ผลของสารละลายกรดซาลิไซลิกและกรดจิบเบอเรลลิกต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตร

Effects of Salicylic Acid and GA_3 Solutions on Germination and Vigor of 'Khaek Dam Kaset' Papaya Seed

วิลาสินี รัตนพันธุ์ รัฐพล ฉัตรบรรยงค์ และ พิจิตรา แก้วสอน*

Wilasinee Rattanaphan, Rattaphol Chatbanyong and Pichittra Kaewsorn*

ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

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

**Corresponding author: Email: pichittra.k@ku.th*

(Received: 10 July 2019; Accepted: 19 November 2019)

Abstract: The methods of germination enhancement of 'Khaek Dam Kaset' papaya seed to enhance the germination and seed vigor were studied. Seeds were soaked in reverse osmosis (RO) water, gibberellic acid (GA_3) solution and salicylic acid (SA) solution in different concentrations for 16 hours. The experiment was designed in a completely randomized design composed of 7 treatments: RO water, 500 mg/L GA_3 solution and SA solution at 50, 100, 250 and 500 mg/L compared with the untreated seed (control). The results showed that soaked seeds in 500 mg/L GA_3 solution had no effect on germination when compared with control, but these treatments had faster mean germination time (MGT) than control (approximately 1 day). Moreover, soaked seeds in all concentrations of SA solution did not affect on germination, when compared with control.

Keywords: Speed of germination, mean germination time, seed enhancement

Copyright @ Journal of Agriculture, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University. All rights reserved.

บทคัดย่อ: ศึกษาวิธีการกระตุ้นความงอกของเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรเพื่อให้เมล็ดมีความงอกและความแข็งแรงสูง โดยแช่เมล็ดในน้ำ reverse osmosis (RO) สารละลายกรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) และสารละลายกรดซาลิไซลิก (SA) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 16 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 7 กรรมวิธี ได้แก่ น้ำ RO สารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และสารละลาย SA ความเข้มข้น 50, 100, 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้กระตุ้นความงอก (ชุดควบคุม) พบว่าการแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีผลต่อความงอกเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดในชุดควบคุม แต่กรรมวิธีนี้มีผลทำให้เวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าเมล็ดในชุดควบคุม (ประมาณ 1 วัน) นอกจากนี้การแช่เมล็ดในสารละลาย SA ทุกความเข้มข้นไม่มีผลต่อความงอกเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดในชุดควบคุม

คำสำคัญ: ความเร็วในการงอก เวลาเฉลี่ยในการงอก การกระตุ้นความงอกของเมล็ด

คำนำ

ในปี พ.ศ. 2561 ประเทศไทยมีการส่งออกเมล็ดพันธุ์มะละกอปริมาณ 374.50 กิโลกรัม มูลค่าประมาณ 88 ล้านบาท (Agricultural Regulatory Office, 2018) พันธุ์มะละกอที่นิยมปลูกเป็นพันธุ์การค้า ได้แก่ แขกดำ แขกนวล และฮอลแลนด์ (Babpraserth, 2008) มะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรได้ถูกพัฒนาพันธุ์โดยภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม เป็นพันธุ์ที่มีเนื้อแดงไม่ผ่านการตัดแต่งพันธุกรรม ผลทรงกระบอกยาว น้ำหนักผลประมาณ 1.5 กิโลกรัม ผลดิบมีเปลือกสีเขียวเข้ม เนื้อสีขาว เนื้อกรอบหวาน ผลสุกมีเปลือกสีส้ม เนื้อสีแดง เนื้อหนา มีความหวาน 13.3 องศาบริกซ์ เหมาะสำหรับบริโภคผลดิบและผลสุก การบริโภคผลสุก 100 กรัมต่อวัน มีปริมาณวิตามินเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย (Kasetsart University Research and Development Institute, 2019) การขยายพันธุ์ทำได้หลายวิธี เช่น การเพาะเมล็ด การปักชำ การต่อกิ่ง แต่เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมขยายพันธุ์ด้วยการเพาะเมล็ด เนื่องจากทำได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว ผลิตต้นได้ในปริมาณมาก (Sansuk, 2014)

เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพเป็นปัจจัยสำคัญ แต่มักพบปัญหาเมล็ดมีความงอกต่ำและงอกไม่สม่ำเสมอ อาจมีสาเหตุเกิดจากความแข็งแรงของเมล็ด ลักษณะทางพันธุกรรม การแก่ของเมล็ด เยื่อหุ้มเมล็ด และปัจจัยด้านสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิ แสง ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ออกซิเจน ความชื้น (Duangpatra, 1986) เมล็ดมะละกอมีการพักตัวเนื่องจากสารเคมีที่พบได้บริเวณเนื้อของผล เยื่อหุ้มเมล็ด และน้ำยางของมะละกอ ในเมล็ดมะละกอพบสาร benzyl isothiocyanate (BITC) ปริมาณ 2,910 มิลลิกรัมต่อลิตร ของน้ำหนักแห้ง เมื่อเมล็ดแก่สูงขึ้นเป็น 6,800 มิลลิกรัมต่อลิตร (Tang, 1971) การทำลายการพักตัวของเมล็ดมีหลายวิธี เช่น การแช่ในน้ำ การแช่ในกรด การแช่ในสารละลายโพแทสเซียมไนเตรต (KNO_3) การแช่ในสารควบคุมการเจริญเติบโต เช่น กรดจิบเบอเรลลิก (gibberellic acid; GA_3) กรดซาลิไซลิก (salicylic acid; SA) (Riley, 1981) Zanotti *et al*. (2014) รายงานการแช่เมล็ดมะละกอพันธุ์ Formosa ในสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร นาน 48 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอก 57 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างจากเมล็ดที่แช่ในน้ำ มีความงอกเพียง 32 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ Desai *et al*. (2017) รายงานการแช่เมล็ดมะละกอพันธุ์ Madhubindu ในสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เมล็ดมีความงอก 77 และ 87 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพาะเมล็ดเป็นเวลา 10 และ 20 วันหลังเพาะเมล็ด ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ISTA (2018) แนะนำวิธีทำลายการพักตัวของเมล็ดมะละกอ โดยแช่ในน้ำหรือแช่ในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 16 ชั่วโมง

กรดซาลิไซลิก (SA) เป็นสารประกอบฟีนอลิกชนิดหนึ่งที่พืชสร้างขึ้นเองในธรรมชาติ ทำหน้าที่ควบคุมกระบวนการเมแทบอลิซึมกระตุ้นการสังเคราะห์โปรตีน และเป็นสัญญาณควบคุมการสร้างโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับ

สารหรือเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งเข้ามาช่วยจับกับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ระหว่างกระบวนการงอกของเมล็ด (Hayat *et al*., 2010) ส่วนรายงานการใช้สารละลายกรดซาลิไซลิกในการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์มะละกอ พบว่ายังไม่ประสบผลสำเร็จ ตามงานของ Pornpatchararreungkul (2014) ศึกษาการกระตุ้นความงอกของเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำที่มีความงอกเริ่มต้น 44 เปอร์เซ็นต์ และมีเมล็ดสดที่ยังไม่งอกหรือเมล็ดพักตัวสูง 56 เปอร์เซ็นต์ ด้วยการแช่ในสารละลาย SA ที่ความเข้มข้น 0.005-0.050 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 8 ชั่วโมง พบว่าการแช่เมล็ดในสารละลาย SA ที่ความเข้มข้น 0.015 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดมีความงอกลดลงจาก 44 เปอร์เซ็นต์ เหลือเพียง 29 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่แช่ในน้ำ reverse osmosis มีความงอก 25.5 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับ Sukkaew (2016) ศึกษาการกระตุ้นความงอกของเมล็ดมะละกอพันธุ์ฮอลแลนด์ด้วย KNO_3, $CaCl_2$, GA_3, กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid; AsA), อโทนิค (Atonik) และ SA เป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าการแช่เมล็ดในสารละลาย SA ที่ความเข้มข้น 0.05 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอก 58.50 เปอร์เซ็นต์ และมีเวลาเฉลี่ยในการงอก 14.02 วัน ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (ชุดควบคุม) ตามที่ Khlaykhum *et al*. (2018) รายงานการแช่เมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรในน้ำที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1, 24 และ 48 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกต่ำกว่าเมล็ดที่ไม่แช่ในน้ำและการแช่เมล็ดในน้ำอุ่น เป็นเวลา 1 และ 24 ชั่วโมง ไม่มีผลทำให้เมล็ดงอกได้เพิ่มขึ้น

จากการศึกษาที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า KNO_3, GA_3 และ SA สามารถกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์มะละกอได้ แต่ยังไม่มีการศึกษาวิธีการกระตุ้นความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตร ซึ่งมีปัญหาเมล็ดมีความงอกต่ำ งอกช้า และไม่สม่ำเสมอ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารละลายกรดจิบเบอเรลลิกและ SA ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตร

อุปกรณ์และวิธีการ

เมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตร จากภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม มีน้ำหนัก 17.64 กรัมต่อ 1,000 เมล็ด มาศึกษาการกระตุ้นความงอกด้วยการแช่เมล็ด 400 เมล็ด ในน้ำ reverse osmosis (RO) สารละลาย GA_3 หรือสารละลาย SA ที่ความเข้มข้นระดับต่าง ๆ ปริมาตร 200 มิลลิลิตร เป็นเวลา 16 ชั่วโมง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design; CRD) มี 7 กรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ได้แก่ เมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (ชุดควบคุม) เมล็ดที่แช่ในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร สารละลาย SA ความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร (น้ำ RO), 50, 100, 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 200 มิลลิลิตร

