

การเตรียมความพร้อมเมล็ดเพื่อความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม
Seed priming for unfavorable condition tolerance

จุฑามาส พักทองพรรณ ^{1/}
Juthamas Fakthongphan ^{1/}

ABSTRACT

Good quality seed having high and uniform germination is an important factor for crop production. Seed priming boosts physiological activities on seed quality during seed germination for improving seed performance. In seed priming, seeds are hydrated in a suitable condition aiming to provide adequate water to start the metabolism processes of germination, but not enough to allow germination to be completed. Primed seeds usually result in an accelerated and more uniform germination. These normal and uniform seedlings from primed seeds lead to a higher yield production comparing with untreated seeds. Seed priming is also called as a seed enhancement method in order to counter unfavorable conditions such as drought, salinity and cold conditions, taking place in crop production nowadays. Seed priming prepares seeds to be ready to cope with such conditions. For example, primed capsicum seeds can be overcome cold and salinity conditions after treated with H_2O_2 + ABA or NaCl solution.

Key words: Seed priming unfavorable environment

^{1/} กลุ่มวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ผลงานวิจัย กองแผนงานและวิชาการ กรมวิชาการเกษตร
50 ถนนพหลโยธิน จตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

^{1/} Research-Into Use Analysis Group, Planning and Technical Division, Department of Agriculture,
50 Praholyothin Rd. Chatuchak, Bangkok 10900

บทคัดย่อ

เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพ มีความงอกสูงอย่างสม่ำเสมอ เป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตพืชอย่างมีประสิทธิภาพ การเตรียมความพร้อมเมล็ดเป็นวิธีการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทางสรีรวิทยา โดยอาศัยหลักการให้เมล็ดดูดน้ำให้เพียงพอที่จะกระตุ้นการงอกทางสรีรวิทยา แต่ยังไม่ถึงระดับที่ทำให้รากงอก และลดความชื้นของเมล็ดลงให้อยู่ในระดับเริ่มแรก การเตรียมความพร้อมเมล็ด ส่งผลต่อการงอกของเมล็ด ทำให้เมล็ดใช้ระยะเวลาในการงอกลดลง มีความงอกสม่ำเสมอ ได้ต้นกล้าสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้น ต้นกล้าตั้งตัวและเจริญเติบโตได้เร็ว นำไปสู่การได้ผลผลิตมากกว่าการปลูกพืชจากเมล็ดที่ไม่ได้รับการเตรียมความพร้อม ทั้งนี้การผลิตพืชในปัจจุบันมักพบปัญหาสภาพแวดล้อมที่ผันแปรไม่เอื้อต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืช เช่น สภาพความแห้งแล้ง ดินเค็ม อากาศหนาวเย็น เป็นต้น การเตรียมความพร้อมเมล็ดจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยให้เมล็ดมีความพร้อมในการงอกในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม

คำหลัก : การเตรียมความพร้อมเมล็ด สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม

คำนำ

การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ (Seed Enhancement) เป็นเทคนิคที่นำใช้กับเมล็ดภายหลังเก็บเกี่ยวมาแล้ว เช่น การเตรียมความพร้อมเมล็ด (priming) การพอกเมล็ด (pelleting)

การหุ้มเมล็ด (pre-germination) เพื่อให้เมล็ดลดการพักตัว และมีความงอกเพิ่มขึ้น อย่างสม่ำเสมอ (Halmer, 2016) ขณะที่การเตรียมความพร้อมเมล็ด เป็นวิธีการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทางสรีรวิทยาให้ดีขึ้น เพื่อให้เมล็ดพัฒนาการงอกให้อยู่ในระดับเดียวกันหรือใกล้เคียงกัน ส่งผลให้ความงอกเพิ่มอย่างสม่ำเสมอ และใช้เวลาในการงอกสั้นลง ได้ต้นกล้าที่สมบูรณ์ ทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น (Bewley and Black, 1982) การเตรียมความพร้อมเมล็ด คือการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดจะดูดซับความชื้นจนเพียงพอต่อการงอกและกระตุ้นการงอกทางสรีรวิทยา แต่ยังไม่ถึงระดับที่ทำให้รากงอก และลดความชื้นของเมล็ดลงให้อยู่ในระดับเริ่มแรก (McDonald, 2000) การเตรียมความพร้อมเมล็ด สามารถนำไปใช้ทั้งในเมล็ดผัก ไม้ดอก และพืชปลูกหลายชนิด เช่น กะหล่ำ พริก มะเขือเทศ ทานตะวัน ถั่วเหลือง และข้าว เป็นต้น

การผลิตพืชในปัจจุบันไม่อาจหลีกเลี่ยงปัจจัยสภาพแวดล้อมที่ผันแปรที่ไม่เอื้อต่อการงอกและการเจริญเติบโตของพืช เช่น สภาพความแห้งแล้ง ดินเค็ม อากาศหนาวเย็น เป็นต้น การเตรียมความพร้อมเมล็ดเป็นวิธีการที่ช่วยให้เมล็ดมีความพร้อมในการงอกในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ เช่น การเตรียมความพร้อมเมล็ดแดงโมโดยใช้สารละลาย โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เพื่อให้สามารถทนต่อสภาพดินเค็มได้ (salinity condition) การเตรียมความพร้อมเมล็ดพริกเพื่อให้สามารถทนต่อสภาพหนาวเย็น และความเครียดจากความเค็ม โดยการแช่น้ำที่ผสมกรดแอมโซซิก

(Abscisic acid, ABA) เป็นต้น วัตถุประสงค์ของบทความนี้ เพื่อให้ข้อมูลเกี่ยวกับเทคนิคการเตรียมความพร้อมเมล็ดและผลลัพท์ที่เกิดขึ้นในพืชชนิดต่าง ๆ

การเตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์ (seed priming)

การเตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์ อาศัยหลักการที่ให้เมล็ดดูดน้ำ (imbibition) ให้เพียงพอที่จะกระตุ้นกระบวนการงอกทางสรีรวิทยา แต่ยังไม่ถึงระดับที่ทำให้รากงอก โดยเมล็ดจะผ่านการดูดน้ำใน phase I และ phase II และลดความชื้นของเมล็ดลงให้อยู่ในระดับเริ่มแรกเพื่อทำการเก็บรักษา และนำไปปลูกต่อไป (McDonald, 2000)

