

ผลของความเข้มข้น KNO_3 และการให้อากาศในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตร

Effects of KNO_3 Concentration and Aeration during Seed Priming on Seed Germination and Vigor of Papaya cv. Khaek Dam Kaset

อภิราท์ ทองทิพย์ พิจิตรา แก้วสอน* และ รัฐพล นัตถบรรยงก์

Akira Thongtip, Pichitra Kaewsorn* and Rattaphol Chatbanyong

Received: 6 May 2020, Revised: 2 October 2020, Accepted: 4 November 2020

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของความเข้มข้น KNO_3 และการให้อากาศในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตร เพื่อปรับปรุงให้เมล็ดมีความงอกสูงและงอกได้เร็ว ทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2562 ถึงเดือนมกราคม 2563 โดยจัดตั้งทดลองแบบ 3×2 แฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์เป็นชุดควบคุม (control) มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ ความเข้มข้นของ KNO_3 มี 3 ระดับ คือ 0 (น้ำ reverse osmosis), 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ และปัจจัย B คือ การให้อากาศ มี 2 ระดับ คือ การไม่ให้อากาศและการให้อากาศ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นลดความชื้นของเมล็ดลงให้ใกล้เคียงกับความชื้นเริ่มต้นประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองพบว่า การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0, 3 หรือ 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการไม่ให้อากาศและการให้อากาศ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ยกเว้น เมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (ชุดควบคุม) ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างทางสถิติ แต่ทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ นอกจากนี้ การไม่ให้อากาศหรือการให้อากาศในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอก จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างทางสถิติ ดังนั้น การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยไม่ให้อากาศ สามารถทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้นประมาณ 3 วัน เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

คำสำคัญ: ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์, ความเร็วในการงอก, เวลาเฉลี่ยในการงอก, จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, 50 Ngam Wong Wan Road, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand.

* ผู้รับผิดชอบประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): pichitra.k@ku.th Tel: 08 9949 3929

ABSTRACT

The effects of KNO_3 concentration and aeration during seed priming on seed germination and vigor of papaya cv. Khaek Dam Kaset were studied in order to improve seed germination and speed of germination. The experiment was conducted at Seed Technology Laboratory, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok during November 2019 to January 2020. The experiment was designed in 3×2 factorial in completely randomized design (CRD) with non-primed seeds (control). There were two factors. Factor A was concentration of KNO_3 : 0% (reverse osmosis water), 3% and 5%. Factor B was aeration: non-aeration and aeration for 24 hours. Seeds were then dried until nearly initial seed moisture content was about 8%. The results showed that seed priming with KNO_3 solution at 0%, 3% or 5% without aeration or with aeration for 24 hours, except non-primed seed (control), had no effect on germination but it had faster days to emergence (DTE) and mean germination time (MGT) than non-primed seeds. Moreover, non-aeration and aeration during seed priming had no effect on germination, DTE and MGT. Thus, seed priming with 3% KNO_3 solution for 24 hours without aeration could increase the speed of germination about 3 days when compared with non-primed seeds.

Key words: seed vigor, speed of germination, mean germination time, days to emergence

บทนำ

มะละกอกเป็นผลไม้เขตร้อนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของโลก (Chanwichit, 2011) โดยในปี พ.ศ. 2562 ประเทศไทยมีการส่งออกเมล็ดพันธุ์มะละกอซึ่งจัดเป็นเมล็ดพันธุ์ควบคุมประมาณ 28 ล้านบาท (Agricultural Regulatory Office, 2019) พันธุ์มะละกอที่นิยมปลูกมากเป็นการค้า ได้แก่ พันธุ์แขกดำ ซึ่งใช้ประโยชน์ได้ทั้งผลดิบและผลสุก (Editorial Department of Technologychaoban Magazine, 2014) โดยมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรเป็นมะละกอพันธุ์ใหม่ของภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ซึ่งมีวิตามินซี เบต้าแคโรทีน และไลโคปีนสูง และเป็นพืชไม่ัดแปลงพันธุกรรม (Chayaporn, 2018) การขยายพันธุ์มะละกอทำได้หลายวิธี เช่น การเพาะเมล็ด การปักชำ การตอนกิ่ง และการเสียบยอด แต่เกษตรกรส่วนใหญ่

นิยมขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเมล็ด เนื่องจากปฏิบัติได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว และผลิตต้นได้ในปริมาณมาก (Sansuk, 2014) คุณภาพเมล็ดพันธุ์จึงเป็นปัจจัยสำคัญในการปลูกมะละกอ ซึ่งปัจจุบันเกษตรกรนิยมเพาะกล้าก่อนย้ายลงปลูกในแปลง แต่มักพบปัญหาเมล็ดมะละกอมักมีความงอกต่ำและงอกไม่สม่ำเสมอ ซึ่งมีหลายสาเหตุ เช่น เปลือกเมล็ดหนาแข็ง ขัดขวางการดูดซึมน้ำ และเชื้อหุ้มเมล็ดชั้นนอกมีสารยับยั้งการงอก (Owino and Ouma, 2011) สาร benzyl isothiocyanate (BITC) พบบริเวณเนื้อของผล น้ำยางของมะละกอ และเชื้อหุ้มเมล็ด ซึ่งเมล็ดมะละกอจะพบสาร BITC ปริมาณ 2,910 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเมล็ดแก่จะมีสาร BITC สูงขึ้นเป็น 6,800 มิลลิกรัมต่อลิตร (Tang, 1971) ซึ่งสารนี้มีคุณสมบัติยับยั้งการงอกของเมล็ดพืชหลายชนิด เช่น ครอบจักรวาล (*Abutilon indicum*) หญ้าจรวงดอกเล็ก (*Pennisetum polystachyon*) (Jantawinuragz, 1988) อย่างไรก็ตาม Rattanaphan

