ผลของกรดจิบเบอเรลลิกที่มีต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์มะละกอ

Effect of Gibberellic Acid (GA_3) on Germination and Vigor of Papaya Seed

จุฑามาส ฟักทองพรรณ[1]

Juthamas Fakthongphan[1]

บทคัดย่อ: ความงอกและดัชนีความงอกของเมล็ดพันธุ์มะละกอมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่แข็งแรงและการประสบความสำเร็จในการผลิตมะละกอ การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์มะละกอ โดยวางแผนการทดลองแบบ 4 x 4 Factorial in RCBD 4 ซ้ำ ประกอบด้วย เมล็ดพันธุ์มะละกอ จำนวน 4 ชุด และมีกรรมวิธีกระตุ้นความงอกเมล็ดพันธุ์มะละกอ 4 กรรมวิธี ได้แก่ (1) การแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำ เป็นเวลา 16 ชั่วโมง (2) การล้างเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำไหล เป็นเวลา 5 วัน (3) การแช่เมล็ดในสารละลายกรด GA_3 ความเข้มข้น 0.05 % เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และ (4) การไม่กระตุ้นความงอก (กรรมวิธีควบคุม) พบว่า การแช่เมล็ดมะละกอในสารละลายกรด GA_3 ความเข้มข้น 0.05 % เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมง สามารถกระตุ้นความงอกและเพิ่มดัชนีความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพต่ำได้ (ความงอกต่ำกว่าร้อยละ 25 ได้เพิ่มขึ้นเป็น 52.3 ในเมล็ดพันธุ์ชุดที่ 1) ซึ่งเกษตรกรสามารถนำเอาวิธีการนี้ไปใช้กับเมล็ดพันธุ์มะละกอก่อนปลูก เพื่อเพิ่มความงอกและความแข็งแรงให้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพต่ำ ขณะที่การแช่เมล็ดมะละกอในน้ำเป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมง และ การล้างเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำไหล เป็นเวลา 5 วัน นั้นส่งผลให้ความงอกและดัชนีความงอกของเมล็ดมะละกอลดลง

คำสำคัญ: การกระตุ้นความงอก เมล็ดพันธุ์มะละกอ สารละลายกรดจิบเบอเรลลิก การแช่น้ำเมล็ดพันธุ์

ABSTRACT: Seed germination and vigor, germination index (GI), are important for seedling growth and success on papaya crop production. The objective of this experiment was to study the effect of seed pre-treatment on papaya seed quality. The experimental design was 4 x 4 Factorial in RCBD with 4 replication. Four papaya seed lots were treated with (1) soaking in H_2O, 16 hours, (2) rinsing with water, 5 days, (3) soaking in GA_3 0.05 %, 16 hours and (4) no pretreatment (control). The results showed that papaya seeds soaking in GA_3 0.05 %, 16 hours improved seed germination and germination index (GI) especially low germinated seed lot (%G < 25 % to 52.3 %; seed lot no.1).

[1] กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ 10900

[1] Seed Research and Development Division, Department of Agriculture, Bangkok 10900

While, soaking papaya seed in H_2O, 16 hours or rinsing with water, 5 days lead to low germination and germination index (GI).

Key words: seed enhancement, papaya seed, gibberellic acid (GA_3), seed soaking

1. บทนำ

มะละกอ (*Carica papaya* L.) อยู่ในวงศ์ Caricaceae มีถิ่นกำเนิดในประเทศเขตร้อนของอเมริกาและอเมริกากลางในประเทศเม็กซิโกและคอสตาริกา ในกลางศตวรรษที่ 16 มะละกอแพร่เข้าสู่อินเดียและหมู่เกาะของประเทศอินโดนีเซีย ประเทศไทยผู้ส่งออกมะละกอที่สำคัญของโลก ได้แก่ บราซิล เม็กซิโก อินเดีย อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ ซึ่งรวมผลผลิตคิดเป็นร้อยละ 6.6 ของผลผลิตโลก (ไพบูลย์, 2550)

