

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ สารละลาย GA_3 และ KNO_3 ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์กัญชง

Seed priming with water, GA_3 and KNO_3 solution on germination and vigor of hemp seed

 สโรชา อาดำ¹
Sarocho Ardham¹
 พิจิตรา แก้วสอน^{2,*}
Pichittra Kaewsorn^{2,*}

¹ หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์เกษตร ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

² ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

¹ Bachelor of Science Program in Agricultural Science, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

² Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

 *Corresponding author: pichittra.k@ku.th

ประวัติบทความ

รับเรื่อง: 29 พฤษภาคม 2568
รับแก้ไข: 9 กันยายน 2568
รับตีพิมพ์: 10 กันยายน 2568

คำสำคัญ

การแช่เมล็ด
การไพร้มิ่งเมล็ดพันธุ์
ความงอก
จำนวนวันที่มีรากงอก

Article History

Received: 29 May 2025
Revised: 9 September 2025
Accepted: 10 September 2025

บทคัดย่อ

ความเป็นมาและวัตถุประสงค์: กัญชง (*Cannabis sativa* L.) เป็นพืชเศรษฐกิจที่มีศักยภาพสูง แต่เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาเป็นเชื้อพันธุ์กรรมมักมีปัญหาความงอกต่ำและไม่สม่ำเสมอ การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์จึงเป็นเทคนิคที่คาดว่าจะช่วยปรับปรุงคุณภาพและการงอกของเมล็ด งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ กรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) และโพแทสเซียมไนเตรด (KNO_3) ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์กัญชง

วิธีดำเนินการวิจัย: ใช้การทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์มี 6 ทรีตเมนต์ ได้แก่ เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อม (ชุดควบคุม) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ reverse osmosis, สารละลาย GA_3 (ความเข้มข้น 0.02% และ 0.05%) และสารละลาย KNO_3 (ความเข้มข้น 0.2% และ 0.5%) ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วลดความชื้นกลับสู่ 9% บันทึกข้อมูลทุกวันเป็นเวลา 14 วัน ได้แก่ การมีรากงอก ความงอก จำนวนวันที่มีรากงอก เวลา 50% การงอก (T_{50}) และเวลาเฉลี่ยในการงอก (MGT)

ผลการวิจัย: การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ไม่เพิ่มเปอร์เซ็นต์การมีรากงอก (48.50–66.00%) และความงอก (29.00–39.00%) อย่างมีนัยสำคัญ แต่ทำให้การงอกเร็วขึ้นและสม่ำเสมอ โดยเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมมีค่า T_{50} 5.63–6.40 วัน และ MGT 6.41–7.21 วัน เร็วกว่าเมล็ดในกลุ่มควบคุม (7.26 และ 8.16 วัน ตามลำดับ) โดยเฉพาะ GA_3 0.02% ให้ความงอกสูงที่สุด 39.00%

สรุป: การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วย GA_3 0.02% เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการกระตุ้นการงอกเมล็ดกัญชงที่มีคุณภาพต่ำ ช่วยเพิ่มความเร็วและความสม่ำเสมอของต้นกล้า ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการผลิต การขยายพันธุ์กรรม และการอนุรักษ์พันธุ์กัญชงอย่างยั่งยืน

Keywords

Soaking seed
Seed priming
Germination
Days to emergence

การอ้างอิง

สโรชา อาดำ และ พิจิตรา แก้วสอน. 2569. การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ สารละลาย GA_3 และ KNO_3 ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์กัญชง. ว. วิทยา. นวัตกรรม. 57(2): 140–151.

How to cite

Ardam, S. and P. Kaewsorn. 2026. Seed priming with water, GA_3 and KNO_3 solution on germination and vigor of hemp seed. Agric. Sci. Innov. J. 57(2): 140–151.

Abstract

Background and Objective: Hemp (*Cannabis sativa* L.) is a high-potential economic crop; however, seeds preserved as germplasm resources often exhibit low and inconsistent germination. Seed priming is therefore considered a promising technique for improving seed quality and enhancing germination performance. Therefore, this research aimed to assess the effects of seed priming with water, gibberellic acid (GA_3), and potassium nitrate (KNO_3) solutions on the germination and vigor of hemp seeds.

Methodology: A completely randomized design was used, with six treatments: non-primed seeds (Control), seed priming with RO water (Hydropriming), GA_3 solutions (0.02% and 0.05%), and KNO_3 solutions (0.2% and 0.5%), at 30°C for 6 hours. After priming, seeds were then reduced in moisture content to nearly the initial moisture content as 9%. Data were recorded daily for 14 days after testing, including radicle emergence (RE), germination, days to emergence (DTE), time to reach 50% germination (T_{50}), and mean germination time (MGT).

Main Results: Seed priming did not significantly enhance percentages of RE (48.50–66.00%) and germination (29.00–39.00%), but primed seeds exhibited faster and more uniform germination. Primed seeds had T_{50} (5.63–6.40 days) and MGT (6.41–7.21 days) faster than non-primed seeds (7.26 and 8.16 days, respectively). Primed seeds with a 0.02% GA_3 solution had the highest germination of 39.00%.

Conclusions: Seed priming with a 0.02% GA_3 solution was the most effective method for stimulating germination of low-quality hemp seeds, enhancing both germination speed and seedling uniformity. This is beneficial for production, multiplication of genetic resources, and the sustainable conservation of hemp genetic resources.

บทนำ

กัญชง (Hemp) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cannabis sativa* L. อยู่ในวงศ์ Cannabaceae (Andre *et al.*, 2016) มีถิ่นกำเนิดในเอเชียกลาง โดยปลูกมายาวนานกว่า 10,000 ปี (Lowe *et al.*, 2021) ปัจจุบันมีการกระจายพันธุ์อย่างกว้างขวางในประเทศสหพันธรัฐรัสเซีย สาธารณรัฐประชาชนจีน สาธารณรัฐอินเดีย สาธารณรัฐอิสลามปากีสถาน และสาธารณรัฐอิสลามอิหร่าน (Raman *et al.*, 2017) กัญชงปลูกเพื่อใช้ประโยชน์จากเส้นใย เมล็ดมีน้ำมันสูงและเรซินที่มีฤทธิ์ต่อจิตประสาท (Courtwright, 2002) โดยเมล็ดกัญชงมีองค์ประกอบเป็นน้ำมัน

สูง 25–30% (Callaway, 2004; Leonard *et al.*, 2020) ส่งผลให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพได้ง่ายในระหว่างการเก็บรักษา เนื่องจากเมล็ดเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน (Lipid peroxidation) อย่างรวดเร็ว ทำให้ความมีชีวิต ความแข็งแรง และความงอกของเมล็ดลดลง (Quarles and Dawson, 1969) อีกทั้งเมล็ดกัญชงมีลักษณะผลแบบ achene ขนาดประมาณ 3–4 มิลลิเมตร ผิวเรียบเป็นมัน เปลือกเมล็ดหนาและแข็ง ทำให้น้ำซึมผ่านเข้าไปในเมล็ดได้ช้าจึงส่งผลให้เมล็ดงอกได้ช้า (Molleken and Theimer, 1997) เมล็ดกัญชงมีสาเหตุการพักตัวเนื่องจากเปลือกเมล็ดมีหลายชั้น อีกทั้งคุณภาพของเมล็ดแตกต่างกันตามตำแหน่งของ