บันทึกข้อมูล

1. เปอร์เซ็นต์ความงอก นำเมล็ดมาทดสอบความงอกในห้องปฏิบัติการด้วยวิธีการเพาะทราย (sand germination test) จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ที่อุณหภูมิสลับระหว่าง 20 และ 30 องศาเซลเซียส โดยวางไว้ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ในสภาพมืด และที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ในสภาพมีแสง ประเมินความงอกตามเกณฑ์ของ ISTA โดยนับจำนวนต้นอ่อนปกติที่มีลักษณะรากสมบูรณ์ ลำต้นตั้งตรง และใบเลี้ยงสีเขียว 2 ใบ นับจำนวนต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย โดยนับจำนวนต้นอ่อนปกติครั้งแรกที่ 12 วันหลังเพาะเมล็ด และนับครั้งสุดท้ายที่ 28 วันหลังเพาะเมล็ด (ISTA, 2018) นำมาคำนวณ จากสูตร

เปอร์เซ็นต์ความงอก = (จำนวนต้นอ่อนปกติ/จำนวนเมล็ดทั้งหมด) × 100

2. เวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time; MGT) เพาะเมล็ดเช่นเดียวกับวิธีการทดสอบความงอก นับจำนวนต้นอ่อนปกติทุกวัน เป็นเวลา 28 วันหลังเพาะเมล็ด จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณหาเวลาเฉลี่ยในการงอก มีหน่วยเป็น วัน จากสูตร

MGT = $\sum$(n T)/$\sum$n โดย n คือ จำนวนต้นอ่อนปกติในแต่ละวัน, T คือ จำนวนวันที่เมล็ดงอกเป็นต้นอ่อนปกติ (Ellis and Roberts, 1980)

3. ความงอกในสภาพโรงเรือน เพาะเมล็ดในถาดหลุมพลาสติกขนาด 104 หลุม โดยใช้พีทมอสเป็นวัสดุเพาะ จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 25 เมล็ด ในโรงเรือนตาข่ายหลังคาพลาสติก อุณหภูมิเฉลี่ยภายในโรงเรือนประมาณ 35±2 องศาเซลเซียส นับจำนวนต้นอ่อนปกติที่ 12 และ 28 วันหลังเพาะเมล็ด จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณเปอร์เซ็นต์ความงอก จากสูตร

ความงอก (เปอร์เซ็นต์) = (จำนวนต้นอ่อนปกติ/จำนวนเมล็ดทั้งหมด) × 100

วิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูลทางสถิติ (analysis of variance) ด้วยวิธี F-test และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม R

ผลการทดลองและวิจารณ์

ความงอกของเมล็ด

การกระตุ้นความงอกของเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรด้วยการแช่ในน้ำ RO สารละลาย GA_3 และสารละลาย SA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เป็นเวลา 16 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (ชุดควบคุม) พบว่าเมล็ดที่แช่ในสารละลาย SA ที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความงอกสูงที่สุด คือ 74.50 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแตกต่างทางสถิติกับการแช่เมล็ดในสารละลาย SA ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความงอกต่ำที่สุด คือ 60.50 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดชุดควบคุม (Table 1) อาจเป็นเพราะเมล็ดยังคงมีการพักตัว ซึ่งการแช่เมล็ดในสารละลาย SA ไม่มีผลในการกระตุ้นความงอก อย่างไรก็ตาม มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกเพิ่มขึ้น 11.00 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดชุดควบคุม อาจเป็นเพราะ SA เป็นสารที่มีหน้าที่ควบคุมกระบวนการเมแทบอลิซึมและเป็นสัญญาณควบคุมการสร้างโปรตีนที่เกี่ยวข้องกับเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการต้านอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ระหว่างกระบวนการงอกของเมล็ด (Hayat *et al*., 2010) อย่างไรก็ตาม การแช่เมล็ดมะละกอในน้ำ RO สารละลาย GA_3 และ SA ทุกกรรมวิธี ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดชุดควบคุม แต่การแช่เมล็ดในสารละลาย SA ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีแนวโน้มทำให้เมล็ดมีความงอกสูงกว่าความงอกมาตรฐานของ พ.ร.บ. พันธุ์พืช พ.ศ. 2518 ฉบับปรับปรุงปี พ.ศ. 2556 ที่ได้กำหนดคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะละกอต้องมีความงอกไม่น้อยกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ (The Secretariat of the Cabinet, 2013) ส่วนสารละลาย SA ความเข้มข้นสูง 500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลยับยั้งการงอกของเมล็ดได้ นอกจากนี้เมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอก

Table 1. Seed germination and mean germination time of 'Khaek Dam Kaset' papaya by the different soaking treatments under laboratory (LAB) and greenhouse (GH) conditions

Treatment	LAB germination (%)	Mean germination time (days)	GH germination (%)
Untreated seed (control)	63.50 ab	15.81 b	65.00 abc
RO water	66.50 ab	14.64 c	53.00 bc
500 mg/L GA_3 solution	68.00 ab	14.86 c	76.00 a
50 mg/L SA solution	74.50 a	15.90 b	72.00 ab
100 mg/L SA solution	69.50 ab	15.69 b	59.00 abc
250 mg/L SA solution	70.00 ab	16.00 b	67.00 abc
500 mg/L SA solution	60.50 b	17.06 a	47.00 c
CV (%)	11.08	3.42	24.01

[1]Means within the same column follow by different letters showed significantly different between treatments by DMRT at $P \leq 0.05$

ด้วยการแช่ในน้ำ GA_3 และ SA ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ยังมีจำนวนเมล็ดสดไม่งอกและเมล็ดตายไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดในชุดควบคุม ยกเว้นในสารละลาย SA ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร พบมีเมล็ดสดที่ยังไม่งอก 29.00 เปอร์เซ็นต์ แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดในชุดควบคุม (Figure 1, 2)

การกระตุ้นความงอกเมล็ดที่แช่ในสารละลาย SA ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร พบเมล็ดสดไม่งอกสูงที่สุด คือ 29.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับการแช่เมล็ดในสารละลาย SA ที่ความเข้มข้น 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีเมล็ดสดไม่งอก 23.50 และ 23.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้กระตุ้นความงอก (ชุดควบคุม) มีเมล็ดสดไม่งอก 21.50 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1) เมล็ดดูดน้ำเข้าไปภายในเมล็ดเพื่อให้ความชื้นของเมล็ดเพิ่มขึ้น และอยู่ในปริมาณที่เพียงพอต่อการเกิดกระบวนการต่าง ๆ สำหรับการงอก (Duangpatra, 1986) ซึ่งการเคลื่อนที่ของน้ำเข้าสู่เมล็ด คือ ชลศักย์ (water potential; Ψ) น้ำเคลื่อนที่ตามระดับของพลังงานจากที่ที่มีค่าชลศักย์สูงไปสู่บริเวณที่มีค่าชลศักย์ต่ำ ซึ่งในน้ำบริสุทธิ์มีค่าชลศักย์สูงที่สุดมีค่าเป็น 0 MPa ส่วนค่าชลศักย์ของสารละลายหรือน้ำที่มีอนุภาค หรือสารประกอบละลายอยู่มีค่าเป็นลบ (Chanprasert, 2010) ซึ่งกระบวนการนี้เมล็ดต้องได้รับน้ำในระยะเวลาหนึ่งที่เพียงพอและแตกต่างกันไปตามชนิดพืช (Bewley and Black, 1978) จากการทดลองนี้การแช่เมล็ดในสารละลาย SA ความเข้มข้น 100, 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าชลศักย์ของสารละลายต่ำ ทำให้เมล็ดดูดซับน้ำได้ช้า จึงชะลอการดูดน้ำของเมล็ดในระยะที่ 2 หรือ lag phase ทำให้ความชื้นภายในเมล็ดไม่เพียงพอต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมที่เกี่ยวข้องกับการงอก จึงทำให้เมล็ดงอกได้ช้า สอดคล้องกับ Pornpatcharareungkul (2014) รายงานการแช่เมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำในสารละลาย SA ความเข้มข้น 0.005 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 8 ชั่วโมง มีปริมาณน้ำภายใน

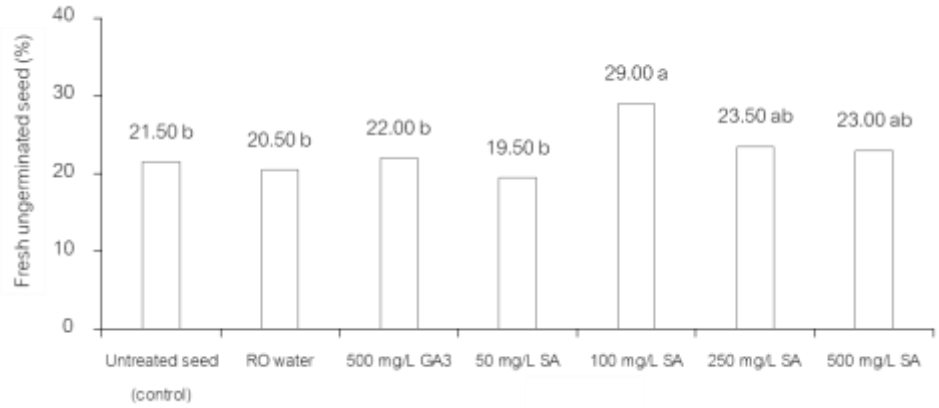

Figure 1. Fresh ungerminated seeds of 'Khaek Dam Kaset' papaya by the different soaking treatments