การดูดน้ำของเมล็ด

การดูดน้ำของเมล็ดแบ่งออกได้เป็น 3 ระยะ (Figure 1) ได้แก่

ระยะที่ 1 หรือ ระยะดูดน้ำ (imbibition phase) ในเมล็ดแห้งที่มีค่าศักย์น้ำ ซึ่งอาจมีค่าต่ำมากถึง -100 MPa เมื่อเมล็ดได้รับน้ำ เมล็ดจะดูดน้ำอย่างรวดเร็ว โดยจะเกิดกับเมล็ดทุกประเภท ทั้งเมล็ดที่มีการพักตัว หรือเมล็ดที่ตาย ในระยะนี้ภายในเซลล์ของเมล็ดมีการจัดเรียงตัวของเนื้อเยื่อ รวมทั้งมีการซ่อมแซมเยื่อของอวัยวะต่าง ๆ ภายในเมล็ด และในช่วงท้ายของระยะ เอนไซม์ภายในเมล็ดจะเริ่มทำงาน (Figure 2)

ระยะที่ 2 หรือ ระยะงัน (lag phase) เป็นระยะที่เมล็ดเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึม

เมล็ดมีแรงดูดน้ำลดลง ในระยะต้นประมาณ -1.5 ถึง -1.0 MPa ส่งผลให้การดูดน้ำช้าลง เมล็ดมีการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิก เอนไซม์ต่าง ๆ จะทำงานมากขึ้น มีการย่อยสลายสารโมเลกุลใหญ่ให้เล็กลง เพื่อใช้เป็นแหล่งอาหารให้ต้นอ่อนที่กำลังเจริญ (Figure 2)

ระยะที่ 3 หรือ ระยะการเจริญเติบโตของต้นอ่อน (embryo growth) ในระยะนี้จุดเจริญ (growing point) โดยเฉพาะส่วนของรากแรกเกิด (radicle) มีการแบ่งและยึดตัวของเซลล์เกิดขึ้น รากจะแทงทะลุเมล็ดออกมา การดูดน้ำที่เพิ่มขึ้นในระยะนี้ เกิดจากแรงดูดน้ำแบบออสโมซิสของรากแรกเกิด (Figure 2)

วิธีการเตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์

การเตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์นั้นมีหลายวิธี เช่น การแช่เมล็ดในน้ำ (Hydropriming) การแช่เมล็ดในสารละลายที่มีค่าศักย์น้ำต่ำ (water potential) ที่นิยมเรียกว่า Osmopriming การแช่

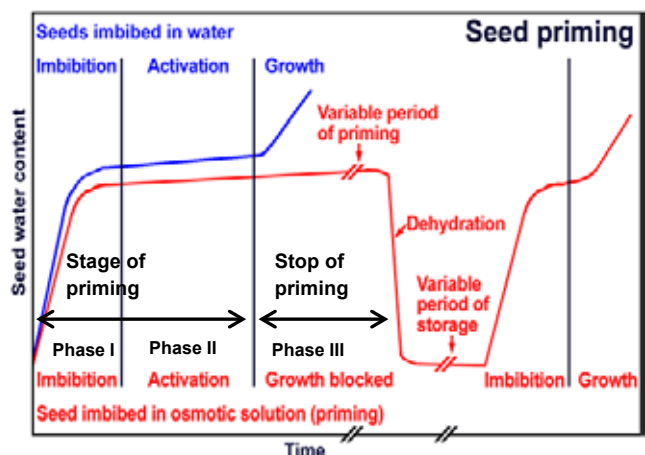


Figure 1 Seed priming concepts during imbibition phases (Source: Bradford and Bewley, 2002)

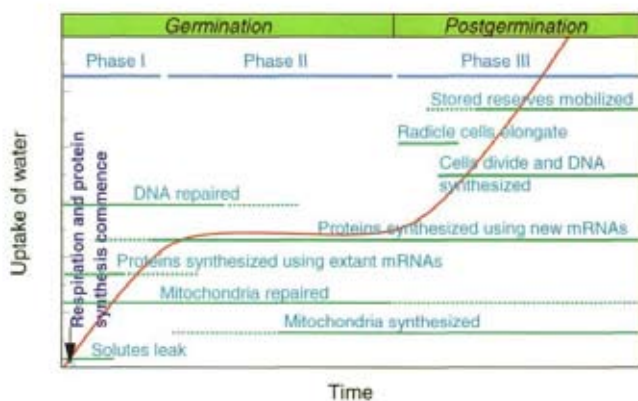


Figure 2 Time course of major events associated with germination and subsequent postgerminative growth (Source : Bewley, J.D. 1977)

เมล็ดในสารละลายเคมี (Chemical priming) การใช้วัสดุที่มีค่าซลคักยต์้า (Solid matrix priming) การใช้วัสดุทางชีวภัณฑ์ (Biological priming/ biopriming) และการแช่เมล็ดในธาตุอาหาร (Nutrient priming) เป็นต้น

1. การเตรียมความพร้อมเมล็ดด้วยการแช่เมล็ดในน้ำ (hydropriming)

วิธีการแช่เมล็ดในน้ำเป็นวิธีการที่ง่าย ต้นทุนต่ำ ไม่มีสารพิษตกค้างกับสิ่งแวดล้อม สามารถแช่เมล็ดได้ปริมาณมาก ช่วยให้เมล็ดงอกเร็วขึ้น และทำให้ต้นกล้าเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอ (Abebe and Modi, 2009) การแช่เมล็ดในน้ำสามารถชักนำให้ต้นกล้าที่งอกมีความแข็งแรง และสามารถทนต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ ปัจจัยที่สำคัญของวิธีการแช่เมล็ดในน้ำคือ อุณหภูมิและระยะเวลาการแช่เมล็ดที่เหมาะสม ซึ่งสามารถวัดจากการดูต้นน้ำ ขณะที่เมล็ด

งอกได้ (kaya et al., 2006) ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาก่อนในพืชแต่ละชนิด เช่น ในหัวหอม พบว่าการเตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการแช่น้ำสามารถเพิ่มระดับความงอกของเมล็ดและความแข็งแรงของเมล็ด เมื่อแช่เมล็ดในน้ำเป็นเวลา 96 ชม. (Caseiro et al., 2004) ตัวอย่างพืชที่ทำการกระตุ้นการงอกด้วยวิธีการแช่เมล็ดในน้ำ ได้แก่ มะเขือเทศ ผักกาดหอม ถั่วเหลือง พริก ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต หัวหอม แดงโม กะหล่ำ ผักชี เป็นต้น