ดอกบนต้น เนื่องจากดอกกัญชงเป็นดอกไม่สมบูรณ์เพศและแยกต้น (Dioecious) การพัฒนาของช่อดอกเกิดที่ปลายยอด ส่งผลให้การพัฒนาดอกและเมล็ดแก่ไม่พร้อมกัน จึงส่งผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ เมล็ดกัญชงสามารถลดความชื้นได้ต่ำกว่า 10% และสามารถยืดอายุการเก็บรักษาได้เมื่อเก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำและความชื้นต่ำ หากเก็บรักษาเมล็ดเป็นเวลานานหรือในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมจะทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพได้ มีผลทำให้เมล็ดงอกต่ำ ไม่สม่ำเสมอ ต้นกล้าเจริญไม่พร้อมกัน หรือต้นกล้ามีลักษณะผิดปกติ (Elias *et al.*, 2020)

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (Seed priming) เป็นวิธีการเตรียมความพร้อมให้กับเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูก โดยเป็นการให้ความชื้นแก่เมล็ดอย่างเพียงพอต่อการสร้างเอนไซม์หรือกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการงอก โดยไม่ทำให้รากแรกเกิด (Radicle) งอกออกมา โดยลดความชื้นของเมล็ดลงให้ใกล้เคียงกับความชื้นเริ่มต้น สามารถเก็บรักษาเมล็ดได้เป็นระยะเวลาสั้น ๆ ดังนั้น การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ช่วยทำให้เมล็ดงอกได้พร้อมกันอย่างสม่ำเสมอ และทำให้ต้นกล้าเจริญเติบโตได้พร้อมกัน (Copeland and McDonald, 1995) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีหลายวิธี เช่น การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ (Hydropriming) เป็นการกระตุ้นการงอกด้วยการแช่เมล็ดในน้ำเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมทำให้เมล็ดมีความชื้นสูงและกระตุ้นกระบวนการเผาผลาญสารอาหารเพื่อใช้ในกระบวนการงอก (Bradford, 1986) Tongwilai *et al.* (2023) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงคุณภาพต่ำที่มีความชื้นเริ่มต้น 10% ด้วยน้ำ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดมีรากแรกเกิดสูง 18% และมีความเร็วในการงอกรากแรกเกิดสูง 9 รากต่อวัน เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (8% และ 3.5 รากต่อวัน ตามลำดับ) ทั้งนี้ ยังทำให้เมล็ดกัญชงมีความงอกสูง 21% และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็ว 5.50 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (12% และ 6.25 วัน ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม เมล็ดกัญชงที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำยังคงมีความงอกต่ำกว่า 50% นอกจากนี้ Golizadeh *et al.* (2015) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 18 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 ± 1 องศาเซลเซียส ในสภาพมืด พบว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยน้ำ ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 85%

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารควบคุมแรงดันออสโมซิส (Osmo-priming) เป็นการกระตุ้นการงอกด้วยการแช่เมล็ดในสารละลายที่มีค่าศักย์ (Water potential; Ψ) ในระดับต่ำเพื่อชะลอการดูดน้ำของเมล็ด สารเคมีที่นำมาใช้สามารถเพิ่ม

ความหนืดของน้ำและสามารถควบคุมปริมาณน้ำที่เมล็ดดูดซึมเข้าไปได้ เช่น พอลิเอทิลีนไกลคอล (Polyethylene glycol; PEG) นอกจากนี้ ยังมีสารเคมีที่นิยมใช้ในการส่งเสริมการงอก เช่น โพแทสเซียมไนเตรด (KNO_3) (McDonald, 2000) ซึ่งมีคุณสมบัติกระตุ้นการงอกและทำลายการพักตัวของเมล็ด โดยเพิ่มอัตราการดูดซึ่มออกซิเจนและมีไนโตรเจนในรูปของไนเตรด (NO_3^-) ซึ่งจำเป็นสำหรับการสร้างโปรตีนและกรดอะมิโนที่มีผลต่อกระบวนการงอกและการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอ (Hilton and Thomas, 1986) โดย Jahanian *et al.* (2014) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 1% ร่วมกับการให้อากาศเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ไม่มีผลต่อความงอกและเวลาเฉลี่ยในการงอกเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยน้ำกลั่น นอกจากนี้ Golizadeh *et al.* (2015) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 10.1 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 18 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 20 ± 1 องศาเซลเซียส ในสภาพมืด ทำให้เมล็ดมีความงอกต่ำที่สุด คือ 75.5% ขณะที่ กรดจิบเบอเรลลิน (GA_3) สามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดได้โดยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ hydrolase ทำให้เปลือกเมล็ดอ่อนลง กระตุ้นกระบวนการเมแทบอลิซึม (Metabolism) และกระตุ้นการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอ ช่วยให้รากแรกเกิดสามารถแทงออกมาได้ (Finkelstein *et al.*, 2008) โดย Du *et al.* (2022) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงพันธุ์การค้า ‘Yunma 1’ ด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง มีรากงอก 78.89% และไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (86.67%) ในขณะที่ เมล็ดกัญชง ‘Bamahuoma’ ที่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 600 มิลลิกรัมต่อลิตร มีรากงอก 58.89% ซึ่งต่ำกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (80.00%)

แม้การศึกษาที่ผ่านมา พบว่าผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยสารละลาย GA_3 และ KNO_3 สามารถกระตุ้นการงอกได้ แต่การตอบสนองต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์แตกต่างกัน ทั้งนี้ ขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น คุณภาพเมล็ดพันธุ์เริ่มต้น ส่วนใหญ่เป็นการใช้เมล็ดที่มีความงอกสูง แต่ในกรณีของเมล็ดพันธุ์กัญชงที่มีความงอกต่ำและเมล็ดมีการพักตัวสูงยังไม่มีการศึกษา ซึ่งเมล็ดพันธุ์กัญชงที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นเมล็ดพันธุ์ที่ถูกเก็บรักษาเป็นเชื้อพันธุกรรม (Germplasm) เพื่อประโยชน์ในการอนุรักษ์ความหลากหลายทางพันธุกรรมพืช หรือเพื่อใช้ขยายเมล็ดพันธุ์ของเชื้อพันธุกรรมพืช ซึ่งเมล็ดพันธุ์เป็นหน่วยขยายพันธุ์ที่ได้จากการถ่ายทอดทางพันธุกรรมจากพ่อและแม่ จึงเป็น

ปัจจัยสำคัญที่ทำให้พืชดำรงพันธุ์และมีวิวัฒนาการอย่างต่อเนื่อง แต่บางครั้งอาจพบปัญหาเมล็ดงอกต่ำ งอกช้า และไม่สม่ำเสมอ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ สารละลาย GA_3 และ KNO_3 ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์กัญชงเชื้อพันธุ์กรรม เพื่อให้เมล็ดงอกสูงอย่างรวดเร็วและสม่ำเสมอ เป็นประโยชน์สำหรับการผลิตต้นกล้าที่แข็งแรงและเจริญเติบโตอย่างสม่ำเสมอ อีกทั้งยังใช้ในการขยายเชื้อพันธุ์กรรมกัญชงด้วยเมล็ดพันธุ์เพื่อการอนุรักษ์พันธุ์พืชในประเทศไทยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

