วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION

ผลของชนิดดาวเรืองและความเข้มข้นของสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกในการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

Effects of Marigold Species and Concentration of GA_3 Solutions in Seed Priming on Seed Germination and Vigor

พิจิตรา แก้วสอน[1*] สุชานรี จันทร์ขวัญ[2] นิตยา ชูเกาะ[1] และ รักศักดิ์ เสริมศักดิ์[3]
Pichittra Kaewsorn[1*] Suchanaree Chankhwan[2] Nittaya Chookoh[1] and Raksak Sermsak[3]
JAP5(2)-1-9

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[1] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900
[2] หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรเขตร้อน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[2] Bachelor of Science Program in Tropical Agriculture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900
[3] ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900
[3] Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900
[*] Corresponding author: pichittra.k@ku.th

(Received: 5 May 2022; Revised: 22 July 2022; Accepted: 15 August 2022)

Abstract

Marigold is one of the most important commercially grown in Thailand, which grown in a year-round, but marigold production often has problems of slow germination and non-uniformity. Therefore, the objective of this research was to study the effects of marigold species and concentrations of GA_3 solutions in seed priming on seed germination and vigor in order to enhance the speed of germination and uniformity. The experiment was designed in 2x5 factorial in completely randomized design with 2 factors. Factor A was the species of marigold including African marigold (*Tagetes erecta*) and France marigold (*T. patula*). Factor B was the GA_3 concentrations of 0 [reverse osmosis (RO) water], 25, 50, 100 mg/L and non-primed seeds with 4 replicates and 50 seeds per replicate. Seeds were soaked in the solutions for 24 hours and then reduced the moisture content approximately 6%. The results showed that marigold seeds in different species had affected on priming methods with different GA_3 solutions. There were interaction effects between marigold species and GA_3 concentrations, especially seed priming of France marigold was reduced germination percentage. On the other hand, seed priming of African marigold had no effect on germination, when compared with non-primed seeds, but priming with 25 and 100 mg/L GA_3 had the days to emergence (DTE), the time to reach 50% germination (T_{50}) and mean germination time (MGT) faster than that of non-primed seeds.

Keywords: *Tagetes erecta, Tagetes patula,* germination speed, time to reach 50% germination

บทคัดย่อ

ดาวเรืองเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญในประเทศไทย สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี แต่การผลิตดาวเรืองมักมีปัญหาเมล็ดงอกช้าและไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิดดาวเรืองและความเข้มข้นของสารละลายกรดจิบเบลเรลลิก (GA_3) ในการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อการงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์เพื่อทำให้เมล็ดงอกได้เร็วและสม่ำเสมอ โดยจัดสิ่งทดลองแบบ 2×5 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ ชนิดดาวเรือง มี 2 ชนิด ได้แก่ ดาวเรืองแอฟริกัน (*Tagetes erecta*) และดาวเรืองฝรั่งเศส (*T. patula*) และปัจจัย B คือ ความเข้มข้นของสารละลาย GA_3 ได้แก่ 0 [น้ำ reverse osmosis (RO)], 25, 50, 100 มก./ล. และเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด แช่เมล็ดในสารละลายเป็นเวลา 24 ชม. จากนั้นลดความชื้นของเมล็ดลงประมาณ 6% ผลการทดลองพบว่าเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองต่างชนิดกันมีผลต่อวิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 แตกต่างกัน โดยพบปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดดาวเรืองกับความเข้มข้นของสารละลาย GA_3 โดยเฉพาะกับการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกลดลง ในขณะที่การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองแอฟริกันด้วยสารละลาย GA_3 ไม่มีผลต่อความงอกเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ แต่ที่ระดับความเข้มข้น 25 และ 100 มก./ล. มีผลต่อจำนวนวันที่รากงอก เวลาในการงอกถึง 50% และเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

คำสำคัญ: ดาวเรืองแอฟริกัน ดาวเรืองฝรั่งเศส ความเร็วในการงอก เวลาที่ใช้ในการงอกถึง 50%