ในสภาพขาดน้ำ/แห้งแล้ง เมล็ดที่ผ่านการเตรียมความพร้อมด้วยการแช่น้ำ เมล็ดจะงอกเร็วขึ้น ความยาวของรากมากกว่าเมล็ดปกติ 3-4 เท่า ต้นกล้ามีความแข็งแรง ทนทานต่อความแห้งแล้งและสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้เพิ่มขึ้น Farahani and Maroufi (2011) รายงานว่า ในสภาพดินเค็มการเตรียมความพร้อมเมล็ดกะเพรา (*Ocimum basilicum* L.) ก่อนปลูกด้วยวิธีการแช่เมล็ดในน้ำ มีผลให้ความงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้น ต้นกล้าแข็งแรง และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับข้าวโพดที่ปลูกในสภาพที่มีความเครียดจากความเค็ม และความแห้งแล้ง การเตรียมความพร้อมเมล็ดด้วยวิธีการแช่น้ำ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มความแข็งแรงให้แก่เมล็ดได้ (Janmohammadi et al., 2008) ถั่วเขียวที่ผ่านการเตรียมความพร้อมของเมล็ดด้วยวิธีการแช่น้ำ มีผลทำให้เมล็ดงอกเร็วขึ้น ต้นกล้ามีความสมบูรณ์มากกว่าต้นกล้าที่งอกจากเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมความพร้อมของเมล็ด 45% นอกจากนี้ ยังมีชีวมวล

และผลผลิตสูงถึง 80% มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมความพร้อม 38.5% (Rashid *et al.*, 2004)

2. การเตรียมความพร้อมเมล็ดด้วยการแช่เมล็ดในสารละลายที่มีค่าชลศกย์ต่ำ (Osmopriming)

การเตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์โดยวิธีการแช่เมล็ดลงในสารละลายที่มีค่าชลศกย์ต่ำ เพื่อให้เมล็ดดูดน้ำอย่างช้าๆ เข้าสู่ภายในเมล็ด และเกิดกระบวนการงอก เป็นวิธีที่ใช้เทคนิคขั้นตอน และค่าใช้จ่ายมากกว่าการเตรียมความพร้อมเมล็ดด้วยการแช่ในน้ำ ถึงอย่างไรก็ตาม การแช่เมล็ดในสารละลายดังกล่าว ใช้ระยะเวลาการแช่เมล็ดสั้นกว่าและเมล็ดมีเปอร์เซ็นต์ความงอกที่ดีกว่า ดังนั้นการแช่เมล็ดในสารละลายจึงเป็นวิธีที่เกษตรกรนิยมเพื่อเป็นทางเลือกในการเพิ่มผลผลิตอีกทางหนึ่ง (Foti *et al.*, 2008)

สารละลายที่นิยมนำมาใช้ในการเตรียมความพร้อมเมล็ด มี 2 ประเภท ได้แก่ สารจำพวก organic salt เช่น Polyethylene glycol (PEG) และสารจำพวก inorganic salt เช่น KNO_3 , KCl , K_3PO_4 , KH_2PO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 , NaCl และ mannitol เป็นต้น (Bradford *et al.*, 1990) สารละลายดังกล่าวสามารถรักษาโครงสร้างของ plasma membrane มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกที่ดีขึ้น Farooq *et al.* (2006) รายงานว่าเมล็ดข้าวที่ผ่านการแช่ในสารละลายจำพวก osmohardening เช่น NaCl ทำให้แป้งที่สะสมไว้ในเมล็ดถูกย่อยเป็นน้ำตาลที่สามารถนำไปใช้ในกระบวนการงอกเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้

ต้นกล้ามีความแข็งแรง มีการเจริญเติบโต ขนาดเมล็ด และลักษณะคุณภาพของข้าวดีขึ้น การเตรียมความพร้อมเมล็ดด้วยวิธีการแช่ในสารละลายจะให้ได้ผลดีกับเมล็ดพืชขนาดเล็ก เช่น พักกาด พริก แครอท หอม เป็นต้น Patade *et al.* (2009) รายงานว่าการเตรียมความพร้อมเมล็ด แดงโม ทานตะวัน ถั่วเขียว ด้วยการแช่เมล็ดในสารละลาย NaCl นั้น เป็นวิธีการที่เหมาะสมในการเตรียมเมล็ดให้สามารถงอกและเจริญเติบโตในสภาพเค็มและแล้งได้

เนตรชนกและคณะ (2555) พบว่าการแช่เมล็ดพริกข้าวในสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 2.0% เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุด และใช้เวลาในการงอกที่ 50% สั้นที่สุด เมล็ดมีอัตราการงอกและความสม่ำเสมอของต้นกล้าเพิ่มมากขึ้น ขณะที่ Khalil *et al.* (2001) ได้รายงานว่าการแช่เมล็ดข้าวฟ่าง ทานตะวัน มะเขือเทศ แดงกวา และถั่วเหลืองในสารละลาย PEG (-1.1 และ -1.8 MPa) เป็นเวลา 24 ชม. ส่งผลให้เมล็ดมีความงอกเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน

3. การเตรียมความพร้อมเมล็ดด้วยการแช่เมล็ดในสารละลายสารเคมี (Chemical priming)

สารเคมีหลายชนิดสามารถนำมาทำเป็นสารละลาย เพื่อแช่เมล็ดพืชสำหรับการเตรียมความพร้อม ในสภาวะที่พืชต้องการความต้านทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม สารละลายเคมีที่ใช้ในการแช่เมล็ด อาจเป็นสารประกอบธรรมชาติ หรือสารสังเคราะห์ก็ได้ เช่น selenium ZnSO_4 , CuSO_4 , butenolide

ethanol choline putrescine paclobutrazol และ KH_2PO_4 เป็นต้น

สาร butenolide (3-methyl-2H-furo [2,3-c] pyran-2-one) เป็นสารสกัดที่ได้จากการรมควันและเผาเซลล์โลสพีช สามารถนำมาใช้ในการเตรียมความพร้อมเมล็ด จะช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้กับต้นกล้ามากขึ้น เช่น ช่วยให้การงอกของเมล็ดและเจริญเติบโตของต้นกล้าพริกเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้สาร butenolide ยังช่วยลดความเสี่ยงในการเข้าทำลายของโรคเมล็ดพันธุ์ได้ด้วย (Demir *et al.*, 2012)

เมล็ดยาสูบที่ผ่านกรรมวิธีการเตรียมความพร้อมเมล็ด ด้วยการแช่เมล็ดในสารละลาย putrescine จะช่วยให้เมล็ดมีความทนทานต่อความเย็น ทำให้เมล็ดงอกและต้นกล้าเจริญเติบโตได้มากขึ้น (Xu *et al.*, 2011) เมล็ดข้าวที่ผ่านการเตรียมความพร้อมเมล็ดด้วยสารละลาย 1 หรือ 5% ethanol มีผลให้เมล็ดงอกเร็วขึ้นและมีความสม่ำเสมอ (Farooq *et al.*, 2006) การเตรียมความพร้อมเมล็ดข้าวสาลีด้วยสารละลาย choline 5mM ชักนำให้เมล็ดมีความทนทานต่อความเค็มมากขึ้น (Salama *et al.*, 2011) นอกจากนี้ Chitosan ที่ได้จากวัสดุของเหลือจากอุตสาหกรรมอาหารทะเล มีผลให้เปอร์เซ็นต์ความงอกในเมล็ดเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากการทำงานของเอนไซม์ไลเปส (lipase) ปริมาณฮอร์โมน GA3 และ IAA ในเมล็ดเพิ่มมากขึ้น