นำเมล็ดพันธุ์กัญชงที่เก็บรักษาสำหรับใช้ประโยชน์ในการอนุรักษ์เชื้อพันธุ์กรรมพืช จากคณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ที่เก็บเกี่ยวเมล็ดเมื่อเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2566 และเก็บรักษาในถุงซิปลาสติกหนาที่อุณหภูมิ 5 ± 2 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ $60 \pm 5\%$ เมล็ดมีคุณภาพเริ่มต้น ได้แก่ น้ำหนัก 3.35 กรัมต่อ 100 เมล็ด มีความงอก 37% และความชื้น 9.0% มาศึกษาวิธีการกระตุ้นการงอกในเดือนกันยายนถึงตุลาคม พ.ศ. 2567 โดยการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ reverse osmosis (RO) สารละลาย GA_3 (ความบริสุทธิ์ 90.00–102.00% น้ำหนักโมเลกุล 346.37 บริษัท HIMEDIA จำกัด ประเทศสาธารณรัฐอินเดีย) และ KNO_3 (ความบริสุทธิ์ 99.00–100.50% น้ำหนักโมเลกุล 101.10 บริษัท HIMEDIA จำกัด ประเทศสาธารณรัฐอินเดีย) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง จากนั้น ล้างเมล็ดผ่านน้ำ RO โหลให้สะอาด ซับเปลือกเมล็ดให้แห้งและลดความชื้นเมล็ดลงให้ใกล้เคียงกับความชื้นเริ่มต้น 9% ในตู้ลดความชื้นไฟฟ้า (Desiccator cabinet) ที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ $40 \pm 2\%$ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design; CRD) มี 6 ทรีตเมนต์ จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ได้แก่ เมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (ชุดควบคุม) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.02% และ 0.05% และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2% และ 0.5%

การทดสอบความงอกมาตรฐานในสภาพห้องปฏิบัติการ

นำเมล็ดกัญชงมาทดสอบความงอกมาตรฐานในสภาพห้องปฏิบัติการด้วยวิธีการเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษชื้น หรือ between of paper (BP) (International Seed Testing Association, 2024) จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด วางในตู้ควบคุมอุณหภูมิ (Germination cabinet) ที่อุณหภูมิสถับ $20 \leftrightarrow 30$ องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในสภาพมืด เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ในสภาพมีแสง เป็นเวลา 8 ชั่วโมง

การบันทึกข้อมูล

เมล็ดมีรากงอก (Radicle emergence)

นับเมล็ดที่มีรากงอกยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร ทุกวัน เป็นเวลา 14 วันหลังเพาะ คำนวณเปอร์เซ็นต์เมล็ดมีรากงอก จากสูตร เมล็ดมีรากงอก (%) = (จำนวนเมล็ดที่มีรากงอก/จำนวนเมล็ดทั้งหมด) $\times 100$

ความงอก (Germination)

ประเมินความงอกของเมล็ดกัญชงตามกฎของสมาคมทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (International Seed Testing Association, 2024) โดยนับจำนวนต้นอ่อนปกติ (Normal seedling) ที่มีรากแก้วสมบูรณ์ ลำต้นอ่อนใต้ใบเลี้ยง (Hypocotyl) ตั้งตรง และใบเลี้ยงสีเขียว 2 ใบ ต้นอ่อนผิดปกติ (Abnormal seedling) เมล็ดสด (Fresh seed) และเมล็ดตาย (Dead seed) ที่อายุ 14 วันหลังเพาะ คำนวณเปอร์เซ็นต์ความงอก ต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดสด และเมล็ดตาย จากสูตร ความงอก (%) = (จำนวนต้นอ่อนปกติ/จำนวนเมล็ดทั้งหมด) $\times 100$

จำนวนวันที่มีรากงอก (Days to emergence; DTE)

นับจำนวนเมล็ดกัญชงที่มีรากงอกยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร ทุกวัน เป็นเวลา 14 วันหลังเพาะ คำนวณจากสูตร (Dhillon, 1995) $DTE (\text{วัน}) = \sum nd / \sum n$ โดย n คือ จำนวนเมล็ดที่มีรากงอกในวันที่ 1, 2, ..., n (n = 14), d คือ จำนวนวันหลังเพาะเมล็ดในวันที่ 1, 2, ..., n (n = 14)

เวลาที่ใช้ในการงอกถึง 50% (Time to reach 50% germination; T_{50})

นับต้นอ่อนปกติทุกวัน เป็นเวลา 14 วันหลังเพาะ คำนวณจากสูตร (Coolbear *et al.*, 1984) $T_{50} (\text{วัน}) = t_i + [((N + 1) / (2 - n_i) - n_i) / (n_j - n_i)] \times (t_j - t_i)$ โดย t_i คือ เวลา (วัน) ก่อนที่เมล็ด

งอกเป็นต้นอ่อนปกติได้ครั้งหนึ่ง, t_j คือ เวลา (วัน) ถัดจากเวลา t_i , n_j คือ จำนวนต้นอ่อนปกติทั้งหมด ณ เวลา t_j , n_i คือ จำนวนต้นอ่อนปกติทั้งหมด ณ เวลา t_i , N คือ จำนวนต้นอ่อนปกติทั้งหมด

เวลาเฉลี่ยในการงอก (Mean germination time; MGT)

นับจำนวนต้นอ่อนปกติทุกวัน เป็นเวลา 14 วันหลังเพาะ
คำนวณจากสูตร (Ellis and Roberts, 1980) $MGT \text{ (วัน)} = \sum nd / \sum n$ โดย n คือ จำนวนต้นอ่อนปกติในวันที่ 1, 2, ..., n ($n = 14$), d คือ จำนวนวันหลังเพาะเมล็ดในวันที่ 1, 2, ..., n ($n = 14$)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูลทางสถิติ (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมสถิติ R (The R Project, 2025)

ผลการทดลองและวิจารณ์

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยน้ำ สารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0.02% และ 0.05% และสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 0.2% และ 0.5% เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีรากงอกและมีความงอกแตกต่างทางสถิติ ($P > 0.05$; Table 1) โดยเมล็ดมีรากงอกประมาณ 48.50–66.00% และเมล็ดมีความงอกประมาณ 29.00–39.00% (ต่ำกว่า 50%) ซึ่งเมล็ดกัญชงมีเปอร์เซ็นต์รากงอกสูงแต่พัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติต่ำ โดยเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีความงอกเพียง 37.00% (Table 1) แต่มีต้นอ่อนผิดปกติสูง 27.00% (Figure 1) มีเมล็ดสดหรือเมล็ดหักตัวสูง 22.50% (Figure 2) และมีเมล็ดตาย 13.50% (Figure 3) ทั้งนี้ เนื่องจากเมล็ดพันธุ์กัญชงล็อตนี้มีความชื้นเริ่มต้นค่อนข้างสูง 9% และถูกเก็บรักษาเป็นเชื้อพันธุ์กรรมที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลาประมาณ 10 เดือน จึงทำให้เมล็ดเริ่มเสื่อมคุณภาพ เพราะเมล็ดกัญชงประกอบด้วยน้ำมัน 25–30% (Citti *et al.*, 2018; Leonard *et al.*, 2020) ซึ่งเมล็ดที่มีไขมันสูงจะมีอายุการเก็บรักษาที่จำกัด เนื่องจากสูญเสียความสามารถในการงอกและความมีชีวิตของเมล็ดได้เร็ว (Priestley, 1986; Balesevic-Tubic *et al.*, 2007) ซึ่งไขมันจะเสื่อมสภาพได้เร็วกว่าโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากมีความไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันภายในเซลล์ หรือการเกิด lipid peroxidation (Frankel, 2005) นอกจากนี้ สภาพในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ เช่น อุณหภูมิสูง และความชื้นสัมพัทธ์สูง ส่งผลให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพได้เร็วขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา (Goel *et al.*, 2003; Kapoor *et al.*,