มะละกอเป็นผลไม้ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย สามารถปลูกมะละกอได้ทั่วทุกภาค พื้นที่ปลูกทั้งหมด 51,921 ไร่ ปลูกมากในจังหวัดเพชรบุรี กำแพงเพชร และชุมพร โดยพันธุ์มะละกอที่นิยม ได้แก่ พันธุ์แขกดำ ฮอลล์แลนด์ และแขกนวล ประโยชน์ของมะละกอมีตั้งแต่ผลดิบ ใช้รับประทานในรูปของผักและปรุงเป็นอาหาร โดยเฉพาะที่นิยมคือ ส้มตำ ส่วนผลสุกนิยมนำมารับประทานเป็นผลไม้ มีรสชาติหวาน หอม มีคุณค่าทางอาหารสูง อุดมด้วยวิตามินเอ วิตามินบี วิตามินซี ฯ นอกจากนี้ในมะละกอสุกยังมีสารเบต้าแคโรทีนที่ช่วยต้านโรคมะเร็ง ทางด้านอุตสาหกรรมมะละกอถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเบียร์ ด้านการแปรรูป การฟอกหนัง เป็นต้น (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2559)

เมล็ดมะละกอนิยมใช้ในการขยายพันธุ์ เนื่องจากทำได้ง่าย สะดวก อย่างไรก็ตามการเพาะเมล็ดมะละกอมักประสบปัญหาเรื่องความงอกของเมล็ดต่ำ และความงอกไม่สม่ำเสมอ ซึ่งเมล็ดมะละกอนั้นอยู่ภายใต้ความควบคุมตามประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดมาตรฐาน คุณภาพและวิธีเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ควบคุม พ.ศ. 2556 ที่กำหนดให้เมล็ดมะละกอเป็นเมล็ดพันธุ์ควบคุม ซึ่งต้องมีความงอกไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2556)

ก่อนปี พ.ศ. 2559 ไม่มีในวิธีการตรวจสอบรับรองคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะละกอในมาตรฐานเมล็ดพันธุ์สากลของ ISTA ที่ผ่านมากลุ่มพัฒนาระบบตรวจสอบและรับรองคุณภาพเมล็ดพันธุ์ กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร ได้พยายามกระตุ้นความงอกโดยการล้างผ่านน้ำไหลเป็นเวลา 5 วัน และเพาะในวัสดุปลูกพีทมอส ที่อุณหภูมิสลับ 20/30 องศาเซลเซียส 8 และ 16 ชั่วโมง ตามลำดับ เพื่อแก้การพักตัว ในขณะที่ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ และศูนย์วิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์ขอนแก่น ซึ่งเป็นหน่วยผลิตเมล็ดพันธุ์มะละกอของกรมวิชาการเกษตรนั้น ไม่พบปัญหาของความงอกต่ำหรือการงอกที่ไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากการพักตัวของเมล็ดพันธุ์มะละกอ ทั้งนี้เพราะความต้องการเมล็ดพันธุ์มะละกอของเกษตรมีปริมาณมาก เมล็ดพันธุ์ที่ได้ใหม่ไม่จำเป็นต้องมีการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ก่อนจำหน่าย Reyes *et al.* (1980) และ Furutani (1987) รายงานการพักตัวในเมล็ดพันธุ์มะละกอ โดยความงอกของเมล็ดเพิ่มขึ้นเมื่อเอาส่วนของเมือกหุ้มเมล็ด (sarcotresta) ออก

ก่อนนำเมล็ดไปปลูก นอกจากนี้มีรายงานการใช้สารจิบเบอเรลลิก (GA_3) (Nagao and Furutani, 1986) ในการแก้การพักตัวของเมล็ดพันธุ์มะละกอ และในปี 2560 ISTA ได้แนะนำการแก้การพักตัวของเมล็ดมะละกอด้วยการแช่เมล็ดในน้ำ หรือ แช่ในสารละลายกรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) 0.05 % นาน 16 ชั่วโมง ก่อนนำไปเพาะที่อุณหภูมิสลับ การวิจัยนี้จึงมุ่งหาวิธีการกระตุ้นความงอกของเมล็ดพันธุ์มะละกอ,เพื่อเพิ่มความงอกและดัชนีความงอก (ความแข็งแรงของเมล็ด) ซึ่งเกษตรกรสามารถนำไปใช้ในการเพาะต้นกล้ามะละกอให้มีความงอกและความสม่ำเสมอในการงอกที่สูงขึ้น และเป็นประโยชน์ต่อการผลิตกล้ามะละกอต่อไป

2. วิธีการศึกษา

ทดลองที่ห้องปฏิบัติการกลุ่มพัฒนาระบบตรวจสอบและรับรองคุณภาพเมล็ดพันธุ์ กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร ทำการวิจัยระหว่างเดือน มกราคม – มีนาคม 2561 โดยวางแผนการทดลองแบบ 4 x 4 Factorial in RCBD จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 100 เมล็ดโดยมี 2 ปัจจัย ประกอบด้วย