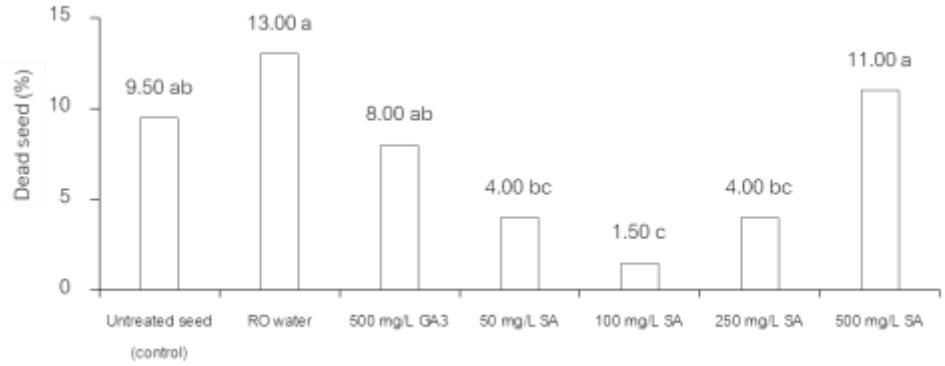

Figure 2. Dead seeds of 'Khaek Dam Kaset' papaya seed by the different soaking treatments

เมล็ดน้อยกว่าการแช่ในสารละลาย SA ความเข้มข้น 0.001 เปอร์เซ็นต์ เพราะสารละลาย SA ที่ความเข้มข้น 0.005 เปอร์เซ็นต์ มีค่าชลศักย์น้อยกว่าสารละลาย SA ความเข้มข้น 0.001 เปอร์เซ็นต์ ทำให้เมล็ดที่แช่ในสารละลาย SA ดูดน้ำได้น้อยกว่าเมล็ดที่แช่ในสารละลาย SA ที่ความเข้มข้น 0.001 เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดลองนี้พบเมล็ดสดไม่งอกถึง 20-30 เปอร์เซ็นต์ อาจมีสาเหตุจากการพักตัวของเมล็ด เนื่องจากเป็นเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวมาใหม่ จึงส่งผลให้เมล็ดยังมีสารยับยั้งการงอก (Tang, 1971) ซึ่งสอดคล้องกับ Alonso-Esquivel *et al*. (2011) รายงานการเก็บรักษาเมล็ดมะละกอพันธุ์ Maradol Roja ในช่วง 6 เดือนแรก มีความงอกต่ำ (55.6 เปอร์เซ็นต์) แต่หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 9 และ 12 เดือน เมล็ดมีความงอกเพิ่มขึ้น

การแช่เมล็ดในน้ำ RO มีผลทำให้มีเมล็ดตายสูงที่สุด คือ 13.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับการแช่เมล็ดในสารละลาย SA ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร เมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (ชุดควบคุม) และเมล็ดที่แช่ในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีเมล็ดตาย 11.00, 9.50 และ 8.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเมล็ดตายมีสาเหตุเกิดจากเชื้อราเข้าทำลาย ส่วนเมล็ดที่แช่ในสารละลาย SA ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร พบเมล็ดตายน้อยที่สุด คือ 1.50 เปอร์เซ็นต์ (Figure 2) เมล็ดที่แช่ในสารละลาย SA ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเมล็ดตายน้อยกว่าเมล็ดในชุดควบคุม แต่มีเมล็ดสดที่ยังไม่งอกสูงกว่าเมล็ดในชุดควบคุม (Figure 1) แสดงว่าความเข้มข้นของสารละลาย SA ที่ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร มีผลยับยั้งหรือชะลอการงอกของเมล็ดหรือเมล็ดยังคงมีการพักตัว

การกระตุ้นความงอกด้วยวิธีการศึกษานี้ไม่มีผลทำให้เมล็ดเกิดเป็นต้นอ่อนผิดปกติ (Figure 3) โดยทุกกรรมวิธีพบต้นอ่อนผิดปกติจากการทดลองมีเพียง 0.00-5.50 เปอร์เซ็นต์ ที่มีลักษณะรากกุด ใบเลี้ยงเน่า เปลือกเมล็ดติดกับใบเลี้ยง และลำต้นโค้งงอ

เวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time)