2010) ดังนั้น การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นสูง ความงอกต่ำ และความแข็งแรงต่ำจะเสื่อมคุณภาพได้ง่าย (Jyoti and Malik, 2013) เช่นเดียวกับ Parihar *et al.* (2014) รายงานการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์กัญชงที่มีปริมาณน้ำมัน 35.5% มีความชื้นเริ่มต้นแตกต่างกัน 8% และ 10% แต่มีความงอกก่อนเก็บรักษา 88% เท่ากัน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส สามารถเก็บรักษาได้นาน 18 และ 6 เดือน ตามลำดับ โดยเมล็ดยังคงมีความงอกสูง 76% และ 72% ตามลำดับ หากลดความชื้นของเมล็ดกัญชงลงเหลือ 5% หรือ 7% จะสามารถเก็บรักษาได้นานถึง 36 เดือน เท่ากัน โดยเมล็ดยังคงมีความงอกสูง 84% และ 88% ตามลำดับ

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยน้ำและสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0.02% พบต้นอ่อนผิดปกติต่ำที่สุดและไม่แตกต่างทางสถิติ คือ 14.50% และ 16.00% ตามลำดับ (Figure 1) ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ที่พบต้นอ่อนผิดปกติสูงที่สุด คือ 27.00% และไม่แตกต่างทางสถิติกับการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0.05% พบต้นอ่อนผิดปกติ 25.50% อย่างไรก็ตาม การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงทุกวิธีมีผลทำให้มีเมล็ดสดหรือเมล็ดหักตัว (7.50–12.50%) ต่ำกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (22.50%) (Figure 2) แต่การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงทุกวิธีมีผลทำให้มีเมล็ดตาย (27.00–49.00%) สูงกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (13.50%) (Figure 3) โดยเฉพาะการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำพบเมล็ดตายสูงที่สุด อาจเป็นเพราะเมล็ดกัญชงที่แช่ในน้ำ RO เป็นน้ำบริสุทธิ์ มีค่าคลอไรด์สูง จึงทำให้เมล็ดดูดน้ำได้อย่างรวดเร็ว อีกทั้งเมล็ดพันธุ์ล็อตนี้เริ่มเสื่อมคุณภาพจึงเกิดความเสียหายในระดับเซลล์หรือออร์แกเนลล์ต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง เมื่อแช่เมล็ดในน้ำบริสุทธิ์หรือสารละลายต่าง ๆ เป็นเวลานาน จะทำให้เมล็ดดูดน้ำอย่างรวดเร็ว และเกิดการรั่วไหลของสารต่าง ๆ ออกมาเนื่องจากเยื่อหุ้มเซลล์เสื่อมสภาพ ไม่สามารถเก็บกักสารได้ จึงพบเมล็ดตายสูง (Copeland and McDonald, 1995) ในขณะที่การแช่เมล็ดกัญชงในสารละลาย GA_3 และ KNO_3 มีค่าคลอไรด์ต่ำกว่าน้ำ RO เมล็ดจึงดูดน้ำอย่างช้า ๆ ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ เยื่อหุ้มออร์แกเนลล์ และออร์แกเนลล์ต่าง ๆ มีเวลาเพียงพอในการจัดเรียงตัวและซ่อมแซม จึงเกิดเมล็ดตายน้อยกว่า (Chanprasert, 2010)

อย่างไรก็ตาม การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0.02% และสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2% มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกเพิ่มขึ้นจาก 37.00% (ชุดควบคุม) เป็น 39.00% เท่ากัน โดยเมล็ดมีความงอก

เพิ่มขึ้น 2.00% (Table 1) แสดงว่าวิธีการดังกล่าวสามารถกระตุ้นการงอกได้ โดย GA_3 และ KNO_3 เป็นสารส่งเสริมการงอก โดย GA_3 ช่วยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ เช่น α - และ β -amylase ย่อยแป้งให้เปลี่ยนเป็นน้ำตาลที่ใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม หรือเอนไซม์ protease และ β -glucanase ช่วยย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโน สารดังกล่าวจะเคลื่อนย้ายไปยังเอ็มบริโอเพื่อใช้ในการกระบวนการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอ (Duangpatra, 1986) ส่วน KNO_3 ช่วยเพิ่มอัตราการดูดซึมออกซิเจนและมีไนโตรเจนในรูปของ NO_3^- ซึ่งจำเป็นสำหรับการสร้างโปรตีนและกรดอะมิโนที่มีผลต่อกระบวนการงอกและการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอเช่นกัน (Hilton and Thomas, 1986) ดังนั้น เมล็ดพันธุ์กัญชงที่ออกเพิ่มขึ้น 2.00% มีคุณค่าต่อการขยายพันธุ์เชื้อพันธุ์กรรม เพราะหนึ่งเมล็ดสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ได้ปริมาณมากและสร้างความหลากหลายทางพันธุกรรมของกัญชงในประเทศไทย ซึ่งเป็นประโยชน์ในการอนุรักษ์พันธุ์พืชหรือเป็นประโยชน์ในการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์กัญชงต่อไป

จำนวนวันที่มีรากงอกเป็นค่าที่แสดงถึงความเร็วในการแทงรากแรกเกิด หากเมล็ดมีจำนวนวันที่ใช้ในการงอกรากน้อย แสดงว่าเมล็ดมีความแข็งแรงสูงและสามารถงอกรากได้เร็ว (Dhillon, 1995) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยน้ำสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0.02% และ 0.05% และสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 0.2% และ 0.5% เป็นเวลา 6 ชั่วโมง มีผลทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทางสถิติ ($P < 0.05$; Table 2) โดยเมล็ดกัญชงที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำมีจำนวนวันที่มีรากงอกเร็วที่สุด คือ 1.97 วัน และไม่แตกต่างทางสถิติกับการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0.02% และ 0.05% และสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 0.5% โดยเมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกเร็ว 2.21, 2.15 และ 2.33 วัน ตามลำดับ ส่วนเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีจำนวนวันที่มีรากงอกช้าที่สุด คือ 2.84 วัน แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงทุกวิธีการทั้งการแช่เมล็ดในน้ำ สารละลาย GA_3 และ KNO_3 ทำให้เมล็ดมีรากงอกได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ เพราะวิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์เป็นการเตรียมความพร้อมให้กับเมล็ดก่อนปลูก โดยทำให้เมล็ดได้รับความชื้นอย่างช้า ๆ และเพียงพอในระยะที่ 2 หรือระยะงัน (Lag phase) ของรูปแบบการดูดน้ำของเมล็ดเพื่อกระตุ้นกิจกรรมเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการงอก เช่น การสังเคราะห์กรดนิวคลีอิกและเอนไซม์ต่าง ๆ ให้มีกิจกรรมสูงขึ้น รวมถึงมีการย่อยสลายสารโมเลกุลใหญ่เป็นโมเลกุลเล็ก นอกจากนี้ยังมีการสังเคราะห์ฮอร์โมนแก๊นัลต่าง ๆ ในเซลล์ขึ้นเพื่อเตรียมการงอกแต่ยังไม่งอก เมื่อเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ได้รับน้ำอีกครั้งจะดูดน้ำอย่างรวดเร็วและเข้าสู่ระยะที่ 2 เป็นเวลาสั้น ๆ จากนั้น เข้าสู่ระยะที่ 3 เป็นระยะการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอ โดยเฉพาะรากแรกเกิดจะมีการแบ่งเซลล์และยืดยาวทำให้รากปรากฏออกมาจากเปลือกเมล็ด (Copeland and McDonald, 1995; Ashraf and Foolad, 2005; Chanprasert, 2010;

