee S.S., J.H. Kim, S.B. Hong, M.K. Kim, and E.H. Park. 1998. Optimum water potential, temperature, and duration for priming of rice seeds. *Korean Journal of Crop Science*. 43: 1-5.
- Lee, S.S., and J.H. Kim. 2000. Total sugars, α -amylase activity, and emergence after priming of normal and aged rice seeds. *Korean Journal of Crop Science*. 45: 108-111.
- Nakai, T., S.N. Kartal, T. Hata, and Y. Imamura. 2007. Chemical characterization of pyrolysis liquids of wood-based composites and evaluation of their bio-efficiency. *Building and Environment*. 42: 1236-1241.
- Rehman, H., S.M.A. Basra, M. Farooq, N. Ahmad, and I. Afzal. 2011. Seed priming with CaCl_2 improves stand establishment, yield and quality attributes in direct seeded rice (*Oryza sativa*). *International Journal of Agriculture & Biology*. 13: 786-790.
- Ruttanaruangboworn, A., W. Chanprasert, P. Tobunluepop, and D. Onwimol. 2017. Effect of seed priming with different concentrations of potassium nitrate on the pattern of seed imbibition and germination of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Integrative Agriculture*. 16: 605-613.
- Soeda, Y., M.C.J.M. Konings, O. Vorst, A.M.M.L. van. Houwelingen, G.M. Stoope, C.A. Maliepaard, J. Kodde, R.J. Bino, S.P.C. Groot, and A.H.M. van der Geest. 2005. Gene expression programs during *Brassica oleracea* seed maturation, osmopriming, and germination are indicators of progression of the germination process and the stress tolerance level. *Plant Physiology*. 137: 354-368.
- Sparg, S.G., M.G. Kulkarni, M.E. Light, and J. Van Staden. 2005. Improving seedling vigour of indigenous medicinal plants with smoke. *Bioresearch Technology*. 96: 1323-1330.
- Stoner, G.D. 2009. The preclinical and clinical development of berries. *Cancer Prevention Research*. 2: 187-194.
- Woodstock, L., and R.B. Taylorson. 1981. Soaking injury and its reversal with polyethylene glycol in relation to respiratory metabolism in high and low vigour soybean seeds. *Plant Physiology*. 53: 263-268.