ปัจจัย A คือ วิธีกระตุ้นความงอกเมล็ดพันธุ์มะละกอ 4 กรรมวิธี ได้แก่ การกระตุ้นความงอก ฯ ด้วยการแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำ เป็นเวลา 16 ชั่วโมง การล้างเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำไหล เป็นเวลา 5 วัน การแช่เมล็ดเมล็ดในสารละลาย GA_3 0.05 % เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และการไม่กระตุ้นความงอก (ควบคุม)

ปัจจัย B คือ ชุดของเมล็ดพันธุ์ 4 ชุดตัวอย่าง ได้แก่ ชุดเมล็ดพันธุ์จากแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ของศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ จำนวน 2 ตัวอย่าง จากแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ของศูนย์วิจัยเมล็ดพันธุ์พืชขอนแก่น จำนวน 1 ตัวอย่าง และจากตัวอย่างเมล็ดพันธุ์มะละกอทางการค้า จำนวน 1 ตัวอย่าง

หลังจากกระตุ้นความงอกเมล็ดพันธุ์ในเมล็ดทั้ง 4 ชุดแล้ว ซับเมล็ดให้แห้งด้วยกระดาษกรอง แล้วนำไปทดสอบความงอกด้วยกรรมวิธีเพาะในพีทมอส ที่อุณหภูมิห้อง โดยสุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์มะละกอจากทุกกรรมวิธีมาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ดังนี้

1. **ความงอกของเมล็ดพันธุ์** (Germination Test)

เพาะเมล็ดพันธุ์มะละกอในพีทมอส โดยใส่ในกล่องพลาสติกขนาด18.6 x 26 x 9.9 เซนติเมตร เพาะลงในพีทมอสลึกประมาณ 0.5 เซนติเมตร จำนวน 100 เมล็ดต่อซ้ำ วางกล่องเพาะเมล็ดไว้ในห้องปฏิบัติการ (อุณหภูมิห้อง) รดน้ำให้วัสดุเพาะมีความชื้นประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ตรวจนับความงอกที่ 12 และ 28 วันหลังเพาะ ประเมินผลการงอกโดยกำหนดให้ต้นกล้าที่งอกโผล่พ้นวัสดุเพาะมีใบเลี้ยงสีเขียวไม่บิดเบี้ยว หรือหงิกงอ โดยเปอร์เซ็นต์ความงอกคำนวณจากจำนวนต้นกล้าที่งอกปกติ

2. **ดัชนีความงอกของเมล็ด** (Germination Index, GI)

เพาะเมล็ดเช่นด้วยกับกรรมวิธีทดสอบความงอก ตรวจนับต้นกล้าปกติที่งอกทุกวันหลังเพาะเมล็ดเป็นเวลา 28 วัน นำข้อมูลมาคำนวณค่าดัชนีความงอกด้วยสมการ

$$\text{ค่าดัชนีความงอก} = \text{ผลรวมของ} \left[\frac{\text{จำนวนต้นกล้าที่ปกติที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะเมล็ดที่ตรวจ}}\right]$$

โดยข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูล (Analysis of Variance) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (Germination)

ผลการทดลองพบว่า กรรมวิธีกระตุ้นความงอกเมล็ดพันธุ์ทั้ง 4 ชุด มีผลต่อความงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกรรมวิธีกระตุ้นความงอกด้วยสารละลายกรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) 0.05 % เป็นเวลา 16 ชั่วโมง มีความงอกสูงกว่าการกระตุ้นความงอกด้วยวิธีอื่นและกรรมวิธีควบคุม โดยเมล็ดชุดที่ 2 สามารถเพิ่มความงอกของเมล็ด (กรรมวิธีควบคุม) จากร้อยละ 20 เป็นร้อยละ 52.3 เมื่อกระตุ้นความงอกด้วยสารละลายกรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) 0.05 % เป็นเวลา16 ชั่วโมง อย่างไรก็ตาม พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ของสองปัจจัย กล่าวคือการกระตุ้นความงอกแต่ละวิธีตอบสนองต่อความงอกของเมล็ดต่างกันในแต่ละชุดของเมล็ดพันธุ์ (seed lot) (Table 1)