Table 1 Percentages of radicle emergence and germination at 14 days after testing of hemp seeds after priming in different GA_3 and KNO_3 solutions

Treatment	Radicle emergence (%)	Germination (%)
Non-primed seeds (Control)	65.00 $\pm$ 8.41	37.00 $\pm$ 7.39
Hydropriming	48.50 $\pm$ 12.37	29.00 $\pm$ 6.83
Priming seeds in 0.02% GA_3 solution	60.50 $\pm$ 5.97	39.00 $\pm$ 8.41
Priming seeds in 0.05% GA_3 solution	66.00 $\pm$ 4.32	36.50 $\pm$ 3.79
Priming seeds in 0.2% KNO_3 solution	65.00 $\pm$ 8.25	39.00 $\pm$ 4.76
Priming seeds in 0.5% KNO_3 solution	65.00 $\pm$ 11.60	37.00 $\pm$ 11.49
F-test	ns	ns
CV (%)	14.514	20.797
P-value	0.092	0.463

Values are presented as mean $\pm$ standard deviation. ns = not significantly different ($P > 0.05$), CV = coefficient of variation.

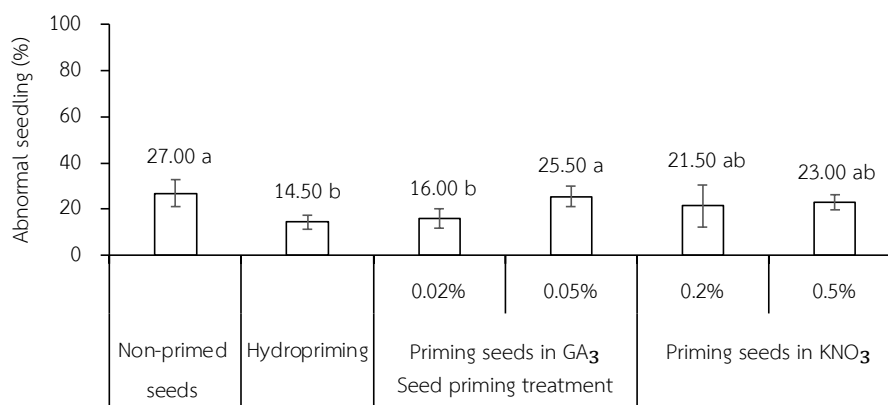


Figure 1 Abnormal seedlings at 14 days after testing of hemp seeds after priming with different GA₃ and KNO₃ solutions. Different letters (a, b) above the bars indicate significant differences ($P < 0.05$). Values are presented as mean $\pm$ standard deviation.

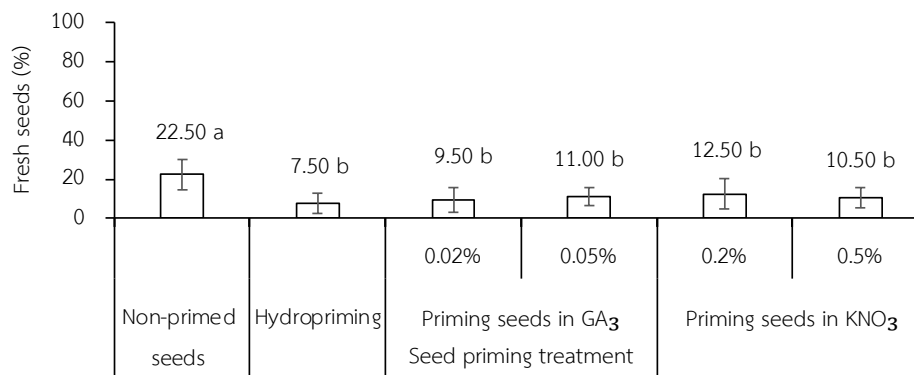


Figure 2 Fresh seed at 14 days after testing of hemp seeds after priming with different GA₃ and KNO₃ solutions. Different letters (a, b) above the bars indicate significant differences ($P < 0.05$). Values are presented as mean $\pm$ standard deviation.

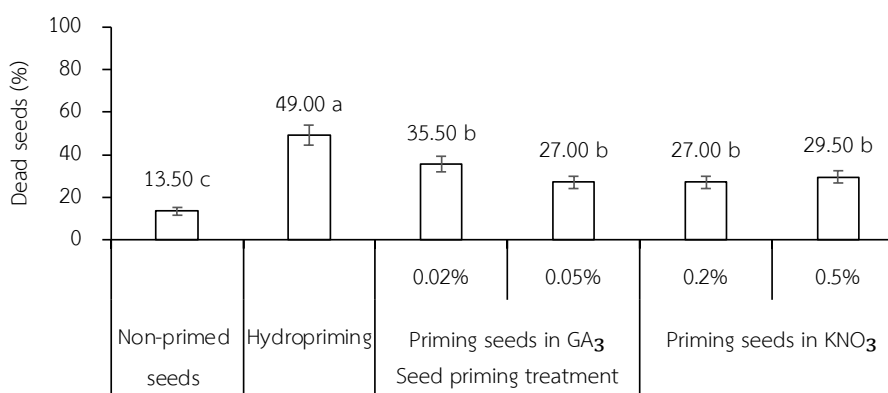


Figure 3 Dead seed at 14 days after testing of hemp seeds after priming with different GA₃ and KNO₃ solutions. Different letters (a, b) above the bars indicate significant differences ($P < 0.05$). Values are presented as mean $\pm$ standard deviation.

Nasri *et al.*, 2011) เช่นเดียวกับ Tongwilai *et al.* (2023) รายงานการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์กัญชงพันธุ์ RPF 4 ที่มีคุณภาพต่ำ โดยเมล็ดมีความชื้นเริ่มต้น 10% และมีความงอกเพียง 15% ด้วยวิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีรากงอกเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ แต่ไม่มีผลต่อความงอก นอกจากนี้ การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยน้ำทำให้เมล็ดมีรากงอก (1.97 วัน) เร็วกว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.2% (2.36 วัน) ประมาณ 0.39 วัน หรือ 9.36 ชั่วโมง (Table 2) อาจเป็นเพราะการแช่เมล็ดกัญชงในน้ำ RO มีค่าศักย์สูงจึงทำให้เมล็ดดูดน้ำอย่างรวดเร็วและเข้าสู่ระยะที่ 2 หรือระยะงอกได้อย่างสมบูรณ์เป็นเวลา 6–18 ชั่วโมง (Tongwilai *et al.*, 2023)