คำนำ

ดาวเรือง (*Tagetes* spp.) อยู่ในวงศ์ Asteraceae หรือ Compositae เป็นไม้ดอกพื้นเมืองของประเทศเม็กซิโกและกัวเตมาลา ซึ่งใช้เป็นยาพื้นบ้านของคนเม็กซิกัน (Neher, 1968) ในประเทศไทยนิยมปลูกดาวเรืองหลายชนิดหลายพันธุ์ เช่น ดาวเรืองแอฟริกัน *T. erecta* พันธุ์พาวเวอร์โกลด์ ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสม ดอกมีสีเหลืองทอง ขนาด 8-10 เซนติเมตร ต้นแข็งแรงสูง 30-40 เซนติเมตร ทรงพุ่มสวย เหมาะสำหรับปลูกเป็นไม้กระถาง ออกดอก 50-60 วันหลังเพาะเมล็ด และดาวเรืองฝรั่งเศส *T. patula* พันธุ์ดูแรงโก้ บี ซึ่งเป็นพันธุ์ผสมเปิด มีทรงพุ่มขนาด 35-40 เซนติเมตร ดอกมีขนาดใหญ่บานพร้อมกัน กลีบดอกซ้อนชั้นเดียว ก้านดอกแข็งแรง แตกกิ่งก้านดี ออกดอก 60-70 วันหลังเพาะเมล็ด (บริษัท ที เอส เอ จำกัด, 2565) ดาวเรืองเป็นไม้ดอกชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยที่สร้างรายได้ให้แก่เกษตรกร เนื่องจากปลูกง่าย เจริญเติบโตได้ในทุกสภาพพื้นที่ โตเร็ว ปลูกได้ตลอดปี อายุเก็บเกี่ยวสั้น ตัดดอกจำหน่ายได้ภายใน 60-70 วัน ดอกมีสีสันสวยงาม อายุใช้งานได้หลายวัน นิยมปลูกเพื่อตัดดอกจำหน่ายในงานพิธีทางศาสนา ใช้ร้อยพวงมาลัยไหว้พระ หรือคล้องคอในงานพิธีต่าง ๆ นอกจากนี้ยังใช้เป็นไม้ประดับแปลงหรือไม้กระถางที่สวยงามโดดเด่นที่นิยมใช้ในการตกแต่งภูมิทัศน์ (สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2558) นอกจากนั้นยังมีการใช้ประโยชน์จากดอกแห้งสำหรับชงเป็นชาดื่มบำรุงสายตา เนื่องจากดอกดาวเรืองมีสาร lutein และสาร zeaxanthin ซึ่งเป็นสารในกลุ่ม carotenoid (Madhavan *et al*., 2018)

การขยายพันธุ์ดาวเรืองนิยมใช้การเพาะเมล็ด แต่สามารถใช้วิธีตัดส่วนยอดมาปักชำได้แต่ไม่นิยม เพราะต้นที่ได้จะให้ดอกขนาดเล็กลง และให้ผลผลิตน้อย (สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2558) ปัญหาที่มักพบในการผลิตดอกดาวเรืองเพื่อการค้า คือ ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตไม่สม่ำเสมอ (ธีระวัฒน์, 2562) ซึ่งมีสาเหตุเกิดจากเมล็ดงอกได้ไม่สม่ำเสมอ เช่น เมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสมีขนาดเล็ก มีอาหารสะสมภายในเมล็ดน้อย (สลาลีวัลย์ และปิยะณัฏฐ์, 2563) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (seed priming) เป็นวิธีการกระตุ้นความงอกของเมล็ด โดยอาศัยหลักการดูดน้ำของเมล็ดให้ความชื้นเพียงพอต่อกระบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ด แต่ไม่สูงพอที่จะทำให้รากปรากฏได้ โดยเมล็ดจะผ่านการดูดน้ำในระยะที่ 1 และระยะที่ 2 (ระยะงัน หรือ lag phase) ของรูปแบบการดูดน้ำ จากนั้นลดความชื้นของเมล็ดลงให้ใกล้เคียงกับความชื้นเริ่มต้น เมื่อนำเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ไปปลูก เมล็ดจะงอกได้เร็วและสม่ำเสมอมากขึ้น (McDonald, 2000) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ในปัจจุบันมีหลายวิธี เช่น การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ (hydropriming) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารควบคุมแรงดันออสโมซิส (osmopriming) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย

เกลือ (halopriming) และการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช (hormonal priming) ซึ่งเป็นวิธีการกระตุ้นความงอกของเมล็ดด้วยการแช่เมล็ดในสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช เช่น กรดจิบเบอเรลลิก (gibberellic acid; GA_3) ซึ่งมีคุณสมบัติทำลายการพักตัวของเมล็ด (Bhowmick, 2018; Devika *et al.*, 2021; Pawar and Laware, 2018) มีรายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลายชนิดด้วยสารละลาย GA_3 เช่น Goud *et al.* (2021) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองแอฟริกัน 2 พันธุ์ ได้แก่ PusaBasanti และ Kalyani-2 ด้วยสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด คือ 92.97 เปอร์เซ็นต์ และ 94.43 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีความงอกต่ำที่สุด 79.66 เปอร์เซ็นต์ และ 81.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ นอกจากนี้ จินตนา (2563) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 250 500 และ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกและดัชนีความงอก (germination index; GI) แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำและเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ นอกจากนั้น Sedghi *et al.* (2010) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหม้อ (*Calendula officinalis*) ด้วยสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด 71 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างทางสถิติกับการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำกลั่น (70 เปอร์เซ็นต์) และเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (62 เปอร์เซ็นต์) Karimi and Varyani (2016) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหม้อด้วยน้ำกลั่น และการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุด 95 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีความงอกเพียง 60 เปอร์เซ็นต์ จากปัญหาเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองงอกช้าและไม่สม่ำเสมอ ทำให้ต้นกล้าเจริญไม่พร้อมกัน ส่งผลต่อการย้ายปลูกและได้ผลผลิตไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของชนิดดาวเรืองและความเข้มข้นของสารละลาย GA_3 ในการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ เพื่อทำให้เมล็ดงอกได้เร็วและสม่ำเสมอใช้ประโยชน์ในการผลิตต้นกล้าดาวเรือง