(2019) รายงานการกระตุ้นความงอกของเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรด้วยการแช่เมล็ดในสารละลาย GA₃ ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลายกรดซาลิไซลิก (salicylic acid; SA) ความเข้มข้น 50, 100, 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้กระตุ้นความงอก

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ หรือ การไพร้มงเมล็ดพันธุ์ (seed priming) เป็นกระบวนการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ก่อนนำไปปลูก โดยการแช่เมล็ดในน้ำหรือสารเคมีที่อุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสม เพื่อให้เมล็ดดูดน้ำอย่างเพียงพอและมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีหรือกระบวนการทางเมแทบอลิซึมต่างๆ ที่เกิดขึ้นภายในเมล็ดแต่ไม่ทำให้เมล็ดงอก (Bewley, 1986) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์สามารถเพิ่มความสม่ำเสมอในการงอก ความเร็วในการงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้า (Bradford, 1986) การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ที่นิยมโดยทั่วไป มี 2 วิธี คือ การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ (hydropriming) เป็นการใช้น้ำเป็นตัวกระตุ้นการงอก ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย ประหยัดค่าใช้จ่าย ปลอดภัยต่อผู้ใช้ ไม่มีสารพิษหรือสารเคมีตกค้างในเมล็ดและสิ่งแวดล้อม (Huang *et al.*, 2006) น้ำที่ใช้ต้องเป็นน้ำสะอาด มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในระดับกลาง เพื่อไม่ทำให้เมล็ดเสียหาย และปราศจากเชื้อโรค (McDonald, 2000) และการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารควบคุมแรงดันออสโมซิส (osmopriming) เป็นการนำเมล็ดไปแช่ในสารละลายที่มีค่าศักย์ (water potential) ในระดับต่ำ อาจมีการให้อากาศหรือไม่ให้อากาศในสารละลาย ซึ่งการให้อากาศเป็นการเพิ่มปริมาณออกซิเจนในสารละลายจะทำให้กระบวนการงอกเกิดได้ดีขึ้น (Akers *et al.*, 1984) ซึ่งวิธีการนี้สามารถควบคุมปริมาณน้ำที่เมล็ด

ดูดซึมเข้าสู่ภายในเมล็ดได้โดยเมล็ดจะดูดน้ำอย่างช้าๆ โดยใช้สารเคมี เช่น KNO₃ (McDonald, 2000) ซึ่งเป็นสารที่ช่วยทำลายการพักตัวของเมล็ด หรือส่งเสริมการงอกของเมล็ด (ISTA, 2018) แต่หากได้รับสารในปริมาณหรือความเข้มข้นที่ไม่เหมาะสมอาจเป็นพิษต่อต้นอ่อนที่งอกออกมา หรืออาจยับยั้งการงอกของเมล็ดได้ (Copeland and McDonald, 1995) Boonyuen (2016) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ด้วยสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ร่วมกับการให้อากาศ 45 นาทีต่อชั่วโมง และบ่มเมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีหลายปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ด เช่น คุณภาพเมล็ดพันธุ์ เริ่มต้น วิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ ความเข้มข้นหรือชนิดของสารเคมี ระยะเวลาในการแช่เมล็ดในน้ำหรือสารละลาย และออกซิเจน (Waqas *et al.*, 2019) ซึ่งออกซิเจนเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีความสำคัญต่อกระบวนการงอก โดยการให้ออกซิเจนในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธี osmopriming ทำให้เมล็ดพักหลายชนิดงอกได้เร็วขึ้น เช่น พริก แครอต ผักกาดหอม และกะน้า (Akers *et al.*, 1984) มีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการไม่ให้อากาศและการให้อากาศในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO₃ แต่ไม่มีรายงานในเมล็ดมะละกอ เช่น Nascimento (2003) รายงานการให้อากาศในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์แดงไทยด้วยสารละลาย KNO₃ ค่าศักย์ -1.4 MPa เป็นเวลา 3, 6, 9 และ 12 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดงอกได้เร็วกว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO₃ โดยการไม่ให้อากาศและเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ ตามลำดับ ซึ่งการศึกษาการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอ

ส่วนมากเป็นการไม่ให้อากาศ เช่น Zimmerman (1994) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอ 4 พันธุ์ ได้แก่ 'Cariflora', 'Puerto Rico Red', 'Solo64' และ 'Waimanalo 162' ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 232 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 5 วัน ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุดและมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด Owino and Ouma (2011) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์ kamiya ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.04 โมล เป็นเวลา 30 นาที ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงและมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด Mohd *et al.* (2016) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์ eksotika ด้วยสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 500 หรือ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ แต่ทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ Mohd and Mohd (2017) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์ eksotika ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.025 โมลาร์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุดและงอกได้เร็วที่สุด

เมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรมีปัญหาความงอกต่ำ งอกช้า และไม่สม่ำเสมอ ซึ่งอาจมีสาเหตุจากเปลือกเมล็ดหนาหรือมีสารยับยั้งการงอกภายในเมล็ด ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นสารละลาย KNO_3 และการไม่ให้อากาศหรือการให้อากาศในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตร เพื่อให้เมล็ดงอกได้สูงและงอกได้เร็ว