อย่างไรก็ตาม การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยน้ำมีผลทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกเร็วที่สุด คือ 1.97 วัน จากเมล็ดที่มีรากงอกเพียง 48.50% และมีความงอกเพียง 29.00% (Table 2) แต่กลับพบเมล็ดตายสูงที่สุดถึง 49.00% (Figure 3) ทั้งนี้ เป็นเพราะเมล็ดพันธุ์กัญชงล็อตนี้มีคุณภาพค่อนข้างต่ำและไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากเมล็ดเริ่มเสื่อมคุณภาพ อีกทั้งเมล็ดพัฒนาบนต้นแม่ไม่พร้อมกัน จึงทำให้เมล็ดแก่ไม่พร้อมกัน หากเก็บรักษาเมล็ดอ่อนหรือเมล็ดแก่ไม่สมบูรณ์ที่มีความแข็งแรงต่ำจะเกิดการเสื่อมสภาพได้เร็ว ดังนั้น เมื่อแช่เมล็ดที่เสื่อมคุณภาพในน้ำเป็นเวลานาน เยื่อหุ้มเซลล์ (Cell membrane) เกิดการเสื่อมสภาพไม่สามารถเก็บกักและควบคุมการผ่านเข้า-ออกของสารต่าง ๆ ไว้ได้ ทำให้สารเมแทบอลิต์ (Metabolite) ต่าง ๆ รั่วไหลออกมาหรือกระตุ้นให้เกิดการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ทั้งภายในและภายนอกเมล็ด อีกทั้งมีอัตราการดูดน้ำออกซิเจนลดลง เนื่องจากการเสื่อมสภาพของไมโทคอนเดรีย ซึ่งซ่อมแซมไม่ทันในระหว่างการดูดน้ำ จึงทำให้เกิดเมล็ดตายสูง (Xing *et al.*, 2025)

เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการงอกถึง 50% หรือค่ามัธยฐาน (Median) เป็นระยะเวลาที่เมล็ดงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้ถึงครึ่งหนึ่ง โดยค่านี้นี้เป็นตัวชี้วัดที่นิยมใช้ในการประเมินความเร็วและความสม่ำเสมอในการงอกของเมล็ด (Ranal and Santana, 2006) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยน้ำ สารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0.02% และ 0.05% และสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 0.2% และ 0.5% เป็นเวลา 6 ชั่วโมง มีผลทำให้เมล็ดใช้เวลาการงอกถึง 50% แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$; Table 2) โดยเมล็ดกัญชงที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0.02% ใช้เวลาในการงอกถึง 50% เร็วที่สุด คือ 5.63 วัน ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับ

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0.05% ใช้เวลาในการงอกถึง 50% คือ 5.66 วัน รองลงมา คือ การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยน้ำ สารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 0.2% และ 0.5% ใช้เวลาในการงอกถึง 50% คือ 6.25, 6.40 และ 6.15 วัน ตามลำดับ ส่วนเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ ใช้เวลาในการงอกถึง 50% ช้าที่สุด คือ 7.26 วัน แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงทุกวิธีมีผลทำให้เมล็ดใช้เวลาในการงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้ถึง 50% เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ สอดคล้องกับค่าเวลาเฉลี่ยในการงอก ซึ่งเป็นค่าแสดงความเร็วในการงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติ สามารถใช้ประเมินความแข็งแรงของเมล็ดได้เช่นกัน หากเมล็ดมีค่าเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อย แสดงว่าเมล็ดแข็งแรงสามารถงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้เร็ว (Matthews and Hosseini, 2006) โดยเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0.02% และ 0.05% ใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุดและไม่แตกต่างทางสถิติ คือ 6.41 และ 6.43 วัน ตามลำดับ อีกทั้งการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยน้ำ สารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 0.2% และ 0.5% ใช้เวลาเฉลี่ยในการงอก 7.14, 7.21 และ 6.82 วัน ตามลำดับ ส่วนเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 8.16 วัน (Table 2) แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงทุกวิธีมีผลทำให้เมล็ดงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้เร็วและสม่ำเสมอว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ ดังนั้น เมื่อนำเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ไปปลูกจะช่วยลดระยะเวลาในการดูแล ทำให้เมล็ดงอกได้เร็วและสม่ำเสมอ (Bruggink *et al.*, 1999)

เมล็ดกัญชงที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0.02% และ 0.05% ใช้เวลาในการงอกถึง 50% เร็วที่สุดและไม่แตกต่างทางสถิติ คือ 5.63 และ 5.66 วัน ตามลำดับ และยังใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุดและไม่แตกต่างทางสถิติ คือ 6.41 และ 6.43 วัน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ ใช้เวลาในการงอกถึง 50% ช้าที่สุด คือ 7.26 และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 8.16 วัน เนื่องจาก GA_3 เป็นสารส่งเสริมการงอกของเมล็ด เพิ่มกิจกรรมเมแทบอลิซึม กระตุ้นการเจริญเติบโตของเซลล์ ปรับสมดุลของฮอร์โมน และกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ (Duangpatra, 1986) โดยเฉพาะการเพิ่มกิจกรรมของเอนไซม์ที่สำคัญ เช่น α - และ β -amylase ช่วยย่อยแป้งให้เปลี่ยนเป็นน้ำตาลที่ใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึม และเอนไซม์ protease ช่วยย่อยโปรตีนให้เป็นกรดอะมิโนเพื่อใช้ในกระบวนการ

เจริญเติบโตของเอ็มบริโอ (Chanprasert, 2010) นอกจากนี้ GA_3 ยังช่วยกระตุ้นเอนไซม์ที่ทำให้ผนังเซลล์อ่อนตัวลง รากแรกเกิดจึงแทงออกมาได้ง่ายขึ้น (Yamaguchi, 2008) อีกทั้ง ยังชักนำให้เซลล์ยืดยาวจึงทำให้เมล็ดที่เริ่มงอกมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น (Gupta and Chakrabarty, 2013) สอดคล้องกับ Islam *et al.* (2022) รายงานการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์กัญชง 14 พันธุ์ การค้า โดยการแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้าสูงกว่าเมล็ดที่ไม่กระตุ้นการงอก

เมื่อพิจารณาการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยน้ำ สารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 0.2% และ 0.5% ทำให้เมล็ดใช้เวลาในการงอกถึง 50% (6.25, 6.40 และ 6.15 วัน ตามลำดับ) และใช้เวลาเฉลี่ยในการงอก (7.14, 7.21 และ 6.82 วัน ตามลำดับ) เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (7.26 และ 8.16 วัน ตามลำดับ) เพราะการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยน้ำเป็นการทำให้เปลือกเมล็ดอ่อนลง น้ำและออกซิเจนซึมผ่านเข้าไปภายในเมล็ด กระตุ้นการเจริญของเอ็มบริโอ หรือกระตุ้นการแทงรากแรกเกิด (Selvarani and Umarani, 2011) สอดคล้องกับ Tongwilai *et al.* (2023) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยน้ำ ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3, 6 หรือ 9 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอก 5.50, 5.74 และ 5.12 วัน ตามลำดับ ซึ่งเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีเวลาเฉลี่ยใน

การงอก 6.25 วัน เมื่อพิจารณาการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้นทั้งสองระดับ ทำให้เมล็ดงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (Table 2) เพราะ KNO_3 มีคุณสมบัติทำลายการพักตัว โดยสารละลาย KNO_3 สามารถแตกตัวได้เป็น K^+ และ NO_3^- ซึ่ง NO_3^- ถูกรีดิวซ์เป็น NO_2^- และ NO ซึ่ง NO_3^- และ NO_2^- เป็นตัวรับอิเล็กตรอนทำหน้าที่แทนออกซิเจนในการออกซิไดส์ NADPH ในวิถี pentose phosphate pathway ซึ่งเป็นวิถีทางเลือกของการหายใจที่เชื่อว่ามิมีบทบาทสำคัญในการทำลายการพักตัวของเมล็ดพันธุ์พืชหลายชนิด จึงส่งผลให้เมล็ดงอกได้ (Chanprasert, 2010)