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง 2 ชนิด ได้แก่ ดาวเรืองแอฟริกัน (*T. erecta*) พันธุ์พาวเวอร์โกลด์ ซึ่งเป็นพันธุ์ลูกผสมชั่วที่หนึ่ง (F1 hybrid variety) และดาวเรืองฝรั่งเศส (*T. patula*) พันธุ์ดูแรงโก้ บี ซึ่งเป็นพันธุ์ผสมเปิด (open pollinated variety; OP) เป็นเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวใหม่และผ่านการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์แล้ว ซึ่งมีคุณภาพเริ่มต้น ได้แก่ เมล็ดมีน้ำหนัก 3.98 และ 3.23 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด ตามลำดับ ความชื้นเมล็ดประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ และมีความงอก 80 เปอร์เซ็นต์ และมีความบริสุทธิ์ทางกายภาพ 98 เปอร์เซ็นต์เท่ากัน มาศึกษาวิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ด้วยความเข้มข้นต่าง ๆ ระหว่างเดือนมิถุนายน ถึงกรกฎาคม พ.ศ. 2564 ณ ห้องปฏิบัติการหน่วยวิจัยวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืช และศูนย์วิทยาการขั้นสูงเพื่อเกษตรและอาหาร อาคารวชิรานุสรณ์ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ

วิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

แช่เมล็ดดาวเรืองแอฟริกัน และดาวเรืองฝรั่งเศสในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 0 (น้ำ RO) 25 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตรต่อ 200 เมล็ด ที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดตามระยะเวลาแล้วล้างเมล็ดผ่านน้ำ RO ไหลและซับเมล็ดให้แห้ง จากนั้นลดความชื้นเมล็ดลงในตู้ลดความชื้นไฟฟ้าที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ 40±2 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยเมล็ดมีความชื้นประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์

จัดสิ่งทดลองแบบ 2×5 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ ชนิดดาวเรือง มี 2 ชนิด ได้แก่ ดาวเรืองแอฟริกัน และดาวเรืองฝรั่งเศส และปัจจัย B คือ ความเข้มข้นของสารละลาย GA_3 ได้แก่ 0 25 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด การบันทึกข้อมูล ได้แก่

1. เปอร์เซ็นต์ความงอก (germination percentage) นำเมล็ดดาวเรืองมาทดสอบความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยเพาะเมล็ดลงบนกระดาษชื้นด้วยวิธี top of paper (TP) วางกล่องเพาะเมล็ดไว้ตู้ควบคุมอุณหภูมิ (germination cabinet) ที่อุณหภูมิสลับระหว่าง 20 และ 30 องศา

เซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ในสภาพมืด และที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ในสภาพมีแสง ประเมินความงอกตามกฎของสมาคมทดสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (ISTA, 2018) นับครั้งแรก (first count) ที่ 3 วันหลังเพาะเมล็ด โดยนับเฉพาะต้นอ่อนปกติที่มีระบบรากสมบูรณ์ ลำต้นอ่อนใต้ใบเลี้ยง (hypocotyl) ตั้งตรง และมีใบเลี้ยง (cotyledon) สีเขียว 2 ใบ และนับครั้งสุดท้าย (final count) ที่ 14 วันหลังเพาะเมล็ด โดยนับต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย คำนวณความงอกมีหน่วยเป็น เปอร์เซ็นต์ ตามสูตร เปอร์เซ็นต์ความงอก = (จำนวนต้นอ่อนปกติทั้งหมด / จำนวนเมล็ดทั้งหมด) × 100

2. จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (days to emergence; DTE) นับเมล็ดที่มีรากยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร ทุกวัน เป็นเวลา 14 วันหลังเพาะเมล็ด มีหน่วยเป็น วัน คำนวณจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกตามสูตร DTE = $\sum(nd) / \sum n$ โดย n = จำนวนเมล็ดที่มีรากงอกในวันที่เก็บข้อมูล, d = จำนวนวันที่ 1, 2, ..., 14 วันหลังเพาะเมล็ด (Dhillon, 1995)

3. เวลาที่ใช้ในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ (time to reach 50% germination; T_{50}) นับจำนวนต้นอ่อนปกติทุกวัน เป็นเวลา 14 วันหลังเพาะเมล็ด มีหน่วยเป็น วัน คำนวณเวลาที่ใช้ในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ตามสูตร $T_{50} = t_i + [[((N + 1) / 2 - n_i) / (n_j - n_i)] \times (t_j - t_i)]$ โดย t_i = เวลาก่อนที่เมล็ดงอกได้ครึ่งหนึ่ง, t_j = เวลาที่ถัดจากเวลา t_i, n_i = จำนวนเมล็ดที่งอก ณ เวลา t_i, n_j = จำนวนเมล็ดที่งอก ณ เวลา t_j, N = จำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นอ่อนปกติทั้งหมด (Coolbear *et al*., 1984)

4. เวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time; MGT) นับต้นอ่อนปกติทุกวัน เป็นเวลา 14 วันหลังเพาะเมล็ด มีหน่วยเป็น วัน คำนวณเวลาเฉลี่ยในการงอกตามสูตร MGT = $\sum(nd) / \sum n$ โดย n = จำนวนต้นอ่อนปกติในวันที่เก็บข้อมูล, d = จำนวนวันที่ 1, 2, ..., 14 วันหลังเพาะเมล็ด (Ellis and Robert, 1980)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี analysis of variance เพื่อหาค่า F-test และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสถิติ R