วิธีดำเนินการวิจัย

1. วิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

เมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตร จากภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เก็บเกี่ยวเมื่อเดือนกันยายน 2562 มีคุณภาพเริ่มต้น ได้แก่ น้ำหนักเมล็ด 16.95 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด ความชื้นของเมล็ด 8.1 เปอร์เซ็นต์ และความงอกประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดบรรจุในถุงพลาสติกปิดสนิทและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาศึกษาวิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ ระหว่างเดือนพฤศจิกายน 2562 ถึงมกราคม 2563 โดยจัดสิ่งทดลองแบบ 3×2 แฟกทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์เป็นชุดควบคุม (control) มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ ความเข้มข้นของสารละลาย KNO_3 มี 3 ระดับ ได้แก่ 0 (น้ำ reverse osmosis; RO) 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ปัจจัย B คือ การให้อากาศ มี 2 ระดับ ได้แก่ การไม่ให้อากาศและการให้อากาศ

นำเมล็ดมะละกอมาแช่ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ (200 เมล็ดต่อสารละลายปริมาตร 150 มิลลิลิตร) ร่วมกับการไม่ให้อากาศและการให้อากาศตลอดเวลา เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดมาลดความชื้นในตู้ลดความชื้นไฟฟ้า (electric desiccator cabinet) เป็นเวลา 3 วัน จนกระทั่งเมล็ดมีความชื้นใกล้เคียงกับความชื้นเริ่มต้นประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (ชุดควบคุม) และเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มาศึกษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ดังนี้

2. บันทึกข้อมูล

2.1 ความงอก (germination)

นำเมล็ดมะละกอมาทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีการเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษขึ้น (between paper; BP) จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด วางไว้ในตู้เพาะเมล็ด (germinator) ที่อุณหภูมิ 20 $\leftrightarrow$ 30 องศาเซลเซียส โดยที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ในสภาพไม่มีแสง และที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ในสภาพมีแสง นับครั้งแรก (first count) ที่ 12 วันหลังเพาะเมล็ด โดยนับเฉพาะต้นอ่อนปกติ ซึ่งมีระบบรากสมบูรณ์ ลำต้นอ่อนได้โผล่ (hypocotyl) ตั้งตรง และใบเลี้ยงสีเขียวมี 2 ใบ และนับครั้งสุดท้าย (final count) ที่ 28 วันหลังเพาะเมล็ด โดยนับจำนวนต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย ประเมินความงอกตามกฎของสมาคมทดสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (ISTA, 2018) จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณความงอกของเมล็ดพันธุ์เป็น เปอร์เซ็นต์ จากสูตร ความงอก = (จำนวนต้นอ่อนปกติ/จำนวนเมล็ดทั้งหมด) $\times$ 100

2.2 จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (days to emergence; DTE)

เพาะเมล็ดมะละกอตามวิธีการทดสอบความงอก นับจำนวนเมล็ดที่มีรากงอกยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร ทุกวัน เป็นเวลา 28 วันหลังเพาะเมล็ด จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก มีหน่วยเป็น วัน จากสูตร $DTE = \sum(n \cdot T) / \sum n$ โดย n คือ จำนวนเมล็ดที่มีรากงอก, T คือ จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (Dhillon, 1995)

2.3 เวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time; MGT)

เพาะเมล็ดมะละกอตามวิธีการทดสอบความงอก โดยนับจำนวนต้นอ่อนปกติ ทุกวัน เป็นเวลา 28 วันหลังเพาะเมล็ด จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณเวลา

เฉลี่ยในการงอก มีหน่วยเป็น วัน จากสูตร $MGT = \sum(n \cdot T) / \sum n$ โดย n คือ จำนวนต้นอ่อนปกติในแต่ละวัน, T คือ จำนวนวันที่เมล็ดงอกเป็นต้นอ่อนปกติ (Ellis and Roberts, 1980)

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูลทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-test วิเคราะห์ความแปรปรวนรวมและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยลักษณะต่างๆ ด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรมสถิติ R

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ความงอก (germination)

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรด้วยสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 0, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (ชุดควบคุม) โดยมีความงอก 62.25, 62.25, 60.50 และ 58.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรด้วยสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 0, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลในการกระตุ้นความงอกของเมล็ด อาจเป็นเพราะคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะละกอค่อนข้างต่ำ โดยเมล็ดมีความงอกเพียง 58.50 เปอร์เซ็นต์ ต้นอ่อนผิดปกติ 0.50 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดสดไม่งอก 2.50 เปอร์เซ็นต์ แต่มีเมล็ดตายค่อนข้างสูง 38.50 เปอร์เซ็นต์ (data not shown) จึงไม่มีผลในการกระตุ้นความงอกของเมล็ด โดยเมล็ดที่มีความงอกต่ำเกินไป หรือความมีชีวิตของเมล็ดต่ำมาก การกระตุ้นความงอกไม่สามารถช่วยให้เมล็ดมีความงอกหรือความมีชีวิตของเมล็ดสูงขึ้นได้ (Trawatha *et al.*, 1990) เช่นเดียวกับ Boonyuen (2016) รายงานการ

เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ร่วมกับการให้อากาศ 45 นาทีต่อชั่วโมง เปรียบเทียบระหว่างการบ่มเมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง และการไม่บ่มเมล็ด มีผลทำให้เมล็ดมีความงอก 72.50 และ 62.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ ร่วมกับการให้อากาศ 45 นาทีต่อชั่วโมง และบ่มเมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือไม่บ่มเมล็ด (67 และ 66 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ) และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (67.50 เปอร์เซ็นต์) Mohd *et al.* (2016) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์ eksotika ด้วยสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 500 หรือ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ แต่ไม่สอดคล้องกับ Owino and Ouma (2011) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์ kamiya ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.04 โมล เป็นเวลา 30 นาที ทำให้เมล็ดมีความงอกสูงที่สุดคือ 86.7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ มีความงอกเพียง 66.7 เปอร์เซ็นต์ อาจเป็นเพราะเมล็ดพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างพันธุ์กัน ทำให้มีลักษณะทางพันธุกรรม ลักษณะทางกายภาพ และองค์ประกอบทางเคมีภายในเมล็ดแตกต่างกัน จึงตอบสนองต่อการกระตุ้นความงอกได้แตกต่างกัน (Waqas *et al.*, 2019)

การไม่ให้อากาศและการให้อากาศในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรด้วยสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 0, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดมีความงอก

61.83, 61.50 และ 58.50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 1) แสดงว่าการไม่ให้อากาศหรือการให้อากาศในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตร อาจเป็นเพราะปริมาณออกซิเจนในสารละลายเพียงพอต่อกระบวนการงอกของเมล็ด เช่นเดียวกับ Prapanoppasin (1999) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์พริกพันธุ์บางช้างด้วยน้ำ โดยการไม่ให้อากาศและการให้อากาศ เป็นเวลา 15, 30, 45 นาทีต่อชั่วโมง และให้อากาศต่อเนื่องเป็นเวลา 5 ชั่วโมง ไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ด สอดคล้องกับ Ramnut (2004) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์พริกพันธุ์บางช้างในน้ำ เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ร่วมกับการให้อากาศ เป็นเวลา 30 นาทีต่อชั่วโมง และการให้อากาศตลอดเวลา ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างทางสถิติ แต่ไม่สอดคล้องกับ Chotanakoon *et al.* (2015) รายงานการให้อากาศในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์พริกพันธุ์บางช้างในน้ำ RO และบ่มเมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกในห้องปฏิบัติการและในสภาพโรงเรือนสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์โดยไม่ให้อากาศ นอกจากนี้ Srepho *et al.* (2016) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศสีดำด้วยน้ำ RO เป็นเวลา 9 ชั่วโมง โดยไม่ให้อากาศ ร่วมกับการบ่มเมล็ด เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกในห้องปฏิบัติการและในสภาพโรงเรือนสูงกว่าเมล็ดที่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ร่วมกับการให้อากาศ

เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลร่วมระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย KNO_3 และการให้อากาศในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรต่อความงอกของเมล็ด พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกัน โดยเมล็ดมีความงอก 58.50-65.50 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2)

ตารางที่ 1 ความงอก จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 และการไม่ให้/ให้อากาศในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

ปัจจัย	ความงอก (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนวันที่เมล็ด มีรากงอก (วัน)	เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)
ชุดควบคุม	58.50	10.31 a	16.70 a
ความเข้มข้นของสารละลาย KNO_3 (A)			
KNO_3 0 เปอร์เซ็นต์	62.25	8.24 b	14.19 b
KNO_3 3 เปอร์เซ็นต์	62.25	7.57 bc	13.18 c
KNO_3 5 เปอร์เซ็นต์	60.50	7.23 c	13.06 c
F-test	ns	*	*
ชุดควบคุม	58.50	10.31 a	16.70 a
การไม่ให้/ให้อากาศ (B)			
ไม่ให้อากาศ	61.83	7.75 b	13.49 b
ให้อากาศ	61.50	7.60 b	13.46 b
F-test	ns	*	*
A×B	ns	*	*
CV (%)	9.01	7.62	5.19

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวตั้งแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2 อิทธิพลร่วมระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย KNO_3 และการไม่ให้/ให้อากาศในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอก จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตร

ปัจจัย	ความงอก (เปอร์เซ็นต์)	จำนวนวันที่เมล็ด มีรากงอก (วัน)	เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)
ความเข้มข้นของ สารละลาย KNO_3 (A)			
การไม่ให้/ให้อากาศ (B)			
ชุดควบคุม	58.50	10.31 a	16.70 a
KNO_3 0 เปอร์เซ็นต์	65.00	8.50 b	14.43 b
	59.50	7.98 bc	13.94 bc

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ปัจจัย		ความงอก	จำนวนวันที่เมล็ด	เวลาเฉลี่ยในการงอก
ความเข้มข้นของ	การไม่ให้/ให้อากาศ	(เปอร์เซ็นต์)	มีรากงอก (วัน)	(วัน)
สารละลาย KNO ₃ (A)	(B)			
KNO ₃ 3 เปอร์เซ็นต์	ไม่ให้อากาศ	59.00	7.76 bc	13.36 bcd
	ให้อากาศ	65.50	7.39 c	13.00 cd
KNO ₃ 5 เปอร์เซ็นต์	ไม่ให้อากาศ	61.50	7.01 c	12.68 d
	ให้อากาศ	59.50	7.45 c	13.44 bcd
F-test		ns	*	*
CV (%)		9.01	7.62	5.19

หมายเหตุ: ตัวอักษรที่เหมือนกันในแนวดังแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ns ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

* มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

2. จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก (days to emergence; DTE)

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรด้วยสารละลาย KNO₃ ที่ความเข้มข้น 0, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 1) โดยเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกเร็วที่สุด คือ 7.23 วัน ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกเร็ว 7.57 วัน รองลงมา คือ เมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 0 เปอร์เซ็นต์ หรือการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก 8.24 วัน ส่วนเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีจำนวนวันที่มีรากงอกช้าที่สุด คือ 10.31 วัน แสดงว่าเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำและสาร

ควบคุมแรงดันออกซิเจนด้วยสารละลาย KNO₃ สามารถแทงรากได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ เพราะการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการที่ทำให้เมล็ดดูดน้ำได้อย่างเพียงพอโดยยึดช่วงเวลากการดูดน้ำในระยะที่ 2 (lag phase) อย่างช้าๆ ทำให้เชื้อหุ้มเซลล์ เชื้อหุ้มออร์แกนเซลล์ต่างๆ และออร์แกนเซลล์ต่างๆ มีเวลาเพียงพอในการจัดเรียงตัว และซ่อมแซม ตลอดจนมีการกำจัดสารพิษที่สะสมระหว่างการเสื่อมสภาพ เมล็ดดูดใช้ออกซิเจนได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงทำให้เมล็ดงอกได้ดี (Waqas *et al.*, 2019) ดังนั้น เมื่อนำเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ไปปลูกจะทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น เพราะเมล็ดจะดูดน้ำและเข้าสู่ระยะที่ 2 ของรูปแบบการดูดน้ำเร็วและใช้เวลา น้อยลง จากนั้นเข้าสู่การดูดน้ำระยะที่ 3 ได้เร็ว เมล็ดจึงแทงรากได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (Bradford, 1986) สอดคล้องกับ Boonyuen (2016) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ด้วยสารละลาย KNO₃ ความเข้มข้น 3

เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ร่วมกับการให้อากาศ 45 นาทีต่อชั่วโมง และบ่มเมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือไม่บ่มเมล็ด ทำให้เมล็ดงอกได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ เช่นเดียวกับ Prapanoppasin (1999) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์พริกพันธุ์บางช้างในน้ำ เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 7 วัน ร่วมกับการให้อากาศ 15 นาทีต่อชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

นอกจากนี้ เมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตร ที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 หรือ 5 เปอร์เซ็นต์ มีรากงอกเร็วกว่าเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ (ตารางที่ 1) เพราะ KNO_3 สัมพันธ์กับเอนไซม์ nitrate reductase ในการสร้าง nitrite หรือ nitric oxide ซึ่งสามารถทำลายการพักตัวของเมล็ดและส่งเสริมการงอกของเมล็ดได้ (Lara *et al.*, 2014) โดย KNO_3 เกิดการแตกตัวของ K^+ และ NO_3^- เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์โปรตีนภายในเมล็ด (McIntyre *et al.*, 1996) รวมถึงสารละลาย KNO_3 ช่วยในการดูดซึมของออกซิเจนในเมล็ดได้ โดยมีผลช่วยในกระบวนการหายใจและกระบวนการย่อยสลายสารอาหารภายในเมล็ด (Hilton and Thomas, 1986) สอดคล้องกับ Nanakorn (2020) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์พริกเขียวในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 หรือ 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกเร็วกว่าเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ แต่ไม่สอดคล้องกับ Boonyuen (2016) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ร่วมกับการให้อากาศ 45 นาทีต่อชั่วโมง และบ่มเมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

หรือไม่บ่มเมล็ด ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างทางสถิติกับการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ ร่วมกับการให้อากาศ 45 นาทีต่อชั่วโมง และบ่มเมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือไม่บ่มเมล็ด นอกจากนี้ Prapanoppasin (1999) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์พริกพันธุ์บางช้างด้วยน้ำ ทำให้เมล็ดสามารถงอกได้เร็วกว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 7 วัน

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรด้วยการไม่ให้อากาศและการให้อากาศ ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 1) โดยเมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกเร็วที่สุดและไม่แตกต่างทางสถิติ คือ 7.75 และ 7.60 วัน ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ โดยมีจำนวนวันที่มีรากงอกช้าที่สุด คือ 10.31 วัน แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอด้วยการไม่ให้อากาศหรือการให้อากาศไม่มีผลทำให้เมล็ดแทงรากได้เร็วขึ้น อาจเป็นเพราะปริมาณออกซิเจนในสารละลายเพียงพอต่อกระบวนการงอกแล้ว ดังนั้น การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอไม่จำเป็นต้องให้อากาศเพิ่มในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0, 3 หรือ 5 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ Prapanoppasin (1999) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์พริกพันธุ์บางช้างในน้ำ เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เปรียบเทียบระหว่างการไม่ให้อากาศและการให้อากาศ เป็นเวลา 15, 30, 45 นาทีต่อชั่วโมง และการให้อากาศตลอดเวลา พบว่าการไม่ให้อากาศหรือการให้อากาศในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกแตกต่างทางสถิติ

นอกจากนี้ การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยการไม่ให้อากาศหรือการให้อากาศทำให้เมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรมีรากงอกเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการ

เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ แสดงว่าเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์สามารถแทงรากได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ สอดคล้องกับ Prapanoppasin (1999) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์พริกพันธุ์บางช้างด้วยน้ำ โดยการเปรียบเทียบระหว่างการไม่ให้อากาศและการให้อากาศเป็นเวลา 15, 30, 45 นาทีต่อชั่วโมง และให้อากาศต่อเนื่อง เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกแตกต่างทางสถิติ แต่การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์พริกพันธุ์บางช้างด้วยน้ำทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ประมาณ 2 วัน ซึ่งไม่สอดคล้องกับ Ramnut (2004) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์พริกพันธุ์บางช้างในน้ำ เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ร่วมกับการให้อากาศ 30 นาทีต่อชั่วโมง และการให้อากาศตลอดเวลา ทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่มีรากงอกเร็วกว่าเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์โดยไม่ให้อากาศ

เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลร่วมระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย KNO_3 และการให้อากาศในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์จะละกอกพันธุ์แขกดำเกษตร พบว่ามีอิทธิพลร่วมกัน (ตารางที่ 1 และ ตารางที่ 2) โดยเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ให้อากาศ มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอกเร็วที่สุด คือ 7.01 วัน ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการให้อากาศ เมล็ดผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการไม่ให้อากาศและให้อากาศ และเมล็ดผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการให้อากาศ มีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก 7.45, 7.76, 7.39 และ

7.98 วัน ตามลำดับ แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์จะละกอกด้วยน้ำร่วมกับการให้อากาศ และการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 หรือ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยการไม่ให้อากาศหรือการให้อากาศ มีผลทำให้เมล็ดสามารถงอกหรือแทงรากได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

3. เวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time; MGT)

การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์จะละกอกพันธุ์แขกดำเกษตรด้วยสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 0, 3 และ 5 เปอร์เซ็นต์ มีผลทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างทางสถิติ (ตารางที่ 1) โดยเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 13.06 วัน ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ มีเวลาเฉลี่ยในการงอก 13.18 วัน รองลงมา คือ เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0 เปอร์เซ็นต์ หรือการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ มีเวลาเฉลี่ยในการงอก 14.19 วัน ส่วนเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 16.70 วัน แสดงว่าเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์สามารถงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ เพราะการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์เป็นการทำให้เมล็ดเกิดกระบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ดให้พร้อมสำหรับการงอก ซึ่งกิจกรรมต่างๆ ภายในเมล็ดจะมีการกระตุ้นการสังเคราะห์ การสร้าง และการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายอาหารสะสมภายในเมล็ด การเคลื่อนย้ายอาหารสะสมต่างๆ เพื่อใช้ในกระบวนการงอกของเมล็ด เช่น เอนไซม์ β - และ α -amylase ที่ย่อยสลายคาร์โบไฮเดรต

เป็นน้ำตาลกลูโคสและเอนไซม์ proteinases ย่อยสลายโปรตีนเป็นกรดอะมิโน (Varier *et al.*, 2010) ดังนั้น เมื่อนำเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ไปปลูกจะทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น สอดคล้องกับ Boonyuen (2016) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ร่วมกับการให้อากาศ 45 นาติต่อชั่วโมง และบ่มเมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือไม่บ่มเมล็ด ทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ เช่นเดียวกับ Zimmerman (1994) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 232 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 5 วัน ทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด Owino and Ouma (2011) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์ kamiya ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.04 โมล เป็นเวลา 30 นาที ทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด Mohd *et al.* (2016) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์ eksotika ด้วยสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 500 หรือ 1,000 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์

นอกจากนี้ เมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 หรือ 5 เปอร์เซ็นต์ สามารถงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนจนปกติได้เร็วกว่าเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ (ตารางที่ 1) แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ทำให้เมล็ดงอกได้เร็วกว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ เพราะ KNO_3 ความเข้มข้น 3 หรือ 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นสารละลายที่มีค่าซลัคยต่ำ ช่วยเพิ่มความหนืดของน้ำ ทำให้เมล็ดดูดน้ำได้ช้าลง (McDonald, 2000) จึงเป็นการยืดระยะเวลาในการดูดน้ำของเมล็ดใน

ระยะที่ 2 (lag phase) ส่งผลให้เมล็ดเกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมได้นานขึ้น เกิดการสังเคราะห์กรดนิวคลีอิกและโปรตีนเพื่อใช้ในกระบวนการงอก (Bradford, 1995; Singh *et al.*, 1999) เช่นเดียวกับ Chotanakoon (2016) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์พริกพันธุ์บางช้างในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ร่วมกับการให้อากาศ 45 นาติต่อชั่วโมง และบ่มเมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีผลทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ แต่ขัดแย้งกับ Boonyuen (2016) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ร่วมกับการให้อากาศ 45 นาติต่อชั่วโมง และบ่มเมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือไม่บ่มเมล็ด ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างทางสถิติกับการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ ร่วมกับการให้อากาศ 45 นาติต่อชั่วโมง และบ่มเมล็ดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือไม่บ่มเมล็ด

การไม่ให้อากาศหรือการให้อากาศระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรด้วยสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้นต่างๆ ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างทางสถิติ โดยเมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 13.49 และ 13.46 วัน ตามลำดับ (ตารางที่ 1) แสดงว่าการไม่ให้หรือการให้อากาศในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอไม่มีผลต่อความเร็วในการงอกของเมล็ด สอดคล้องกับ Prapanoppasin (1999) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์พริกพันธุ์บางช้างในน้ำเป็นเวลา 5 ชั่วโมง เปรียบเทียบระหว่างการไม่ให้อากาศ และการให้อากาศ เป็นเวลา 15, 30, 45 นาติต่อชั่วโมง และให้อากาศตลอดเวลา พบว่าการไม่ให้หรือการให้อากาศไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความเร็วในการงอกแตกต่างทางสถิติ