4. การเตรียมความพร้อมเมล็ดด้วยสารกำจัดเชื้อรา (fungicides priming)

สารกำจัดเชื้อราหลายชนิดถูกนำมาใช้ใน

การทำให้พืชทนต่อสภาพเครียดที่เกิดจากสิ่งมีชีวิต (biotic stress tolerance) เช่น การเตรียมความพร้อมเมล็ดทานตะวัน โดยใช้สารจำพวก strobilurin (strifloxystrobin, azoxystroin, kresoxim-methyl) มีผลดีช่วยลดการเกิดโรคน้ำค้าง นอกจากนี้สาร strobilurin ยังมีผลช่วยเพิ่มปริมาณและคุณภาพของผลผลิตในพืชหลายชนิดด้วย การใช้สารกำจัดเชื้อราส่วนใหญ่นิยมใช้วิธีการคลุกกับเมล็ดโดยตรง (seed dressing) หรือแช่เมล็ดในสารละลาย (seed soaking) แล้วจึงเคลือบเมล็ดด้วย Methycellulose ในรูปผง (Ali *et al.*, 2001)

5. การเตรียมความพร้อมเมล็ดด้วยการใช้วัสดุที่มีค่าชลศกัย์ต่ำ (solid matrix priming)

กระบวนการเพิ่มความแข็งแรงให้เมล็ดด้วยการใช้วัสดุแข็งหรือวัสดุกึ่งแข็ง ที่มีค่าชลศกัย์ต่ำแทนการใช้วัสดุที่เป็นของเหลว โดยการคลุกเคล้าเมล็ดกับวัสดุนั้น ๆ Copeland and McDonald (1995) รายงานว่ามีการใช้วัสดุแข็ง (solid) และกึ่งของแข็ง (semi-solid) ระหว่าง -0.4 ถึง -1.5 MPa ได้แก่ วัสดุจากธรรมชาติ เช่น พีทมอส ทราย vermiculite หรือวัสดุการค้า เช่น sodium polypropionate get, synthetic calcium silicate เป็นต้น นำวัสดุ วัสดุแข็งหรือกึ่งแข็งมาผสมกับน้ำในปริมาณที่เหมาะสมและคลุกวัสดุดังกล่าวกับเมล็ด เก็บที่อุณหภูมิ 15 °C เป็นเวลา 7-14 วัน จากนั้นจึงแยกเมล็ดออกจากวัสดุในกรณีที่ไม่ต้องการให้วัสดุดังกล่าวปนกับวัสดุปลูก นอกจากนี้ยังสามารถนำวัสดุที่ทำได้ในท้องถิ่น เช่น ขี้เลื่อย ฟงถ่าน (charcoal) ขี้เถ้า

มาปรับใช้ในวิธีการนี้ได้ นงนุชและบุญมี (2556) รายงานว่าการเตรียมความพร้อมเมล็ดโดยการใช้ bentonite ผสมกับ charcoal ร่วมกับวัสดุประสาน hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) มีผลทำให้ความงอกของข้าวโพดไร่สูงถึง 99% และความเร็วในการงอกคิดเป็น 24.9%

วิธีการเตรียมความพร้อมเมล็ดด้วยการใช้วัสดุที่มีค่าซลคักย์ต่ำนั้นต่างจากการเตรียมความพร้อมเมล็ดโดยการแช่น้ำ โดยเฉพาะการดูดน้ำของเมล็ดจะเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ และปริมาณน้ำที่เมล็ดดูดนั้นจะน้อยกว่าการแช่เมล็ดในน้ำ ซึ่งช่วยลดปัญหาเมล็ดถูกทำลายจากเชื้อราระหว่างการเตรียมความพร้อมเมล็ดได้ (Mercado and Fermanadez, 2002) และการดูดน้ำปริมาณน้อยอย่างช้า ๆ ยังส่งผลดีต่อกระบวนการซ่อมแซม

ภายในของเมล็ด วิธีการนี้สามารถใช้ได้ดีกับเมล็ดทั้งขนาดใหญ่และขนาดเล็ก เช่น ถั่วเหลือง หัวหอม พริก แครอท เป็นต้น

การเตรียมความพร้อมเมล็ดเพื่อพัฒนาให้ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ดังแสดงใน Table 1

ปัจจัยที่มีผลต่อการเตรียมความพร้อมเมล็ด

1. วิธีการกระตุ้นการงอก

การกระตุ้นการงอกของเมล็ดมีผลต่อการงอกของเมล็ดที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับวิธีการขั้นตอนและสารเคมีที่ใช้ เช่น การกระตุ้นการงอกของเมล็ดถั่วเหลืองโดยใช้สารละลาย PEG และการใช้น้ำ พบว่า การใช้ PEG (-1.1 และ -1.8 MPa) ทำให้เมล็ดถั่วเหลืองงอกและเจริญเป็น

Table 1 Seed priming methods implemented for developing abiotic stress tolerance in plants

Plant	Priming method	Abiotic tolerance
Basil	Hydropriming	Salinity
Capsicum	H ₂ O ₂ + ABA, NaCl priming	Cold and salt stress
Lettuce	Chemical priming (KH ₂ PO ₄), biopriming (PGER)	Salt stress
Maize	Seed priming, chemical priming (CuSO ₄ , ZnSO ₄), on-farm seed priming	Salinity and drought
Melon (<i>Cucumis melo</i>)	NaCl priming	Salinity
Rice	Hydropriming, PEG, KCl, CaCl ₂ , ascorbate priming	Drought

(source: Jisha *et al.*, 2013)