ผลการวิจัยและวิจารณ์

เปอร์เซ็นต์ความงอก

เมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสมีความงอกที่การนับครั้งแรกสูงกว่าเมล็ดดาวเรืองแอฟริกัน (53.8 เปอร์เซ็นต์ และ 22.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) (Table 1) แสดงว่าเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสมีความแข็งแรงมากกว่าเมล็ดดาวเรืองแอฟริกัน จึงมีความงอกสูงโดยใช้ระยะเวลาในการงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติเพียง 3 วันหลังเพาะเมล็ด อาจเป็นเพราะชนิดหรือพันธุ์ที่แตกต่างกัน จึงมีความสามารถหรือความเร็วในการงอกแตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาความงอกที่การนับครั้งสุดท้าย (Table 1) ให้ผลในทางตรงกันข้าม กลับพบว่าเมล็ดดาวเรืองแอฟริกันมีความงอกสูงกว่าเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศส (99.7 เปอร์เซ็นต์ และ 86.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) อาจเป็นเพราะคุณภาพเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองทั้งสองชนิดแตกต่างกัน โดยเมล็ดดาวเรืองแอฟริกันเป็นพันธุ์ลูกผสมที่มีน้ำหนัก 3.98 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด ซึ่งหนักมากกว่าเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสที่เป็นพันธุ์ผสมเปิดที่มีน้ำหนัก 3.23 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด แสดงว่าเมล็ดดาวเรืองแอฟริกันมีขนาดใหญ่กว่าเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศส จึงมีอาหารสะสมภายในเมล็ดมากเพื่อใช้สำหรับกระบวนการงอก เช่นเดียวกับ สลาลีวัลย์ และปิยะณัฏฐ์ (2563) รายงานว่าเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสมีขนาดเล็ก มีอาหารสะสมภายในเมล็ดน้อย ทำให้เมล็ดมีความงอกต่ำ นอกจากนี้ ดาวเรืองแอฟริกันพันธุ์พาวเวอร์โกลด์ยังเป็นเมล็ดพันธุ์ลูกผสม ซึ่งเกิดขึ้นรุ่นแรกของการผสมระหว่างพ่อและแม่ที่มีลักษณะแตกต่างกัน จึงมีลักษณะที่ดีเด่นกว่าพ่อและแม่ (heterosis) จึงทำให้เมล็ดมีคุณภาพสูง เช่น มีความงอกสูง ให้ผลผลิตที่มีคุณภาพและมีความสม่ำเสมอทางพันธุกรรมสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ผสมเปิด (บุญส่ง, 2558)

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วยสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้น ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกที่การนับครั้งแรกแตกต่างทางสถิติ (35.8-41.8 เปอร์เซ็นต์) เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (35.0 เปอร์เซ็นต์) (Table 1) แต่การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วยสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้น ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกที่การนับครั้งสุดท้ายแตกต่างทางสถิติอยู่ระหว่าง 90.8-93.8 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) ซึ่งแตกต่างจากเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีความงอกสูงที่สุด 96.5 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม แสดงค่าไม่แตกต่างทางสถิติกับการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3

ที่ความเข้มข้น 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (92.8 เปอร์เซ็นต์ และ 93.8 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ) จะเห็นได้ว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0 (น้ำ RO) และ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความงอกต่ำที่สุด 92.0 เปอร์เซ็นต์ และ 90.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยพบว่าเมล็ดตายค่อนข้างสูง 4.3 เปอร์เซ็นต์ และ 5.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ รองลงมาจัดเป็นต้นอ่อนผิดปกติที่มีรากสั้นเกิดจากเมล็ดงอกช้า 1.8 เปอร์เซ็นต์ และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมล็ดสดไม่งอก 2.0 เปอร์เซ็นต์ และ 0.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (data not shown) แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้นต่ำที่ระดับ 0 (น้ำ RO) และ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เมล็ดมีความงอกต่ำกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ อาจเป็นเพราะค่าชลศักย์ (water potential) ของน้ำ RO และสารละลาย GA_3 ความเข้มข้นต่ำ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าสูงกว่าค่าชลศักย์ของสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร จึงทำให้น้ำและออกซิเจนเกิดกระบวนการแพร่ซึมผ่านเข้าไปภายในเมล็ด และเกิดกระบวนการออสโมซิส (osmosis) ขึ้นอย่างรวดเร็วกว่าสารละลายที่ความเข้มข้นสูงที่มีค่าชลศักย์ต่ำ ทำให้เมล็ดดูดซึมน้ำได้ จึงทำให้กระบวนการงอกเกิดขึ้นได้อย่างสมบูรณ์ (McDonald, 2000) การแช่เมล็ดในสารละลายความเข้มข้นต่ำหรือค่าชลศักย์สูงเป็นระยะเวลานานเกินไป อาจทำให้เมล็ดได้รับออกซิเจนไม่เพียงพอสำหรับกระบวนการงอก จึงทำให้เกิดเซลล์ตายหรือเซลล์ผิดปกติได้ (Woodstock, 1988)