โดยพบว่ามีเมล็ดพันธุ์ชุดที่ 2 เพียงชุดเดียวจากเมล็ดพันธุ์ทั้งหมด 4 ชุดที่ผ่านมาตรฐานของความงอกตามประกาศกระทรวงเกษตร ฯ เรื่องกำหนดมาตรฐาน คุณภาพและกรรมวิธีเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ควบคุม พ.ศ. 2556 โดยเมล็ดพันธุ์มะละกอถือเป็นเมล็ดพันธุ์ควบคุม ซึ่งต้องมีความงอกไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ทั้งนี้เมื่อกระตุ้นความงอกของเมล็ดในเมล็ดชุดที่ 2 ด้วยกรรมวิธีแช่ในน้ำ เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และการแช่ในสารละลายกรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) 0.05 % เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมงนั้นสามารถเพิ่มความงอกของเมล็ดได้มากกว่าการแช่เมล็ดผ่านน้ำไหล เป็นเวลา 5 วัน ทั้งนี้การแช่เมล็ด ฯ เป็นระยะเวลานานอาจส่งผลเสียต่อเมล็ด ทำให้เมล็ดเกิดการสำลักน้ำ (seed soaking injury) เกิดความเสียหายต่อเมล็ดได้ (Bewley and Black, 1985) ส่งผลให้ความงอกที่ลดลงต่ำกว่าเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก สอดคล้องกับรายงานของ Bhattacharya *et al.* (2015) ที่พบว่าเมล็ดถั่วเหลืองมีความงอกต่ำลงเนื่องจากการกระตุ้นด้วยกรรมวิธีที่ทำให้เมล็ดชื้นเป็นเวลานาน

Table 1 Effect of seed enchantment on germination percentage of papaya seeds germinated at 25 °C

Treatments (A)	Seed lots (B)				A-mean
	1	2	3	4	
H_2O 16 hours	24.0 b y	79.5 ab w	16.5 b x	19.3 b x	34.8
H_2O 5 days	19.8 b y	64.5 b w	11.0 b x	24.3 b x	29.9
0.05 % GA_3 16 hours	52.3 a y	76.3 ab w	36.8 a x	52.3 a x	54.4
Control	20.0 b z	85.8 a w	40.8 a y	63.0 a x	52.4
B-mean	29.0	76.5	26.3	39.7	42.9

Means followed by a common letter in a column (a, b, c) and in a row (w, x, y, z) are not significantly different at the 5% level by DMRT C.V. = 31.8 %

ขณะที่ความงอกของเมล็ดชุดที่ 3 และ 4 เมื่อผ่านการกระตุ้นด้วยกรรมวิธีแช่ในน้ำ เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และกรรมวิธีล้างเมล็ดในน้ำไหลผ่าน เป็นเวลา 5 วัน มีความงอกต่ำกว่าเมล็ดที่ไม่กระตุ้นความงอก (Table 1) ทั้งนี้อาจเกิดความเสียหายจากการสำลักน้ำ ดังที่กล่าวข้างต้น ส่งผลให้ความงอกลดลง

Table 2 Effect of seed enchantment on germination index (GI) of papaya seeds germinated at 25 °C

Treatments (A)	Seed lots (B)				A-mean
	1	2	3	4	
H_2O 16 hours	1.46 b y	5.76 a x	0.95 ab y	1.49 b y	2.41
H_2O 5 days	1.45 b y	4.27 b x	0.82 b y	1.80 b y	2.08
0.05 % GA_3 16 hours	2.68 a yz	5.32 ab x	1.98 a z	3.05 a y	3.26
Control	1.05 b z	5.30 ab x	2.04 a z	3.65 a y	3.01
B-mean	1.66	5.16	1.45	2.50	2.70

Means followed by a common letter in a column (a, b, c) and in a row (w, x, y, z) are not significantly different at the 5% level by DMRT C.V. = 28.0 %

ดัชนีความงอกของเมล็ดพันธุ์ (Germination Index)