ใน Table 1 แสดงเวลาเฉลี่ยในการงอกบอกถึงความเร็วในการงอกของเมล็ดหรือความแข็งแรงของเมล็ด โดยเมล็ดที่มีค่าเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อย แสดงว่าเมล็ดนั้นมีความแข็งแรงและงอกได้เร็ว (Sukprakarn, 2008) การงอกของเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรที่ผ่านการแช่ในน้ำ RO สารละลาย GA_3 และสารละลาย SA เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (ชุดควบคุม) พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเมล็ดที่แช่ในน้ำ RO มีผลทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 14.64 วัน และไม่แตกต่างทางสถิติกับการแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเวลาเฉลี่ยในการงอก 14.86 วัน แต่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (ชุดควบคุม) ซึ่งเร็วกว่าประมาณหนึ่งวัน เพราะทำให้เปลือกเมล็ดอ่อนนุ่ม น้ำสามารถซึมผ่านเข้าไปได้ง่าย ทำให้เมล็ดงอกได้เร็วขึ้น นอกจากนี้ GA_3 มีคุณสมบัติช่วยทำลายการพักตัวของเมล็ดและกระตุ้นความงอกของเมล็ดได้ (Desai *et al*., 1997) โดยไปกระตุ้นการทำงานของเอมไซม์

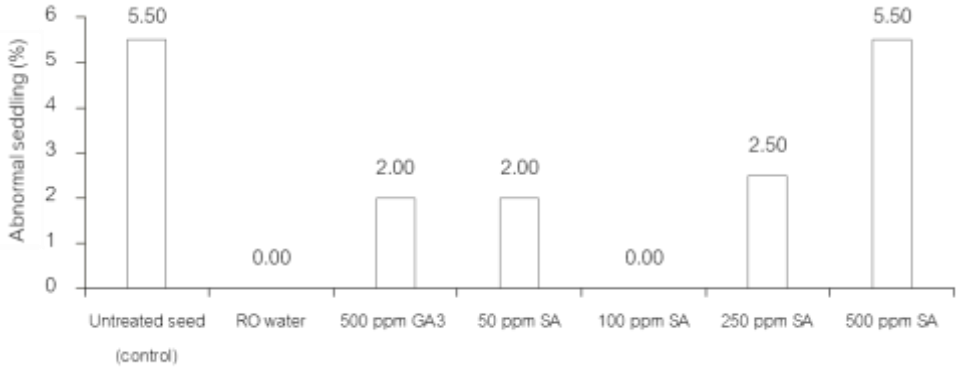

Figure 3. Abnormal seedlings of 'Khaek Dam Kaset' papaya seed by the different soaking treatment

α-amylase และ β-amylase ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่ย่อยแป้งที่สะสมอยู่ในเอนโดสเปิร์มของเมล็ด ทำให้พืชสามารถนำน้ำตาลมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในการหายใจระหว่างการงอกของเมล็ด (Aekaraj, 2003) สอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้สารละลาย GA_3 ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่เหมาะสมในการกระตุ้นความงอกของเมล็ดมะละกอ ซึ่งความเข้มข้นที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น พันธุกรรม ระดับการพักตัวเมล็ด สารยับยั้งการงอกภายในเมล็ด หากเมล็ดมีระดับการพักตัวลึก (deep dormancy) อาจมีสารยับยั้งการงอกมาก (Bewley and Black, 1978) Furutani (1987) รายงานการแช่เมล็ดมะละกอพันธุ์ Kapoho Solo ในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 1.8 มิลลิโมลาร์ ทำให้เมล็ดมีจำนวนวันที่งอกได้ 50 เปอร์เซ็นต์ เร็วกว่าเมล็ดที่แช่ในน้ำและเมล็ดที่ไม่ได้แช่น้ำ นอกจากนี้ Desai *et al.* (2017) รายงานการแช่เมล็ดมะละกอพันธุ์ Madhubindu ในสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 150 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำให้เมล็ดมีความงอก 77 และ 87 เปอร์เซ็นต์ เมื่อ 10 และ 20 วันหลังเพาะเมล็ด ตามลำดับ ซึ่งเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก จากงานทดลองนี้เมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรที่แช่ในสารละลาย SA ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 17.06 วัน อาจเป็นเพราะสารละลาย SA ที่ความเข้มข้นสูง 500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีตัวถูกละลายมากทำให้สารละลายความเข้มข้นสูงขึ้นซึ่งเป็นการลดค่าชลศักย์ (water potential) ทำให้ขัดขวางการดูดน้ำเข้าสู่เมล็ด (Bradford, 1990)

ความงอกในสภาพโรงเรือน (greenhouse germination)

จากการเพาะเมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรในสภาพโรงเรือนด้วยวิธีการแช่เมล็ดตามกรรมวิธีที่ศึกษาเป็นเวลา 16 ชั่วโมง เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (ชุดควบคุม) พบว่าการแช่เมล็ดมีผลต่อความงอกในสภาพโรงเรือน (Table 1) โดยเมล็ดที่แช่ในสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความงอกในสภาพโรงเรือนสูงที่สุด คือ 76.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการแช่เมล็ดในสารละลาย SA ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และการแช่เมล็ดในน้ำ RO มีความงอกในสภาพโรงเรือนต่ำที่สุดและไม่แตกต่างทางสถิติ คือ 47.00 และ 53.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากผลการทดลองข้างต้นแสดงให้เห็นว่าการกระตุ้นความงอกโดยการแช่เมล็ดในสารละลาย GA_3 ช่วยให้เมล็ดงอกได้สูงขึ้นประมาณ 11 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดในชุดควบคุม อาจเป็นเพราะสารละลาย GA_3 เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชที่มีคุณสมบัติกระตุ้นการแบ่งเซลล์และขยายตัวของเซลล์ มีผลทำให้เซลล์มีรูปร่างยืดยาวขึ้น จึงกระตุ้นการเจริญของรากแรกเกิด (radicle) ซึ่งสารละลาย GA_3 นิยมนำมาใช้กระตุ้นการงอกและทำลายการพักตัวของเมล็ดพืช (Bewley and Black, 1978) มีงานวิจัยที่ใช้สารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้นและระยะเวลาที่เหมาะสมแตกต่างกันเพื่อกระตุ้นความงอกของเมล็ดมะละกอ เช่น Zanotti *et al.* (2014) รายงานการแช่เมล็ดมะละกอพันธุ์ Formosa ในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เดซิเมตร เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอก 57 เปอร์เซ็นต์เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่แช่ในน้ำ มีความงอกเพียง 32 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ Carrillo-Castañeda *et al.* (2013) รายงานการใช้วิธีการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ (seed priming) ของเมล็ดมะละกอ 'Maradol' ด้วยสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 10^{-3} M ทำให้เมล็ดมีความงอกในห้องปฏิบัติการและความงอกในสภาพโรงเรือนสูง 69.3 และ 78.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่เตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์มีความงอกเพียง 30.7 และ 53.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการศึกษาวิธีการกระตุ้นความงอกในทุกกรรมวิธีไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกในสภาพโรงเรือนแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (ชุดควบคุม) อาจเป็นเพราะสารละลาย SA ที่ระดับความเข้มข้นสูง 100, 250 และ 500 มิลลิกรัมต่อลิตร รบกวนหรือลดการแบ่งเซลล์ของเมล็ดในระหว่างการงอก (Hayat *et al.*, 2010) ทำให้เมล็ดมีความแข็งแรงต่ำ เมื่อนำมาเพาะในสภาพโรงเรือนที่มีอุณหภูมิสูงประมาณ 35 องศาเซลเซียส จึงทำให้มีความงอกต่ำ นอกจากนี้เมล็ดที่ผ่านการกระตุ้นความงอกมีความงอกในห้องปฏิบัติการสูงกว่าความงอกในสภาพโรงเรือน (Table 1) จึงสามารถแสดงถึงความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ โดยสภาพโรงเรือนที่มีอุณหภูมิสูงประมาณ 35 องศาเซลเซียส จึงมีความงอกต่ำ

เนื่องจากการทดสอบความงอกมาตรฐานในห้องปฏิบัติการเป็นการทดสอบภายใต้สภาพปัจจัยที่เหมาะสมต่อเมล็ดพันธุ์จะงอกได้ ยกเว้นเมล็ดที่แช่ในสารละลาย GA_3 ที่ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความงอกในสภาพโรงเรือนสูงกว่าในห้องปฏิบัติการ แสดงว่าเมล็ดมีความแข็งแรง เนื่องจากสารละลาย GA_3 จะช่วยกระตุ้นการสังเคราะห์เอนไซม์ α-amylase และ β-amylase ในการย่อยแป้งที่สะสมอยู่ในเมล็ดให้เป็นน้ำตาลมาใช้เป็นแหล่งพลังงานในการหายใจและกระบวนการเมแทบอลิซึมที่เกิดขึ้นในระหว่างการงอกของเมล็ด (Aekaraj, 2003)

สรุป

1. การแช่เมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรในสารละลาย GA_3 ความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร และในน้ำ RO เป็นเวลา 16 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดในชุดควบคุม แต่กรรมวิธีนี้มีผลทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วกว่าเมล็ดในชุดควบคุมประมาณหนึ่งวัน

2. การแช่เมล็ดมะละกอพันธุ์แขกดำเกษตรในสารละลาย SA ทุกความเข้มข้นไม่มีผลต่อความงอกเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดในชุดควบคุม ซึ่งระดับความเข้มข้นสูง 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ยังทำให้เมล็ดงอกช้ากว่าชุดควบคุมประมาณหนึ่งวัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.เกรียงศักดิ์ ไทยพงษ์ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่อนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์เพื่องานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Aekaraj, C. 2003. Seed Technology. Tarnkasettakum Publishing, Nonthaburi. 197 p. (in Thai)

Agricultural Regulatory Office. 2018. Quantity and value of controlled seed exports for commercial purposes. (Online). Available: http://www.doa.go.th/ard/wp-content/uploads/2019/03/PS1PL-Ex61.pdf (July 5, 2019). (in Thai)

Alonso-Esquivel, M., Y. Ortiz-Lopez, R. Ramos-Ramirez, H. Oliva-Diaz and M. Capote-del Sol. 2011. Dormancy of papaya seeds cv. Maradol Roja during storage. Agronomia Mesoamericana 22(2): 351-357.