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างชนิดดาวเรืองและความเข้มข้นของสารละลาย GA_3 ต่อความงอกที่การนับครั้งแรก พบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน (Table 1) แต่แสดงปฏิสัมพันธ์กันในการนับครั้งสุดท้าย (Table 2) โดยการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองแอฟริกันด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0, 25, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เมล็ดมีความงอกอยู่ระหว่าง 99.5-100 เปอร์เซ็นต์ และไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดดาวเรืองแอฟริกันที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีความงอก 99.0 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าวิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ RO หรือสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้น ไม่มีผลในการกระตุ้นความงอกของเมล็ด เนื่องจากเมล็ดดาวเรืองแอฟริกันที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้เป็นเมล็ดที่เก็บเกี่ยวใหม่ มีความงอกสูงถึง 99.0 เปอร์เซ็นต์ และไม่มีเมล็ดพักตัว จึงไม่จำเป็นต้องนำมาผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดสามารถให้เปอร์เซ็นต์ความงอกได้ดีอยู่แล้ว สอดคล้องกับ ประนอม (2558) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยน้ำ เป็นเวลา 12 หรือ 24 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการแตกต่างกันทางสถิติ (95 เปอร์เซ็นต์) กับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (94 เปอร์เซ็นต์)

วิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยสารละลาย GA_3 พบว่าสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้นมีผลต่อความงอกที่การนับครั้งสุดท้ายเพียง 82.0-87.5 เปอร์เซ็นต์ และมีเมล็ดตายค่อนข้างสูง 8.5-11.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมล็ดมีความงอกต่ำกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (94.0 เปอร์เซ็นต์) (Table 2) แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยน้ำ RO หรือสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 25, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เกิดเมล็ดตายสูง อาจเป็นเพราะเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสมีขนาดเล็กกว่าดาวเรืองแอฟริกัน จึงมีพื้นที่ผิวในการสัมผัสกับอนุภาคน้ำมากกว่าเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ (Boyd and Acker, 2004) นอกจากนี้การแช่เมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสในสารละลาย GA_3 เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง อาจนานจนเกินไป จึงทำให้เนื้อเยื่อภายในเมล็ดเต่งจนฉีกขาด และเกิดการรั่วไหลของสารอาหารจากภายในเมล็ดออกสู่ภายนอก (McDonald, 2000) เช่นเดียวกับ Kouchebagh *et al.* (2014) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหม้อด้วยน้ำ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกเพียง 29 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (45 เปอร์เซ็นต์)

จำนวนวันที่มีรากงอก

เมื่อพิจารณาความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองสองชนิดจากความเร็วในการงอกราก พบว่าความแตกต่างของชนิด/พันธุ์มีผลทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกแตกต่างทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสมีจำนวนวันที่มีรากงอกเร็วกว่าเมล็ดดาวเรืองแอฟริกัน คือ 1.63 และ 2.20 วัน ตามลำดับ แสดงว่าเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสสามารถงอกรากได้เร็วกว่าเมล็ดดาวเรืองแอฟริกันประมาณ 0.57 วัน หรือ 13.67 ชั่วโมงหลังการเพาะเมล็ด แต่เมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสมีความงอกต่ำกว่าเมล็ดดาวเรืองแอฟริกัน คือ 86.6 เปอร์เซ็นต์ และ 99.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (Table 1) อาจเป็นเพราะเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศส

ที่นำมาใช้ในการศึกษามีความแข็งแรงมากกว่าเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองแอฟริกัน แต่มีความงอกต่ำกว่า ทั้งนี้อาจเกิดจากลักษณะทางพันธุกรรม หรือลักษณะประจำพันธุ์ (บุญส่ง, 2558)

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วยสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้น ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกแตกต่างกัน (1.87-1.91 วัน) แต่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (Table 1) โดยเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ทำให้เมล็ดมีรากงอกเร็ว อย่างไรก็ตาม เมล็ดดาวเรืองที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำหรือสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้นที่ศึกษา ทำให้เมล็ดมีรากงอกเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการที่ทำให้เมล็ดได้รับน้ำหรือสารละลายในระดับที่เพียงพอต่อกระบวนการงอกในระยะที่ 2 (lag phase) ของรูปแบบการดูดน้ำ โดยเมล็ดยังไม่ปรากฏรากแรกเกิด เมื่อเมล็ดได้รับน้ำอีกครั้งจะทำให้เมล็ดดูดน้ำและเข้าสู่ระยะที่ 2 เร็วขึ้นและเป็นระยะเวลาสั้นลง เมล็ดจึงเข้าสู่ระยะที่ 3 เร็ว จึงปรากฏรากแรกเกิดเร็ว (Pawar and Laware, 2018) ดังนั้น การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วยน้ำ RO เพียงพอที่จะทำให้เมล็ดงอกได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างชนิดดาวเรืองและความเข้มข้นของสารละลาย GA_3 ต่อจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกใน Table 2 แสดงให้เห็นว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกเร็วกว่าประมาณ 0.18 วัน หรือ 4.32 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (1.72 วัน) แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เมล็ดมีรากงอกเร็ว อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบกับระดับความเข้มข้นของสารละลาย GA_3 ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ยังให้ผลไม่แตกต่างกับเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ อาจเป็นเพราะ GA_3 ในระดับความเข้มข้นที่เหมาะสมมีผลในการกระตุ้นการผลิตเอนไซม์ α-amylase ในชั้น aleurone layer ของเมล็ด ได้เป็นน้ำตาลและกรดอะมิโนเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการงอกต่อไป (Gupta and Chakrabarty, 2013) นอกจากนี้ GA_3 ยังช่วยสังเคราะห์เอนไซม์ ช่วยเคลื่อนย้ายธาตุอาหาร และกระตุ้นการถอดรหัส mRNA ของเอนไซม์ไฮโดรไลติก กิจกรรม carbonic anhydrase เพิ่มการซึมผ่านของเยื่อหุ้มเซลล์ (cell membrane) และการดูดซึมธาตุอาหาร เมล็ดจึงแทงรากแรกเกิดได้เร็วขึ้น (Pawar and Laware, 2018) เช่นเดียวกับ Karimi and Varyani (2016) รายงานว่าต้นกล้าดาวเรืองหม้อจากเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 72 ชั่วโมง มี catalase activity เพิ่มขึ้น แสดงว่าต้นกล้ามีความแข็งแรง