นอกจากนี้ การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรด้วยการไม่ให้อากาศหรือการให้อากาศมีผลทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ประมาณ 3 วัน เนื่องจากการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ทำให้เกิดกระบวนการเมแทบอลิซึมต่างๆ และการเปลี่ยนแปลงภายในเมล็ด เพราะระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์จะกระตุ้นให้มีการสังเคราะห์และมีกิจกรรมการทำงานของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการย่อยสลายอาหารสะสมภายในเมล็ด เช่น เอนไซม์ β -amylase และ α -amylase ที่ย่อยสลายคาร์โบไฮเดรตเป็นน้ำตาลกลูโคส และเอนไซม์ proteinases ย่อยสลายโปรตีนเป็นกรดอะมิโน ในการเคลื่อนย้ายอาหารสะสมต่างๆ ไปยังจุดเจริญเพื่อให้เกิดกระบวนการงอกของเมล็ด (Chanprasert, 2010) สอดคล้องกับ Prapanoppasin (1999) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์พริกบางช้างในน้ำ เป็นเวลา 5 ชั่วโมง เปรียบเทียบระหว่างการไม่ให้อากาศ และการให้อากาศ เป็นเวลา 15, 30, 45 นาทีต่อชั่วโมง และให้อากาศตลอดเวลา พบว่าการไม่ให้/ให้อากาศไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความเร็วในการงอกแตกต่างทางสถิติ ซึ่งแตกต่างกับ Na nakorn (2020) รายงานการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ฟักเขียวในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 หรือ 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการให้อากาศ เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 หรือ 5 เปอร์เซ็นต์ โดยไม่ให้อากาศ

เมื่อพิจารณาถึงอิทธิพลร่วมระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย KNO_3 และการให้อากาศในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์แขกดำเกษตร พบว่ามีอิทธิพลร่วมกัน (ตารางที่ 1 และ

ตารางที่ 2) โดยเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการไม่ให้อากาศในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 12.68 วัน ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการให้อากาศ เมล็ดที่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการไม่ให้อากาศ และการให้อากาศ มีเวลาเฉลี่ยในการงอก 13.44, 13.36 และ 13.00 วัน ตามลำดับ ส่วนเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ มีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 16.70 วัน แสดงว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0, 3 หรือ 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการไม่ให้อากาศหรือการให้อากาศ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ นอกจากนี้ การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการไม่ให้อากาศ ทำให้เมล็ดงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้เร็วกว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการไม่ให้อากาศหรือการให้อากาศ

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรสามารถเลือกใช้วิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ได้ 2 วิธี คือ การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยไม่ให้อากาศ เพราะเป็นวิธีประหยัดต้นทุนค่าสารเคมี และยังทำให้เมล็ดงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ประมาณ 2 วัน (2.27 วัน) และการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดย

ไม่ให้อากาศ ทำให้เมล็ดสามารถงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ประมาณ 3 วัน (3.31 วัน) นอกจากนี้เมล็ดยังงอกได้เร็วกว่าวิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำ ประมาณ 1 วัน (1.07 วัน) ซึ่ง KNO_3 สามารถหาซื้อได้ง่ายและราคาไม่แพง อีกทั้งใช้ในปริมาณน้อย

สรุป

1. การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรด้วยสารละลาย KNO_3 ที่ความเข้มข้น 0, 3 หรือ 5 เปอร์เซ็นต์ ร่วมกับการไม่ให้อากาศหรือการให้อากาศ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างทางสถิติ แต่ทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์
2. การไม่ให้หรือการให้อากาศในระหว่างการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอก จำนวนวันที่เมล็ดมีรากงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างทางสถิติ
3. การเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยไม่ให้อากาศ ทำให้เมล็ดสามารถงอกและพัฒนาเป็นต้นอ่อนปกติได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ประมาณ 3 วัน (3.31 วัน)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่อนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์มะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรเพื่อใช้สำหรับงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Agricultural Regulatory Office. 2019. **Quantity and value of exported controlled seeds in 2019**. Department of Agriculture. Available Source: <http://www.doa.go.th/ard/wp-content/uploads/2019/11/EX62.pdf>, April 13, 2020. (in Thai)
- Akers, S.W., Brede, J. and Bates, J.J. 1984. Why some vegetable seed cannot be primed in aerated solutions. **HortScience** 19: 540.
- Bewley, J.D. 1986. Membrane changes in seed as related to germination and the perturbations resulting from deteriorating in storage, pp. 27-47. In McDonald, M.B. and Nelson, C.J., eds. **Physiology of Seed Deterioration**. CSSA Spec. Pub., USA.
- Boonyuen, P. 2016. Effect of Seed Priming on Quality and Storability of 'Holland' Papaya Seeds. Master Thesis of Horticulture, Kasetsart University. (in Thai)
- Bradford, K.J. 1986. Manipulation of seed water relation via osmotic priming to improve germination under stress condition. **HortScience** 21: 1105-1112.
- Bradford, K.J. 1995. Water relations in seed germination, pp. 351-396. In Kigel, J. and Galili, G., eds. **Seed Development and Germination**. Marcel Dekker, New York.
- Chanprasert, W. 2010. **Seed Physiology**. Extension and Training Office Press, Kasetsart University, Bangkok. (in Thai).
- Chanwichit, P. 2011. **Cultivation of Papaya**. 4th ed. Thanathud Printing co., Ltd., Bangkok. (in Thai)