Babpraserth, C. 2008. Papaya. (Online). Available: http://www.rakbankerd.com/agriculture/page.php?id=514&s=tblplant&w=%E0%B8%95%E0%B9%89%E0%B8%99%E0%B8%81%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%A2 (July 4, 2019). (in Thai)

Bewley, J.D. and M. Black. 1978. Physiology and Biochemistry of Seeds in Relation to Germination: Volume 1. Development, Germination and Growth. Springer-Verlag, Berlin. 306 p.

Bradford, K.J. 1990. A water relations analysis of seed germination rates. Plant Physiology 94: 840-849.

Carrillo-Castañeda, G.M., F. Bautista-Calles and A. Villegas-Monter. 2013. Postharvest seed treatments to improve the papaya seed germination and seedlings development. Tropical and Subtropical Agroecosystems 16(1): 133-141.

Chanprasert, W. 2010. Seed Physiology. Extension and Training Office Press, Kasetsart University, Bangkok. 163 p. (in Thai)

Desai, B.B., P.M. Kotecha and D.K. Salunkhe. 1997. Seeds Handbook: Biology, Production, Processing and Storage. Marcel Dekker, Inc., New York. 627 p.

Desai, A., B. Panchal, A. Trivedi and D. Prajapati. 2017. Studies on seed germination and seedling growth of papaya (*Carica papaya* L.) cv. Madhubindu as influenced by media, GA_3 and cow urine under net house condition. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry 6(4): 1448-1451.

Duangpatra, J. 1986. Seed Technology. 2nd ed. Agriculture Book Group, Bangkok. 210 p. (in Thai)

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

Furutani, S.C. 1987. Influence of temperature, KNO_3, GA_3 and seed drying on emergence of papaya seedling. Scientia Horticulturae 32: 67-72.

Hayat, Q., S. Hayat, M. Irfan and A. Ahmad. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. Environmental and Experimental Botany 68(1): 14-25.

ISTA. 2018. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Basserdorf, Switzerland. 298 p.

Kasetsart University Research and Development Institute. 2019. Papaya cv. Khaek Dam Kaset. (Online). Available: https://www3.rdi.ku.ac.th/wp-contents/uploads/2018/08/มะละกอ-แขกดำเกษตร.pdf (July 23, 2019). (in Thai)

Khlaykhum, A., D. Thaworncharcon and K. Thaipong. 2018. Effect of prehydration on germination of papaya seed. Agricultural Science Journal 49: 1(Suppl.): 399-401. (in Thai)

Pornpatcharareungkul, P. 2014. Effect of salicylic acid on germination of 'Khaek Dam' papaya (*Carica papaya* L.) seed. B.S. Special Problem. Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok. 16 p. (in Thai)

Riley, J.M. 1981. Growing rare fruit from seed. CRFG Yearbook 13: 1-47.

Sansuk, M. 2014. Papaya is Making Rich Money. Nana Publishing, Bangkok. 160 p. (in Thai)

Sukkaew, S. 2016. Effect of seed enhancement by chemical solution on quality of 'Holland' papaya (*Carica papaya* L.) seed. B.S. Special Problem. Faculty of Agriculture, Kasetsart Univeristy, Bangkok. 23 p. (in Thai)

Sukprakarn, S. 2008. Seed Testing for Horticultural Crop. 10th ed. Department of Horticulture, Kasetsart University, Bangkok. 153 p. (in Thai)

Tang, C.S. 1971. Benzyl isothiocyanate of papaya fruit. Phytochemistry 10(1): 117-121.

The Secretariat of the Cabinet. 2013. Announcement of Ministry of Agriculture and Cooperatives on "Standard quality and storage of controlled seed (Volume 2) B.E. 2556". Royal Thai Government Gazette. 130, Special Chapter 148 Ngor. p. 32-33. Dated 31 October B.E. 2556. (in Thai)

Zanotti, R.F., D.C.F.S. Dias, R.S. Barros, F.M. DaMatta and G.L. Oliveira. 2014. Germination and biochemical changes in 'Formosa' papaya seeds treated with plant hormones. Acta Scientiarum, Agronomy 36(4): 435-442.