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองแอฟริกันด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 25 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอก 2.12 และ 2.15 วัน ตามลำดับ ซึ่งเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ มีจำนวนวันที่มีรากงอกช้าที่สุด คือ 2.33 วัน ซึ่งแตกต่างกันประมาณ 0.81-0.21 วัน (Table 2) แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองแอฟริกันด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 25 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เมล็ดแข็งแรงจึงมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันที่มีผลต่อจำนวนวันที่ทำให้รากงอกเร็วขึ้น ประมาณ 4.32-5.04 ชั่วโมง เช่นเดียวกับ Karimi and Varyani (2016) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหม้อด้วยน้ำกลั่น และสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 100 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกรากเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

เวลาที่ใช้ในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาความเร็วในการงอกและสามารถพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติของเมล็ดดาวเรืองทั้งสองชนิดด้วยค่าเวลาที่เมล็ดใช้ในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสใช้เวลาเร็วกว่าเมล็ดดาวเรืองแอฟริกัน (2.80 และ 3.51 วัน ตามลำดับ) ซึ่งสอดคล้องกับค่าความงอกที่การนับครั้งแรก (53.8 เปอร์เซ็นต์ และ 22.8 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (1.63 และ 2.20 วัน ตามลำดับ) (Table 1) แสดงว่าเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสที่ใช้ในการศึกษานี้มีความแข็งแรงสูงกว่าเมล็ดดาวเรืองแอฟริกัน จึงสามารถพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้เร็วกว่าประมาณ 0.71 วัน หรือ 17.04 ชั่วโมง ในขณะที่วิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 0, 25, 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร ใช้เวลาในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ อยู่ระหว่าง 3.07-3.18 วัน

ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติ (Table 1) ส่วนเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ใช้เวลาในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ช้าที่สุด คือ 3.36 วัน ผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ RO หรือสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้น ทำให้เมล็ดพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้เร็ว สอดคล้องไปตามจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (Table 1) ทั้งนี้เนื่องจากการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการกระตุ้นการงอกของเมล็ดช่วยให้เมล็ดงอกได้เร็วและสม่ำเสมอ (McDonald, 2000) อย่างไรก็ตาม การใช้น้ำ RO หรือสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้น ไม่มีผลทำให้เมล็ดใช้เวลาในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างชนิดดาวเรืองและความเข้มข้นของสารละลาย GA_3 ต่อเวลาที่เมล็ดใช้ในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ใน Table 2 แสดงให้เห็นว่าเวลาในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้นไม่แตกต่างจากเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีค่าอยู่ระหว่าง 2.70-2.92 วัน เช่นเดียวกับ Mukhtar *et al.* (2013) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยน้ำร่วมกับการให้อากาศ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้เมล็ดใช้เวลาในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ สำหรับเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองแอฟริกันที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ RO หรือสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้นมีผลทำให้เมล็ดใช้เวลาในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ประมาณ 3.35-3.48 วัน ได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (3.81 วัน) เช่นเดียวกับ Goud *et al.* (2021) รายงานว่าต้นกล้าดาวเรืองแอฟริกันสองพันธุ์จากเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 50 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีดัชนีความแข็งแรงของต้นกล้า (seedling vigor index) สูงกว่าต้นกล้าจากเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

เวลาเฉลี่ยในการงอก

เมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าเมล็ดดาวเรืองแอฟริกันประมาณ 0.43 วัน หรือ 10.32 ชั่วโมง (Table 1) แสดงว่าเมล็ดดาวเรืองฝรั่งเศสงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้เร็วกว่าดาวเรืองแอฟริกัน โดยสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้น ไม่มีผลทำให้เมล็ดใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างทางสถิติ (Table 1) โดยเมล็ดใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกอยู่ระหว่าง 3.73-3.89 วัน ซึ่งเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 4.10 วัน

เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ร่วมระหว่างชนิดดาวเรืองและความเข้มข้นของสารละลาย GA_3 ต่อเวลาเฉลี่ยในการงอกใน Table 2 แสดงให้เห็นว่า เมล็ดใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้นไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (3.76 วัน) แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยน้ำหรือสารละลาย GA_3 ไม่มีผลต่อเวลาเฉลี่ยในการงอก เช่นเดียวกับเวลาที่ใช้ในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) สอดคล้องกับ Sedghi *et al.* (2010) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหม้อด้วยสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้เมล็ดใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ ในขณะที่เมล็ดดาวเรืองแอฟริกันที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 ทุกความเข้มข้น ใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกอยู่ระหว่าง 3.92-4.09 วัน ซึ่งเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ที่ใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 4.44 วัน (Table 2) เนื่องจากการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการที่ทำให้เมล็ดดูดซับน้ำเข้าไปภายในเมล็ดอย่างเพียงพอสำหรับกระตุ้นให้เกิดกระบวนการทางชีวเคมี โดยผ่านการดูดน้ำในระยะที่ 1 เข้าสู่ระยะที่ 2 และหยุดการดูดน้ำโดยทำให้เมล็ดแห้งลง เมื่อนำเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มาดูดน้ำอีกครั้งจะทำให้เกิดการดูดน้ำอย่างรวดเร็วและเข้าสู่ระยะที่ 2 ในระยะเวลาสั้น จากนั้นเข้าสู่ระยะที่ 3 เมล็ดจึงแทงรากได้เร็วขึ้น (McDonald, 2000) เช่นเดียวกับ Karimi and Varyani (2016) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหม้อด้วยน้ำกลั่นและสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 100 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เมล็ดใช้เวลาเฉลี่ยในการงอกราก 6.00 6.20 และ 6.50 วัน ตามลำดับ ซึ่งเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ 7.00 วัน

Table 1 Effects of 2 marigold species and different GA_3 concentrations on germination, days to emergence (DTE), time to reach 50% germination (T_{50}) and mean germination time (MGT) of primed seeds

Factor	Germination (%)		DTE (days)	T_{50} (days)	MGT (days)
	1st count	Final count			
Species (A)					
African marigold	22.8 ± 11.34 b	99.7 ± 0.98 a	2.20 ± 0.12 a	3.51 ± 0.22 a	4.08 ± 0.26 a
French marigold	53.8 ± 7.56 a	86.6 ± 6.06 b	1.63 ± 0.11 b	2.80 ± 0.14 b	3.65 ± 0.17 b
F-test	*	*	*	*	*
GA_3 concentrations (B)					
Non-primed seeds	35.0 ± 22.01	96.5 ± 3.82 a	2.02 ± 0.34 a	3.36 ± 0.50 a	4.10 ± 0.38 a
0 mg/L GA_3	38.5 ± 23.64	92.0 ± 9.01 b	1.91 ± 0.33 b	3.09 ± 0.45 b	3.80 ± 0.34 b
25 mg/L GA_3	40.5 ± 16.99	90.8 ± 10.25 b	1.89 ± 0.27 b	3.07 ± 0.37 b	3.73 ± 0.25 b
50 mg/L GA_3	35.8 ± 16.78	92.8 ± 8.28 ab	1.87 ± 0.37 b	3.18 ± 0.33 b	3.89 ± 0.24 b
100 mg/L GA_3	41.8 ± 14.95	93.8 ± 7.52 ab	1.89 ± 0.27 b	3.07 ± 0.34 b	3.81 ± 0.23 b
F-test	ns	*	*	*	*
A×B	ns	*	*	*	*
CV (%)	25.31	3.79	5.22	4.63	4.77

Remarks: ns = not significantly different, * = significantly different at $p \leq 0.05$
Means ± SD in the same column followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$ by DMRT.

Table 2 Interaction between species and GA_3 concentrations on germination percentage, days to emergence (DTE), time to reach 50% germination (T_{50}) and mean germination time (MGT) of primed marigold seed

Factor		Germination (%)	DTE (days)	T_{50} (days)	MGT (days)
Species (A)	GA_3 concentrations (B)				
African marigold	Non-primed seeds	99.0 ± 2.00 ab	2.33 ± 0.11 a	3.81 ± 0.12 a	4.44 ± 0.09 a
	0 mg/L GA_3	100 ± 0.00 a	2.20 ± 0.12 ab	3.48 ± 0.25 b	4.02 ± 0.34 bc
	25 mg/L GA_3	99.5 ± 1.00 a	2.12 ± 0.09 b	3.41 ± 0.08 b	3.92 ± 0.12 bcd
	50 mg/L GA_3	100 ± 0.00 a	2.21 ± 0.11 ab	3.48 ± 0.06 b	4.09 ± 0.06 b
	100 mg/L GA_3	100 ± 0.00 a	2.15 ± 0.09 b	3.35 ± 0.23 b	3.94 ± 0.25 bcd
French marigold	Non-primed seeds	94.0 ± 3.65 b	1.72 ± 0.06 c	2.92 ± 0.20 c	3.76 ± 0.16 cde
	0 mg/L GA_3	84.0 ± 4.32 c	1.62 ± 0.12 cd	2.70 ± 0.08 c	3.57 ± 0.14 e
	25 mg/L GA_3	82.0 ± 6.32 c	1.66 ± 0.14 cd	2.73 ± 0.07 c	3.54 ± 0.21 e
	50 mg/L GA_3	85.5 ± 4.43 c	1.54 ± 0.05 d	2.87 ± 0.10 c	3.70 ± 0.18 de
	100 mg/L GA_3	87.5 ± 5.26 c	1.64 ± 0.07 cd	2.79 ± 0.12 c	3.69 ± 0.13 de
F-test		*	*	*	*
CV (%)		3.79	5.22	4.77	4.63

Remarks: * = significantly different at $p \leq 0.05$
Means ± SD in the same column followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$ by DMRT.