ต้นกล้าปกติได้เร็วกว่าการใช้น้ำ (Khalil *et al.*, 2001) ชินานาตย์และบุญมี (2554) รายงานว่า ความงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มสายพันธุ์ที่ปลูกส่งโรงงานอุตสาหกรรมและ กลุ่มสายพันธุ์รับประทานผลสด สามารถกระตุ้น ความงอกให้เพิ่มขึ้นด้วยการใช้สารละลาย KNO_3 และ KH_2PO_4 ทั้งนี้ยังพบอิทธิพลร่วมระหว่าง พันธุ์มะเขือเทศกับชนิดของสารละลายที่ใช้ด้วยการ ใช้สารละลาย KNO_3 และ KH_2PO_4 สามารถเพิ่มคุณภาพการงอกของเมล็ดพันธุ์ มะเขือเทศกลุ่มสายพันธุ์ส่งโรงงานอุตสาหกรรม ได้ดีที่สุดในขณะที่เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศสายพันธุ์ รับประทานผลสด การแช่ในสารละลาย KH_2PO_4 ทำให้จำนวนต้นกล้าปกติเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับ ชนิดตราและคณะ (2553) รายงานว่าเมล็ด แดงกว่าสายพันธุ์ต่างกัน ตอบสนองต่อวิธีการ เตรียมความพร้อมเมล็ดต่างกัน โดยเมล็ด แดงกว่าพันธุ์งอกชให้เปอร์เซ็นต์ความงอกและ ค่าดัชนีการงอกสูงสุดเมื่อเตรียมความพร้อม เมล็ดในสารละลาย manitol ขณะที่พันธุ์บิงโก และพันธุ์ 103 B ให้เปอร์เซ็นต์ความงอกและ ค่าดัชนีการงอกสูงสุดเมื่อเตรียมความพร้อมเมล็ด ในสารละลาย KNO_3 และสารละลาย Chitosan

2. ระยะเวลาในการเตรียมความพร้อมเมล็ด

การเตรียมความพร้อมเมล็ดที่อุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสมก่อนนำไปปลูก ช่วยให้เมล็ด มีความงอก และเมล็ดงอกสม่ำเสมอเพิ่มขึ้น (Bewley *et al.*, 1985) ทั้งนี้เมล็ดพืชแต่ละชนิด ต้องการระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่เมล็ดที่

แตกต่างกัน เนื่องจากความสามารถในการซึมน้ำ ของเปลือกเมล็ด ขนาดเมล็ด การดูดใช้ออกซิเจน รวมถึงโครงสร้าง และองค์ประกอบของเมล็ด แตกต่างกัน เช่น เมล็ดที่มีเปลือกหนา น้ำผ่านได้ ยาก จึงใช้เวลาในการแช่เมล็ดนานกว่าเมล็ดที่มี เปลือกบาง ขณะที่เมล็ดที่มีแป้งและไขมันเป็น องค์ประกอบจะมีอัตราการดูดน้ำต่ำกว่าเมล็ดที่ ประกอบด้วยโปรตีน นอกจากนี้ อุณหภูมิ ความ เข้มข้นของน้ำ และชนิดของวัสดุเพาะ ทำให้ ช่วงเวลาการดูดน้ำในแต่ละระยะของเมล็ด แตกต่างกัน (วันชัย, 2553)

3. สภาพแวดล้อมระหว่างการเตรียมความพร้อมเมล็ด

3.1 การเติมอากาศ/ออกซิเจน (Aeration)

เมล็ดต้องการออกซิเจนในการหายใจระหว่าง กระบวนการพัฒนาเมล็ด ปริมาณออกซิเจนใน สารละลายที่ใช้ในกระบวนการงอกระหว่างการ เตรียมเมล็ดนั้น มีความจำเป็นต่อเมล็ดและ กระบวนการงอกของเมล็ด ทั้งนี้เมล็ดพืชมีความ อ่อนไหวต่อปริมาณออกซิเจนในการงอกแตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดของพืช อุณหภูมิ ระดับการพักตัว และสรีรวิทยาของเมล็ด โดยทั่วไปเมล็ดต้องการ ออกซิเจนในช่วง 0.005- 21% สำหรับการงอก 50% (Bradford *et al.*, 2008) การให้อากาศ กับเมล็ด มีผลทำให้เมล็ดงอกได้เร็วกว่าการเตรียม ความพร้อมเมล็ดที่ไม่ใช้อากาศร่วมด้วย เมล็ด หัวหอมที่ผ่านการเตรียมความพร้อมด้วย สารละลาย PEG ในสภาพให้ออกซิเจนที่พอเพียง มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าเมล็ดที่เตรียม

ความพร้อมในสภาพไม่มีอากาศ (Bujalski *et al.*, 1989)

3.2 อุณหภูมิ อุณหภูมิและศักย์ออสโมซิส (osmotic potential) ก็มีผลต่อระยะเวลาในการเตรียมความพร้อมเมล็ด การเตรียมความพร้อมเมล็ดที่อุณหภูมิต่างกัน ส่งผลต่ออัตราการดูดน้ำของเมล็ด การงอกของเมล็ด รวมถึงค่าชลคัยของสารละลาย (Parkins-Veazle and Cantliffe, 1994) นอกจากนี้เมล็ดแต่ละชนิดมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเตรียมความพร้อมเมล็ดที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับชนิดพืช เช่น การเตรียมความพร้อมเมล็ดมะเขือเทศ แครอท และหัวหอม อุณหภูมิ 15 °ซ เป็นเวลา 14 วัน ช่วยเพิ่มความงอกของเมล็ดมากกว่าที่อุณหภูมิ 25 °ซ (Haigh *et al.*, 1986) เมล็ดหัวหอมที่ผ่านการเตรียมเมล็ดด้วยวิธี osmopriming โดยใช้สาร PEG -1.5 MPa ที่อุณหภูมิ 20 °ซ มีผลให้เมล็ดมีความงอกเพิ่มขึ้น และเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าปกติสูงกว่าการใช้วิธีการเดียวกันที่อุณหภูมิ 15 °ซ (Jagosz, 2015) หากเตรียมความพร้อมเมล็ดที่อุณหภูมิที่ต่ำกว่าช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการงอกนั้น จะส่งผลให้การงอกรากของเมล็ดลดลง

อุณหภูมิขณะที่ทำการเตรียมความพร้อมเมล็ด มีความเกี่ยวข้องกับชนิด และความเข้มข้นของสารละลาย และระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมความพร้อมเมล็ด Heydecker *et al.*, (1975) รายงานว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการเตรียมความพร้อมเมล็ด หัวหอม หัวบีท และแครอท คือ 10 15 และ 20 °ซ ตามลำดับ สำหรับ

การเตรียมความพร้อมเมล็ดโดยใช้สารละลาย mannitol ในเมล็ดหัวหอม พบว่าเมล็ดงอกได้ดีและเร็วกว่าที่อุณหภูมิ 10 °ซ เมื่อเทียบกับอุณหภูมิ 24 °ซ (Furutani *et al.*, 1986) เช่นเดียวกับการเตรียมความพร้อมเมล็ดแครอทด้วยสารละลาย PEG -0.5 MPa ที่อุณหภูมิ 25 °ซ เมล็ดมีความงอกสูงสุด 63% ขณะที่อุณหภูมิ 15 °ซ เมล็ดไม่มีการงอกเกิดขึ้นเลย (Elballa, 1987)