ค่าดัชนีความงอกของเมล็ดพันธุ์เป็นหนึ่งวิธีที่ใช้วัดความแข็งแรงของเมล็ด โดยใช้วิธีการคำนวณเพื่อหาความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดีจะสามารถงอกได้เร็วและมีค่าดัชนีความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่สูง ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมล็ดพันธุ์มะละกอชุดที่ 2 มีคุณภาพสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ชุดอื่น เนื่องจากมีค่าดัชนีความงอกสูงสุดในทุกกรรมวิธี ซึ่งสอดคล้องกับค่าความงอก โดยเมื่อเมล็ดพันธุ์มะละกอผ่านกรรมวิธีกระตุ้นด้วยการแช่ในน้ำ 16 ชั่วโมง และการแช่ในสารละลายกรดจิบเบอเรลลิก (GA_3) GA 0.05 % เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมงนั้น ส่งผลดีต่อการงอกของเมล็ดมากกว่าการแช่เมล็ดผ่านน้ำไหล เป็นเวลา 5 วัน ทั้งนี้พบปฏิกิริยาสัมพันธ์ของสองปัจจัย กล่าวคือ การกระตุ้นความงอกแต่ละวิธีตอบสนองต่อค่าดัชนีความงอกต่างกันในแต่ละชุดของเมล็ดพันธุ์ ขณะที่เมล็ดพันธุ์ทั้ง 4 ชุด เมื่อผ่านการกระตุ้นด้วยกรรมวิธีการแช่เมล็ดผ่านน้ำไหลเป็นเวลา 5 วัน และกรรมวิธีแช่ในน้ำ 16 ชั่วโมง นั้น ค่าดัชนีความงอกของเมล็ดไม่แตกต่างจากกรรมวิธีควบคุม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทุกกรรมวิธีไม่สามารถเพิ่มความแข็งแรงให้กับเมล็ดพันธุ์ได้ นอกจากนี้ค่าดัชนีความงอกของเมล็ดในเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านกรรมวิธีการล้างเมล็ดด้วยน้ำไหลเป็นเวลา 5 วัน ในเมล็ดชุดที่ 2 3 และ 4 มีค่าดัชนีความงอกของเมล็ดต่ำกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านกรรมวิธีกระตุ้นความงอก (ควบคุม) ซึ่งอาจเป็นผลจากเกิดความเสียหายจากการสำลักของเมล็ดในระหว่างกระบวนการงอก

4. สรุป

1. ชุดของเมล็ดพันธุ์และกรรมวิธีกระตุ้นความงอกเมล็ดพันธุ์มะละกอ มีอิทธิพลร่วมกันต่อความงอกและดัชนีความงอก

2. การแช่เมล็ดมะละกอในสารละลายกรด GA_3 0.05 % เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมง สามารถกระตุ้นความงอกและดัชนีความงอกของเมล็ดได้ในเมล็ดมะละกอที่มีคุณภาพต่ำ (ความงอกต่ำกว่าร้อยละ 20)

3. การแช่เมล็ดมะละกอในน้ำ เป็นระยะเวลา 16 ชั่วโมง และ การล้างเมล็ดพันธุ์ด้วยน้ำไหล เป็นเวลา 5 วัน ส่งผลให้ความงอกและดัชนีความงอกของเมล็ดมะละกอลดลง

5. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ ศูนย์วิจัยพืชสวนศรีสะเกษ ศูนย์วิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์ขอนแก่น กรมวิชาการเกษตรที่ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์มะละกอ และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการ กลุ่มพัฒนาระบบตรวจสอบและรับรองคุณภาพเมล็ดพันธุ์ กองวิจัยพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืช ตลอดจนกลุ่มวิจัยและวิเคราะห์ทางงานวิจัยเกษตร กองแผนและวิชาการ กรมวิชาการเกษตร ที่อำนวยความสะดวกในการดำเนินการ และวิเคราะห์ผลศึกษาฯ

6. เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2559. **สารสนเทศ-ส่งเสริมการเกษตร.** แหล่งที่มา: http://www.agriinfo.doae.go.th/year60/plant/rortor/fruit2/papaya.pdf, 9 พฤษภาคม 2562.

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2556. **ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพและกรรมวิธีเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ควบคุม พ.ศ. 2556.** แหล่งที่มา: http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2556/E/058/26.PDF, 9 พฤษภาคม 2562.

ไพบูลย์ จันทร์วิจิตร. 2550. **การปลูกมะละกอ.** อักษรสยามการพิมพ์. กรุงเทพฯ.

Bewley, J.D. and M. Black. 1985. **Seeds: Physiology of Development and Germination.** Plenum Press, New York.

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

Bhattachrya, S., R. Chowdhury and A.K. Mandal. 2015. Seed invigoration treatments for improved germinability and field performance of soybean [*Glycine max* (L.) Merill]. **Indian J. Agri. Res.** 49 (1): 32-38.

ISTA. 2017. **International Rules for Seed Testing.** International Seed Testing Association,

Nagao, M.A. and S.C. Furutani. 1986. Improving germination of papaya seed by density separation, potassium nitrate and gibberellic acid. **HortSci.** 21: 1439-1440.

Reyes, M.N., A. Perez and J. Cuevas.1980. Detecting endogenous growth regulation on the sarcotesta, endosperm and embryo by paper chromatography on fresh and old seeds of two papaya varieties. **J. Agric. Univ. Puerto Rico.** 64: 164-172.