- Chayaporn, C. 2018. New Cultivar of 'Khaek Dam Kaset' Papaya. **Kehakaset** 42(2): 88-91. (in Thai)
- Chotanakoon, K. 2016. Effect of Seed Priming on Germinability, Storability and Seedling Growth of Pepper (*Capsicum annuum* L. cv. Bang Chang). Master Thesis of Horticulture, Kasetsart University. (in Thai)
- Chotanakoon, K., Kaewsorn, P., Chulaka, P. and Chanprasert, W. 2015. Effect of hydropriming on pepper seed quality of 2 cultivars. **Agricultural Science Journal** 46(3) (Suppl.): 617-620. (in Thai)
- Copeland, L.O. and McDonald, M.B. 1995. **Seed Science and Technology**. Chapman & Hill, New York.
- Dhillon, N.P.S. 1995. Seed priming of male sterile muskmelon (*Cucumis melo* L.) for low temperature germination. **Seed Science and Technology** 23(3): 881-884.
- Editorial Department of Technologychaoban Magazine. 2014. **Papaya is an Economic Crop to Conquer the Rich Way**. Matichon Publishing House, Bangkok. (in Thai)
- Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1980. Improved equation for the prediction of seed longevity. **Annals of Botany** 45(1): 13-30.
- Hilton, J.R. and Thomas, J.A. 1986. Regulation of pregerminative rates of respiration in seeds of various weed species by potassium nitrate. **Journal of Experimental Botany** 37(10): 1516-1524.
- Huang, R., Sukprakarn, S., Phavaphutanon, L., Juntakool, S. and Chaikul, C. 2006. Changes in antioxidant enzyme activity, lipid peroxidation and seedling growth of cucumber seed induced by hydropriming and electric field treatment. **Kasetsart Journal** 40: 825-834.
- ISTA. 2018. **International Rules for Seed Testing**. International Seed Testing Association, Basserdorf, Switzerland.
- Jantawinuragz, R. 1988. The Effects of Extracts from the Root and Seed of Some Papaya Cultivars on Germination and Growth of *Abutilon hirtum* and *Pennisetum polystachyon*. Master Thesis of Horticulture, Kasetsart University. (in Thai).
- Lara, T.S., Lira, J.M.S., Rodrigues, A.C., Rakocovic, M. and Alvarenga, A.A. 2014. Potassium nitrate priming affects the activity of nitrate reductase and antioxidant enzymes in tomato germination. **Journal of Agricultural Science** 6(2): 72-80.
- McDonald, M.B. 2000. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology** 27: 177-237.
- McIntyre, G.I., Cessna, A.J. and Hsiao, A.I. 1996. Seed dormancy in *Avena fatua*: Interacting effects of nitrate, water and seed coat injury. **Physiologia Plantarum** 97: 291-302.
- Mohd, N.Z. and Mohd, S.J. 2017. Effects of seed priming durations and potassium nitrate concentrations on germination of eksotika

- papaya. **Transactions of the Malaysian Society of Plant Physiology** 24: 21-26.
- Mohd, N.Z., Amyita, W.U. and Mohd, S.J. 2016. Effects of hormonal and halo priming treatments on papaya (*Carica papaya* cv. eksotika) seed germination. **Transactions of the Malaysian Society of Plant Physiology** 23: 74-79.
- Na nakorn, P. 2020. Effects of KNO₃ Concentration and Aeration during Seed Priming on Quality of Wax Gourd [*Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn.] Seeds. B.S. Special Problem of Horticulture, Kasetsart University. (in Thai)
- Nascimento, W.M. 2003. Muskmelon seed germination and seedling development in response to seed priming. **Scientia Agricola** 60(1): 71-75.
- Owino, D.O. and Ouma, G. 2011. Effect of potassium priming on papaya (*Carica papaya* var. *kamiya*). **Journal of Animal and Plant Sciences** 11(2): 1418-1423.
- Prapanoppasin, P. 1999. Studies on Pepper Seed Priming by Hydropriming and Osmoconditioning. B.S. Special Problem of Horticulture, Kasetsart University. (in Thai)
- Ramnutt, W. 2004. Germination Enhancement Using Hydropriming Technique in Chilli Seed. Master Thesis of Horticulture, Kasetsart University. (in Thai)
- Rattanaphan, W. 2019. Effects of Salicylic Acid Solutions on Seed Germination and Seedling Growth of 'Khaek Dam Kaset' Papaya. B.S. Special Problem of Horticulture, Kasetsart University. (in Thai)
- Sansuk, M. 2014. **Papaya is Making Rich Money**. Nana Publishing, Bangkok. (in Thai)
- Singh, G., Gill, S.S. and Sandhu, K.K. 1999. Improved performance of muskmelon (*Cucumis melo*) seeds with osmoconditioning. **Acta Agrobotanica** 52: 121-126.
- Srepho, P., Kaewsorn, P. and Chulaka, P. 2016. Effect of hydropriming on quality and storability of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) seed, pp. 249-258. **In Proceedings of the 13th National Seed Conference 2016**. Rajamangala University of Technology Esarn, Surin Campus. (in Thai)
- Tang, C.S. 1971. Benzy isothiocyanate of papaya fruit. **Phytochemistry** 10: 117-121.
- Trawatha, S.E., Steiner, J.J. and Bradford, K.J. 1990. Laboratory vigor tests to predict pepper seedling field emergence performance. **Crop Science** 30: 713-717.
- Varier, A., Vari, A.K. and Dadlani, M. 2010. The subcellular basic of seed priming. **Current Science** 99(4): 450-456.
- Waqas, M., Korres, N.E., Khan, M.D., Nizami, A.S., Deeba, F., Ali, I. and Hussain, H. 2019. Advances in the concept and methods of seed priming, pp. 11-41. **In Hasanuzzaman, M. and Fotopoulos, V., eds. Priming and Pretreatment of Seeds and Seedlings**. Springer Nature Singapore Pte Ltd., Singapore.
- Zimmerman, W.T. 1994. Priming papaya seeds reduce seed germination time. **Caribbean Food Crops Society** 30: 329-332.