3.3 แสง เป็นอีกปัจจัยที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ด ถึงแม้เมล็ดพืชส่วนใหญ่ไม่ต้องการแสงในการงอก แต่เมล็ดพืชบางชนิดยังต้องการแสงในการงอก เช่น เมล็ดพริก ยาสูบ มะเขือเทศ ผักกาดขาวปลี ผักกาดหอมบางสายพันธุ์ (วันชัย, 2553) ดังนั้นเมื่อนำเมล็ดดังกล่าวมาทำการเตรียมความพร้อมเพื่อกระตุ้นการงอก ควรมีการให้แสงระหว่างการเตรียมเมล็ดด้วย ทั้งนี้เมล็ดต้องมีการดูดน้ำให้มีความชื้นสูงพอ จึงสามารถใช้แสงกระตุ้นการงอกระหว่างการเตรียมเมล็ด เช่น เมล็ดผัก endive ที่ผ่านการเตรียมความพร้อมด้วยสารละลาย KNO_3 ภายใต้แสงสีแดง เมล็ดมีความงอกสม่ำเสมอเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเมล็ดภายใต้สภาพมืด (Bekendam *et al.*, 1987) เช่นเดียวกับเมล็ดขึ้นฉ่ายฝรั่ง ที่ผ่านการเตรียมความพร้อมด้วยสารละลาย PEG และ BA มีความงอกเพิ่มมากขึ้นที่อุณหภูมิสูงภายใต้แสง เปรียบเทียบกับในสภาพมืด (Nakamura *et al.*, 1982) ขณะที่ Tiryaki and Keles (2012) รายงานว่าเมล็ด pavelia ที่ผ่านการเตรียมความพร้อมด้วยสารละลาย metatonin 0.3 m

ที่ อุณหภูมิ 15 °C ในสภาพมืด ให้ความงอกที่ 50% เร็วที่สุดเพียง 0.56 วัน เท่านั้น

3.4 น้ำ ความชื้นหรือน้ำเป็นปัจจัยสำคัญ ในกระบวนการงอกของเมล็ด เมล็ดส่วนใหญ่ต้องการความชื้นสูง เพียงพอต่อการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ชนิดต่าง ๆ เพื่อย่อยสลายอาหารที่สะสมในเมล็ดมาใช้ในกระบวนการงอก เนื่องจากต้นอ่อนจะเก็บสะสมโปรตีน ขณะที่ส่วนเก็บอาหารจะสะสมแป้งและไขมัน ต้นอ่อนจึงต้องการน้ำมากเพื่อกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในการย่อยอาหารที่สะสมไว้ และนำมาใช้ในกระบวนการงอก (วันชัย, 2553) แต่เมล็ดพืชบางชนิด เช่น ปวยเล้ง พบว่าถ้าเมล็ดมีการดูดน้ำมากเกินไป ทำให้เมล็ดดูดออกซิเจนได้ลดลง ส่งผลกระทบต่อให้อัตราการงอกลดลง (Gulliver and Heydecker, 1973)

4. คุณภาพของเมล็ด

คุณภาพเริ่มต้นของเมล็ดมีผลต่อการเตรียมความพร้อมเมล็ด เพราะการเตรียมความพร้อมเมล็ดไม่สามารถยกระดับความงอกของเมล็ดได้ ถ้าในเมล็ดมีความมีชีวิตที่ต่ำมาก หรือความงอกที่ต่ำจนเกินไป เมล็ดพืชที่ต่างชนิด ต่างสายพันธุ์ ย่อมมีลักษณะทางกายภาพและองค์ประกอบเคมีที่ต่างกัน ส่งผลให้การตอบสนองต่อการเตรียมความพร้อมเมล็ดต่างกันไปด้วย นอกจากนี้ในเมล็ดพืชชนิดเดียวกัน แต่ต่างชุด (lot) กันการตอบสนองของเมล็ดก็อาจแตกต่างกันจากการเตรียมความพร้อมเมล็ด (Bradford *et al.*, 1990) ความแข็งแรงของเมล็ด (seed vigor) เป็นอีกปัจจัยหนึ่ง

ที่สำคัญที่มีผลต่อการตอบสนองของเมล็ดในการเตรียมความพร้อมเมล็ด โดยพบว่าการเตรียมความพร้อมเมล็ดทะเลสาบพันธุ Great Lakes และ Montello ที่ไม่สามารถลดการพักตัวประเภท thermodormancy ที่ผ่านการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ได้ ขณะที่เมล็ดที่ผ่านการเตรียมความพร้อม ยังคงมีชีวิตหลังจากการเร่งอายุและมีอัตราการงอกที่เร็วขึ้น (Perkins-Veazie and Cantliffe, 1984) การเตรียมความพร้อมเมล็ดเพื่อเร่งอัตราการงอก จากเมล็ดที่มีความแข็งแรงสูง ให้ผลการงอกของเมล็ดสูงและสม่ำเสมอมากกว่าเมล็ดที่มีความแข็งแรงต่ำ (Suena, 1990) ขณะที่ขนาดของเมล็ดก็มีผลกระทบต่อเตรียมความพร้อมเมล็ดเช่นกัน Li *et al.* (2005) รายงานว่าการเตรียมความพร้อมเมล็ด 'Expo Wine' ด้วยการแช่ในน้ำ เมล็ดที่มีขนาดใหญ่ จะมีอัตราการงอกเร็วกว่าเมล็ดขนาดเล็ก ดังนั้นโดยทั่วไปบริษัทเมล็ดพันธุ์ทำการวิเคราะห์เตรียมความพร้อมเมล็ดแต่ละชุดเพราะความแข็งแรงของเมล็ด มีผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ด

5. การลดความชื้นเมล็ดและการเก็บรักษา

การลดความชื้นและการเก็บรักษาเป็นปัจจัยสำคัญในการเตรียมความพร้อมเมล็ด เมล็ดที่ผ่านการเตรียมความพร้อม ควรลดความชื้นให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับชนิดพืชก่อนจะทำการเก็บรักษาเป็นระยะเวลาอันยาวนาน หลังจากการเตรียมความพร้อมเมล็ด เนื่องจากเซลล์เมมเบรน จะเปลี่ยนแปลงไปภายหลังจากการลดความชื้นของ