สรุปผลการวิจัย

1. เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองต่างชนิดกันมีผลต่อวิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย GA_3 แตกต่างกัน

2. การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองแอฟริกันด้วยสารละลาย GA_3 ทุกระดับความเข้มข้น ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์ความงอกแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ แต่ที่ระดับความเข้มข้น 25 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีผลทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอก เมล็ดใช้เวลาในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

3. การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสด้วยสารละลาย GA_3 ทุกระดับความเข้มข้น มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกต่ำกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ และไม่มีผลต่อจำนวนวันที่มีรากงอก เวลาในการงอกถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยในการงอกเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

เอกสารอ้างอิง

จินตนา สงฤทธิ์. 2563. การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศสโดยวิธีการทำ seed priming. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน, คณะผลิตกรรมการเกษตร, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่.

ธีระวัฒน์ วงศ์วิชิต. 2562. ดาวเรือง (ไม้ตัดดอก). กรมส่งเสริมการเกษตร. แหล่งข้อมูล http://www.agriman.doae.go.th/home/news/2562/77-78.pdf (2 เมษายน 2565).

บริษัท ที เอส เอ จำกัด. 2565. กลุ่มดาวเรือง. แหล่งข้อมูล http://www.thaiseed.co.th/index.php?ContentID=ContentID-17110211240059307 (12 เมษายน 2565).

บุญส่ง เอกพงษ์. 2558. เทคนิคการผลิตเมล็ดพันธุ์ผักลูกผสม. พิมพ์ครั้งที่ 1. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

ประนอม ยังคำมั่น. 2558. ผลของการกระตุ้นการงอกเมล็ดด้วยน้ำและโปแตสเซียมไนเตรทต่อการงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองฝรั่งเศส. รายงานการประชุมวิชาการประจำปี 2558, มหาวิทยาลัยแม่โจ้ 8-9 ธันวาคม 2558, มหาวิทยาลัยแม่โจ้, เชียงใหม่. น. 1-8.

สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2558. งานวิจัยและพัฒนาพันธุ์ดาวเรืองเกษตร. แหล่งข้อมูล https://www3.rdi.ku.ac.th/?p=18932 (28 เมษายน 2565).

สลาลีวัลย์ แน่นแฟ้น และปิยะณัฏฐ์ ผกามาศ. 2563. ผลของการเตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธี Nano-Bubbles priming ต่อการงอกของต้นกล้าดาวเรืองฝรั่งเศส. แก่นเกษตร 48(3): 515-526.

Bhowmick, M.K. 2018. Seed priming: a low-cost technology for resource-poor farmers in improving pulse productivity. pp. 190-209. *In*: A. Rakshit and H.B. Singh (eds.). Advances in Seed Priming. Springer Nature Singapore Pte Ltd., Singapore.

Boyd, N.S. and R.C.V. Acker. 2004. Imbibition response of green foxtail, canola, wild mustard and wild oat seeds to different osmotic potentials. Can. J. Bot. 82(6): 801-806.

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(11): 1609-1617.

Devika, O.S., S. Singh, D. Sarkar, P. Barnwal, J. Suman and A. Rakshit. 2021. Seed priming: a potential supplement in integrated resource management under fragile intensive ecosystems. Front. Sustain. Food Syst. 5: 1-11.

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.

Ellis, R.H. and E.H. Roberts. 1980. Improved equation for the prediction of seed longevity. Ann. Bot. 45(1): 13-30.

Goud, S., A. Dayal, P.K. Rai, N. Thomas, V.P. Sahi and A. Kerketta. 2021. Influence of botanicals, fungicides, plant growth regulator treatments on seedling characters of marigold (*Tagetes erecta* L.) variety: pusabasanti and kalyan-2. AJSST. 7(4): 257-264.

Gupta, R. and S.K. Chakrabarty. 2013. Gibberellic acid in plant. Plant Signal. Behav. 8(9): e25504-1-5.

ISTA. 2018. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.

Karimi, M. and M. Varyani. 2016. Role of priming technique in germination parameters of calendula (*Calendula officinalis* L.) seeds. J. Agric. Sci. 61(3): 215-226.

Kouchebagh, B.S., M. Sohrabi, P.G. Kouchebagh and A.R. Khanlou. 2014. Seed germination and yield of marigold (*Calendula officinalis* L.) as affected by biophysical priming techniques. Int. J. Biosci. 5(5): 113-118.

Madhavan, J., S. Chandrasekharan, M.K. Priya and A. Godavarthi. 2018. Modulatory effect of carotenoid supplement constituting lutein and zeaxanthin (10:1) on antioxidant enzymes and macular pigments level in rats. Pharmacogn. Mag. 14(54): 268-274.

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, England.

Mukhtar, K., I. Afzal, M. Qasim, S.M.A. Basra and M. Shahid. 2013. Does priming promote germination and early stand establishment of French marigold (*Tagetes patula* L.) seeds by inducing physiological and biochemical changes? Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus. 12(3): 13-21.

Neher, N.T. 1968. The ethnobotany of tagetes. Econ Bot. 22(4): 317-325.

Pawar, V.A. and S.L. Laware. 2018. Seed priming: a critical review. Int. J. Sci. Res. in Biological Sciences 5(5): 94-101.

Sedghi, M., A. Nemati and B. Esmaielpour. 2010. Effect of seed priming on germination and seedling growth of two medicinal plants under salinity. Emir. J. Food Agric. 22(2): 130-139.

Woodstock, L.W. 1988. Seed imbibition: a critical period for successful germination. J. Seed Technol. 12(1): 1-5.