อย่างไรก็ตาม การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้นทั้งสองระดับ ไม่มีผลทำให้เมล็ดใช้เวลาในการงอกถึง 50% และเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างทางสถิติกับการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ (Table 2) แต่การใช้สารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้นสูง 0.5% มีแนวโน้มทำให้เมล็ดงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้เร็ว อาจเป็นเพราะวิธีการหรือระดับความเข้มข้นของสารละลาย KNO_3 ยังไม่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับ Jahanian *et al.* (2014) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 1% ร่วมกับการให้อากาศเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ไม่มีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการงอก เมื่อเปรียบเทียบกับ การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยน้ำกลั่น

Table 2 Days to emergence (DTE), time to reach 50% germination (T_{50}) and mean germination time (MGT) at 14 days after testing of hemp seeds after priming in different GA_3 and KNO_3 solutions

Treatment	DTE (day)	T_{50} (day)	MGT (day)
Non-primed seeds (Control)	2.84 ± 0.09 ^a	7.26 ± 0.62 ^a	8.16 ± 0.47 ^a
Hydropriming	1.97 ± 0.19 ^c	6.25 ± 0.39 ^b	7.14 ± 0.30 ^b
Priming seeds in 0.02% GA_3 solution	2.21 ± 0.16 ^{bc}	5.63 ± 0.09 ^c	6.41 ± 0.14 ^c
Priming seeds in 0.05% GA_3 solution	2.15 ± 0.32 ^{bc}	5.66 ± 0.14 ^c	6.43 ± 0.19 ^c
Priming seeds in 0.2% KNO_3 solution	2.36 ± 0.18 ^b	6.40 ± 0.25 ^b	7.21 ± 0.15 ^b
Priming seeds in 0.5% KNO_3 solution	2.33 ± 0.33 ^{bc}	6.15 ± 0.47 ^{bc}	6.82 ± 0.39 ^{bc}
F-test	**	**	**
CV (%)	9.920	6.056	4.288
P-value	0.000	0.000	0.000

** Means within the same column followed by different superscript letters (a, b, c) are significantly different ($P < 0.01$). Values are presented as mean ± standard deviation. CV = coefficient of variation.

จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า วิธีการกระตุ้นการงอกเมล็ดพันธุ์กัญชงเชื้อพันธุ์กรรมที่มีความงอกเริ่มต้นต่ำที่เหมาะสมที่สุด คือ การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0.02% เป็นเวลา 6 ชั่วโมง มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกสูงขึ้น 2.00% ซึ่งมีคุณค่าต่อการขยายพันธุ์เชื้อพันธุ์กรรมหรือการผลิตเมล็ดพันธุ์ เพราะหนึ่งเมล็ดหรือหนึ่งต้นสามารถผลิตเมล็ดพันธุ์ได้ปริมาณมากและสร้างความหลากหลายทางพันธุ์กรรมของกัญชงในประเทศไทย นอกจากนี้ เมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการดังกล่าวยังใช้เวลาในการงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงปฏิบัติในการผลิตต้นกล้ากัญชงที่มีคุณภาพสูงและสม่ำเสมอ อีกทั้งยังเป็นประโยชน์ต่อการอนุรักษ์พันธุ์กรรมกัญชงที่มีความงอกต่ำแต่อาจมีพันธุ์กรรมลักษณะดีที่อาจเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงพันธุ์ รวมถึงการสนับสนุนการพัฒนาอุตสาหกรรมกัญชงในด้านการเพาะปลูกและการใช้ประโยชน์เชิงเศรษฐกิจต่อไป

สรุป

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงด้วยน้ำ สารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0.02% และ 0.05% และสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 0.2% และ 0.5% ที่อุณหภูมิ 30 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การมีรากงอกและ

ความงอก แต่ทำให้เมล็ดงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้เร็วและสม่ำเสมอมากขึ้น ดังนั้น วิธีการกระตุ้นการงอกเมล็ดพันธุ์กัญชงที่เหมาะสมที่สุด คือ การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0.02% มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกสูง 39.00% ใช้เวลาในการงอกถึง 50% เร็ว 5.63 วัน และใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกเร็ว 6.41 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ที่มีความงอก 37.00% ใช้เวลาในการงอกถึง 50% ช้าที่สุด คือ 7.26 วัน และใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 8.16 วัน แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์กัญชงเชื้อพันธุ์กรรมที่มีความงอกเริ่มต้นต่ำด้วยวิธีการดังกล่าวมีแนวโน้มทำให้ความงอกเพิ่มขึ้นและช่วยลดระยะเวลาในการงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติ ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร นักวิจัย และการอนุรักษ์พันธุ์กรรมพืช สำหรับนำไปประยุกต์ใช้ในการผลิตต้นกล้า การขยายเมล็ดพันธุ์ของเชื้อพันธุ์กรรม การคงคุณค่าของเชื้อพันธุ์พืช รวมถึงการอนุรักษ์พันธุ์กรรมพืชเพื่อความยั่งยืนและเพิ่มความหลากหลายทางพันธุ์กรรมของกัญชงในประเทศไทย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร ที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์กัญชงเพื่อใช้สำหรับงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Andre, C.M., J.F. Hausman and G. Guerriero. 2016. *Cannabis sativa*: The plant of the thousand and one molecules. Front. Plant Sci. 7: 19. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00019>.
- Ashraf, M. and M.R. Foolad. 2005. Pre-sowing seed treatment-a shotgun approach to improve germination, plant growth and crop yield under saline and non-saline conditions. Adv. Agron. 88: 223–271. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(05\)88006-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(05)88006-X).
- Balesevic-Tubic, S., M. Tatic, J. Miladinovic and M. Pucarevic. 2007. Changes of fatty acids content and vigor of sunflower seed during natural ageing. Helia. 30(47): 61–68. <https://doi.org/10.2298/HEL0747061B>.
- Bradford, K.J. 1986. Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under stress conditions. HortScience. 21(5): 1105–1112. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.21.5.1105>.
- Bruggink, G.T., J.J.J. Ooms and P. van der Toorn. 1999. Induction of longevity in primed seeds. Seed Sci. Res. 9(1): 49–53. <https://doi.org/10.1017/S0960258599000057>.
- Callaway, J.C. 2004. Hempseed as a nutritional resource: An overview. Euphytica. 140: 65–72. <https://doi.org/10.1007/s10681-004-4811-6>.
- Chanprasert, W. 2010. Seed Physiology. Extension and Training Office, Kasetsart University, Bangkok, Thailand. 163 pp. (in Thai)