เมล็ด Dearman *et al.* (1986) รายงานว่าเมล็ด หัวหอมที่ผ่านการเตรียมความพร้อมและลด ความชื้นเมล็ดเหลือ 9% เมื่อเก็บรักษาที่ อุณหภูมิ 10 °ซ เป็นเวลา 18 เดือน เมล็ดยังคง ออกเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมความพร้อม Thomas *et al.* (2000) กล่าวว่าขั้นตอนการ ทำให้เมล็ดแห้งภายหลังจากการเตรียมความพร้อม เมล็ดที่ไม่เหมาะสมนั้น จะส่งผลกระทบต่อ คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ วิธีการที่เหมาะสมในการ ลดความชื้นเมล็ดที่ผ่านการเตรียมความพร้อมให้ แห้งนั้น ควรทำในบริเวณที่ร่มและมีการระบาย อากาศดี นอกจากนี้อัตราการลดความชื้นภาย ภายหลังการเตรียมความพร้อมของเมล็ดมีความ สำคัญอย่างยิ่งต่อคุณภาพของเมล็ด การลด ความชื้นอย่างรวดเร็วในเมล็ดถั่วพี และเมล็ด พักทองที่ผ่านการเตรียมความพร้อมด้วยวิธีการ ลดความชื้นบนซิลิกาเจลในตู้ลามินานั้น มีผล ทำให้เมล็ดมีความงอกลดลงเมื่อเทียบกับการลด ความชื้นอย่างช้า ๆ ในสภาพลดความชื้นเมล็ด อย่างช้า ๆ (Gondwe *et al.*, 2016)

สรุปผลการทดลอง

การเตรียมความพร้อมเมล็ด (priming) มีผลดีต่อการงอกของเมล็ด เพราะทำให้เมล็ดงอก เร็วขึ้นและสม่ำเสมอ ได้ต้นกล้าที่สมบูรณ์ มี การนำมาใช้กับเมล็ดผัก ไม้ดอก และพืชปลูก หลายชนิด การเตรียมความพร้อมเมล็ดมีหลาย วิธีการ เช่น การแช่เมล็ดในน้ำ ในสารละลาย เคมี ใช้วัสดุที่มีค่าซลคักย์ต่ำ เป็นต้น ทั้งนี้ความ เหมาะสมของวิธีการเตรียมความพร้อมเมล็ดนั้น

ขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดของเมล็ดพืชเป็นหลัก อย่างไรก็ตามการเตรียมความพร้อมเมล็ดให้ได้ ประสิทธิภาพ ดินนั้น มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องหลายด้าน ได้แก่ คุณภาพของเมล็ดก่อนการเตรียมความพร้อม วิธีการ ระยะเวลา อุณหภูมิ ความชื้น และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเตรียม ความพร้อมเมล็ดพืชชนิดนั้น ๆ ทั้งนี้ข้อมูลและ การจัดการที่ถูกต้องที่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและ ความชื้นสัมพัทธ์ในการลดความชื้น และการเก็บ รักษาเมล็ดภายหลังการเตรียมความพร้อมเมล็ด นั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อให้การเตรียมความ พร้อมเมล็ดเกิดประสิทธิภาพสูงสุดแก่เมล็ด นักวิจัยทางการเกษตร นักเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ นักปรับปรุงพันธุ์ และผู้สนใจ สามารถนำเทคนิค การเตรียมความพร้อมเมล็ดไปใช้ เพื่อให้เกิด ประโยชน์และประสิทธิภาพสูงสุดในการผลิตพืช

เอกสารอ้างอิง

- วันชัย จันทรประเสริฐ. 2553. *สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์*. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 167 หน้า.
- ชินานาตย์ ไกรนารถ และบุญมี คิริ. 2554. ผลของการใช้สารเคมีในการทำ seed priming ที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม 2 ชนิด. ใน : ผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์ การประชุม วิชาการเมล็ดพันธุ์แห่งชาติครั้งที่ 8. แหล่งข้อมูล: <http://seed.or.th/documents/poster11-13.pdf> ค้นเมื่อ: 12/03/2559

- เนตรชนก เกียรติ์นันทพันธ์ ชวนพิศ อรุณรังสิกุล พิทักษ์พงศ์ ป้อมปรานี และศิริวรรณ ทิพรักษ์. 2555. ผลของการยกระดับการงอกของ เมล็ดพืชข้าวด้วยวิธีกลและเคมี. ใน : ผลงานวิจัยภาคโปสเตอร์ การประชุม วิชาการเมล็ดพันธุ์แห่งชาติครั้งที่ 8. แหล่งข้อมูล: <http://clgc.agri.kps.ku.ac.th/images/research/netschanok/gac-fruit.pdf> ค้นเมื่อ 12/03/2559
- นงนุช แสงหิน และบุญมี ศิริ. 2556. ผลของสาร พอกและวัสดุประสานต่างชนิดกัน ต่อคุณภาพ เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไร่ขนาดเล็ก. *แก่นเกษตร* 41 ฉบับพิเศษ 1. (255): 263-268.
- ชนิดตรา โพธิ์คเวษฐีย์ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และภาณุมาศ ฤทธิไชย. 2553. ผลการเตรียมความพร้อมเมล็ดต่อ คุณภาพของเมล็ดพันธุ์แตงกวา. *ว.วิทย์. กษ.* 41(3/1) (พิเศษ). 405-408.
- Ali, N.I., I.A. Siddiqui, S. S. Shaukat and M.J. Zaki. 2001. Survival of *Pseudomonas aeruginosa* in various carriers for the inhibition of root rot–root knot disease complex of mungbean. *Phytopathol Mediterr.* 40:108–112.
- Bekendam, J., J. G. van Pijlen and H. L. Kraak. 1987. The effect of priming on the rate and uniformity of germination of endive seeds. *Acta Hort.* 215:209-218.
- Bewley, J.D. and M. Black. 1982. *Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination in Two Volumes-Viability, Dormancy, and Environmental Control*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York. 375 p.
- Bewley, J. D. and M. Black. 1985. *Seeds Physiology of Development and Germination*. Plenum Press, New York. 392 p.
- Bewley, J.D. 1977. Seed Germination and Dormancy. *The Plant Cell.* 9:1055-1066.
- Bradford K.J. and J.D. Bewley. 2002. *Seeds Biology, Technology and Role in Agriculture*. Chapter 9 Pages 210-239. In: *Plants, Genes and Crop Biotechnology*. Chrispeels MJ and Sadava DE (eds.) 2nd Edition, Jones and Bartlett, Boston.
- Bradford K.J., R.L. Benech-Arnold, D. Come and F. Corbineau. 2008. Quantifying the sensitivity of barley seed germination to oxygen, abscisic acid, and gibberellin using a population-based threshold model. *J. Exp. Bot.* 59 (2):335-347.
- Bradford, K. J., J. J. Steiner and S. E. Trawatha. 1990. Seed priming influence on germination and