- Citti, C., B. Pacchetti, M.A. Vandelli, F. Forni and G. Cannazza. 2018. Analysis of cannabinoids in commercial hemp seed oil and decarboxylation kinetics studies of cannabidiolic acid (CBDA). *J. Pharm. Biomed. Anal.* 149: 532–540. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2017.11.044>.
- Coolbear, P., A. Francis and D. Grierson. 1984. The effect of low temperature pre-sowing treatment on the germination performance and membrane integrity of artificially aged tomato seeds. *J. Exp. Bot.* 35(1): 1609–1617. <https://doi.org/10.1093/jxb/35.11.1609>.
- Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 1995. *Principles of Seed Science and Technology*. Springer, New York, USA. 488 pp.
- Courtwright, D.T. 2002. *Forces of Habit: Drugs and the Making of Modern World*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA. 288 pp.
- Dhillon, N.P.S. 1995. Seed priming of male sterile muskmelon (*Cucumis melo* L.) for low temperature germination. *Seed Sci. Technol.* 23(3): 881–884.
- Du, G., H. Zhang, Y. Yang, Y. Zhao, K. Tang and F. Liu. 2022. Effects of gibberellin pre-treatment on seed germination and seedling physiology characteristics in industrial hemp under drought stress condition. *Life*. 12(11): 1907. <https://doi.org/10.3390/life12111907>.
- Duangpatra, J. 1986. *Seed Technology*. Agricultural Book Series, Bangkok, Thailand. 210 pp. (in Thai)
- Elias, S.G., Y.C. Wu and D.C. Stimpson. 2020. Seed quality and dormancy of hemp (*Cannabis sativa* L.). *J. Agric. Hemp Res.* 2(1): 2. <https://doi.org/10.61611/2688-5182.1017>.
- Ellis, R.H. and E.H. Roberts. 1980. Improved equation for the prediction of seed longevity. *Ann. Bot.* 45(1): 13–30. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aob.a085797>.
- Finkelstein, R., W. Reeves, T. Ariizumi and C. Steber. 2008. Molecular aspects of seed dormancy. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59: 387–415. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092740>.
- Frankel, E.N. 2005. *Lipid Oxidation*. 2nd edition. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK. 470 pp.
- Goel, A., A.K. Goel and I.S. Sheoran. 2003. Change in oxidative stress enzymes during artificial ageing in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) seeds. *J. Plant Physiol.* 160(9): 1093–1100. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-00881>.
- Golizadeh, S.K., T.M. Mahmoodi and N. Khaliliaqdam. 2015. Effect of priming of (KNO₃, ZnSO₄, distilled water) on rate germination and seedling establishment on cannabis seed (*Cannabis sativa* L.). *Biol. Forum.* 7(1): 190–194.
- Gupta, R. and S.K. Chakrabarty. 2013. Gibberellic acid in plant: Still a mystery unresolved. *Plant Signal. Behav.* 8(9): e25504. <https://doi.org/10.4161/psb.25504>.
- Hilton, J.R. and J.A. Thomas. 1986. Regulation of pregerminative rates of respiration in seeds of various weed species by potassium nitrate. *J. Exp. Bot.* 37(10): 1516–1524. <https://doi.org/10.1093/jxb/37.10.1516>.
- International Seed Testing Association. 2024. *International Rules for Seed Testing*. International Seed Testing Association (ISTA), Wallisellen, Switzerland.
- Islam, M.M., Z. Rangel, P. Storer, K.H.M. Siddique and Z.M. Solaiman. 2022. Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) varieties and seed pre-treatments affect seed germination and early growth of seedlings. *Agronomy*. 12(1): 6. <https://doi.org/10.3390/agronomy12010006>.
- Jahanian, A., S. Bolandnazar, B.C. Sharabiani and E. Shabani. 2014. Influence of different priming materials on germination vegetative characteristics and seedling establishment of cannabis (*Cannabis sativa*) medicinal plant. *Elixir Appl. Botany*. 72: 25379–25381.

- Jyoti, J. and C.P. Malik. 2013. Seed deterioration: A review. *Int. J. Life Sci. Biotechnol. Pharma. Res.* 2(3): 374–385.
- Kapoor, N., A. Arya, M.A. Siddiqui, A. Amir and H. Kumar. 2010. Seed deterioration in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under accelerated ageing. *Asian J. Plant Sci.* 9(3): 158–162. <https://doi.org/10.3923/ajps.2010.158.162>.
- Leonard, W., P. Zhang, D. Ying and Z. Fang. 2020. Hempseed in food industry: Nutritional value, health benefits and industrial applications. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 19(1): 282–308. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12517>.
- Lowe, H., B. Steele, J. Bryant, N. Toyang and W. Ngwa. 2021. Non-cannabinoid metabolites of *Cannabis sativa* L. with therapeutic potential. *Plants.* 10(2): 400. <https://doi.org/10.3390/plants10020400>.
- Matthews, S. and M.K. Hosseini. 2006. Mean germination time as an indicator of emergence performance in soil of seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed Sci. Technol.* 34(2): 339–347. <https://doi.org/10.15258/sst.2006.34.2.09>.
- McDonald, M.B. 2000. Seed priming, pp. 287–325. *In* M. Black and J.D. Bewley, eds. *Seed Technology and Its Biological Basis*. Sheffield Academic Press, Sheffield, England.
- Molleken, H. and R.R. Theimer. 1997. Survey of minor fatty acids in *Cannabis sativa* L. fruits of various origins. *J. Int. Hemp Assoc.* 4(1) 13–17.
- Nasri, N., R. Kaddour, H. Mahmoudi, O. Baatour, N. Bouraoui and M. Lachaal. 2011. The effect of osmopriming on germination, seedling growth and phosphatase activities of lettuce under saline condition. *Afr. J. Biotechnol.* 10(65): 14366–14372. <https://doi.org/10.5897/AJB11.1204>.
- Parihar, S.S., M. Dadlani, S.K. Lal, V.A. Tonapi, P.C. Nautiyal and S. Basu. 2014. Effect of seed moisture content and storage temperature on seed longevity of hemp (*Cannabis sativa*). *Indian J. Agric. Sci.* 84(11): 1303–1309.
- Priestley, D.A. 1986. *Seed Aging: Implications for Seed Storage and Persistence in the Soil*. Cornell University Press, New York, USA. 304 pp.
- Quarles, R.H. and R.M.C. Dawson. 1969. The distribution of phospholipase D in developing and mature plants. *Biochem. J.* 112(5): 787–794. <https://doi.org/10.1042/bj1120787>.
- Raman, V., H. Lata, S. Chandra, I.A. Khan and M.A. ElSohly. 2017. Morpho-anatomy of marijuana (*Cannabis sativa* L.), pp. 123–136. *In* S. Chandra, H. Lata and M.A. ElSohly, eds. *Cannabis sativa* L. - Botany and Biotechnology. Springer, Cham, Switzerland.
- Ranal, M.A. and D.G. Santana. 2006. How and why to measure the germination process?. *Rev. Bras. Bot.* 29(1): 1–11. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000100002>.
- Selvarani, K. and R. Umarani. 2011. Evaluation of seed priming methods to improve seed vigour of onion (*Allium cepa* cv. aggregatum) and carrot (*Daucus carota*). *J. Agric. Technol.* 7(3): 857–867.
- The R Project. 2025. The R Project for Statistical Computing. Available Source: <https://www.r-project.org/>, July 10, 2025.
- Tongwilai, T., J. Kangsopa and N. Insalud. 2023. Seed enhancement germination, vigour and seedling growth of low-quality hemp seeds by hydro-priming. *Journal of Cannabis Hemp and Herbs.* 2: 47–55. (in Thai)
- Xing, W., Y. Li, L. Zhou, H. Hong, Y. Liu, Y., S. Luo, J. Zou, Y. Zhao, Y. Yang, Z. Xu and B. Tan. 2025. Deciphering seed deterioration: Molecular insights and priming strategies for revitalizing aged seeds. *Plants.* 14(11): 1730. <https://doi.org/10.3390/plants14111730>.
- Yamaguchi, S. 2008. Gibberellin metabolism and its regulation. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59: 225–251. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.59.032607.092804>.