- emergence of pepper seed lots. *Crop Sci.* 30:718-721.
- Bruggink, G.T., Ooms J.J.J. and P. Vander Toorn. 1999. Induction of longevity in primed seeds. *Seed Sci. Res.* 9:49-53.
- Caseiro J., M.A. Benette and Marcos-Filho. 2004. Comparison of three priming techniques for onion seed lots differing in initial seed quality. *Seed Sci. Tech.* 32(2):365-375.
- Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 1995. *Principles of Seed Science and Technology*, Chapman & Hill, New York.
- Derman, J., Brocklehurst, P.A. and R.L.K. Berjak. 1986. Effect of priming and ageing on onion seed germination. *Ann. Appl. Biol.* 108:639-648.
- Farooq, M.; S.M.A. Basra and K. Hafeez. 2006. Seed invigoration by osmohardening in fine and course rice. *Seed Sci. Technol.* 34:181-186.
- Farooq, M., S.M.A. Basra; A. Wahid and N. Ahamad. 2010. Changes in nutrient homeostasis and reserve metabolism during rice seed priming: consequences for seedling emergence and growth. *Agric Sci. China.* 9:191-198.
- Finch-Savage, W.E., K.C. Dent and L.J. Clark. 2004. Soak conditions and temperature following sowing influence the response of maize (*Zea mays* L.) seeds to on-farm priming (pre-sowing seed soak). *Field Crops Res.* 90:361-374.
- Furutani, S. C.; B. H. Zandstra and H. C. Price. 1986. The effects of osmotic solute composition and duration and temperature of priming on onion seed germination. *Seed Sci. Technol.* 14:545-551.
- Gondwe D.S.B, P. Berjak, N.W. Pammenter, Sershen and B. Varghese. 2016. Effect of priming with cathodic water and subsequent storage on invigoration of *Pisum sativum*, *Cucurbita maxima* and *Lycopersicon esculentum* seeds. *Seed Sci. Technol.* 44(2):1-12.
- Ghassemi-Golezani K and B. Esmailpour. 2008. The effect of salt priming on the performance of differentially matured cucumber (*Cucumis sativus*) seeds. *Not. Bot. Hort. Agrobot Cluj.* 36:67-70.
- Gulliver. R.L. and W. Heydecker. 1973. *Seed establishment of seedlings in a changeable environment.* Pages 433-462. In: *Seed Ecology.* W. Heydecker (ed.). The Pennsylvania State University Press. University Park.

- Haigh, A.M., E.W.R. Barlow; F.L. Milthorpe and P. J. Sinclair. 1986. Field emergence of tomato, carrot and onion seed primed in an aerated solution. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111: 660- 665.
- Halmer P. 2016. Seed Enhancements. 11B-Seed Biology.osu.edu. Available at: [http://seedbiology.osu.edu/HCS631__files/11B%20Seed%20Enhancements%20\(for%20class\).pdf](http://seedbiology.osu.edu/HCS631__files/11B%20Seed%20Enhancements%20(for%20class).pdf). Accessed: 12/03/2016.
- Heydecker, W., J. Higgins and R.L. Gulliver. 1973. Accelerated germination by osmotic seed treatment. *Nature.* 246:42–44.
- Jagosz B. 2015. Improving onion seed germination using priming treatments. Available at: DOI: <http://dx.medra.org/10.14597/infraeco.2015.4.4.103> Accessed: 22/02/2016.
- Kaya, M.D., G. Okcu, M. Atak, Y. Cikili and O. Kolsarici. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Eur J Agron.* 24:291–295.
- Khalil, S.K., Mexal, J.G. and L.W. Murray 2001. Germination of soybean seed primed in aerated solution of polyethylene glycol (8000). *J Biol Sci.* 1:105–107.
- Korkmaz ,A. and W.G. Pill. 2003. The effect of different priming treatments and storage conditions on germination performance of lettuce seeds. *Eur J Horti Sci.* 68:260–265.
- Li, W.; McDonald, M.B. and F.Y. Kwong. 2005. Hydropriming of differing sized impatiens ‘Expo Wine’ seeds. *Seed Sci. and Tech.* 33: 639-646.
- McDonald, M.B. 2000. *Seed priming.* pages 289-325 *In: Seed technology and its biological basis* Black M. and Bewley JD (eds). CRC Press LLC, Boca Raton, FL, U.S.A.
- McDonald, M.B. 2000. Seed deterioration: Physiology, repair and assessment. *Seed Sci. and Tech.* 27: 177- 237.
- Mercado, M.F.O. and P.G. Fernandez. 2002. Solid matrix priming of soybean seeds. *Philipp J Crop Sci.* 27:27–35.
- Nakamura, S., T. Teranishi, and M. Aoki. 1982. Promoting effect of polyethylene glycol on the germination of celery and spinach seeds. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 50:461-467.
- Patade, V.Y., B. Sujata and P. Suprasanna. 2009. Halopriming imparts tolerance to salt and PEG induced drought stress in sugarcane. *Agric Ecosyst Environ.* 134:24–28.
- Perkins-Veazie, P. and D.J. Cantliffe. 1984. Need for high quality seed for

- effective priming to overcome thermodormancy in lettuce. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 109:368-372.
- Rashid, A., P.A. Hollington; D. Harris, and P. Khan. 2006. On-farm seed priming for barley on normal, saline and saline-sodic soils in North West Frontier Province, Pakistan. *Eur J Agron.* 24:276-281.
- Rashid, A., D. Harris, P. Hollington and S. Ali, 2004. Onfarm seed priming reduces yield losses of mungbean (*Vigna radiata*) associated with mungbean yellow mosaic virus in NWFP of Pakistan. *Crop Protect.* 23: 1119-1124.
- Salama, K.H.A.; M.M.F. Mansour and N.S. Hassan. 2011. Choline priming improves salt tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Aust J Basic Appl Sci.* 5:126-132.
- Suena, W. 1990. *The role of vigor in the priming of tomato seeds.* Ph.D. thesis. Macquire Univ., Sydney, Australia. 156 p.
- Thomas, U.C., K. Varughese, A. Thomas and S. Sadanandan. 2000. Seed priming for increased vigour, viability and productivity of upland rice. *Leisa India.* 4:14.
- Tiryaki, I. and H. Keles. 2012. Reversal of the inhibitory effect of light and high temperature on germination of *Phacelia tanacetifolia* seeds by melatonin. *J Pineal Res* 52(3): 32-339.