KHON KAEN AGR. J. 48 (6): 1206-1215 (2020)./doi:10.14456/kaj.2020.107.

ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์แตงกวา

Effects of temperature and storage period on germination and vigor of cucumber seed

พิจิตรา แก้วสอน[1], และ รักศักดิ์ เสริมศักดิ์[2*]

Pichittra Kaewsorn[1] and Raksak Sermsak[2*]

บทคัดย่อ: ศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์แตงกวาเพื่อประเมินอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ โดยนำเมล็ดพันธุ์มาบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิทและเก็บรักษาที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 25 ± 2 และ 30 ± 2°C เป็นเวลา 18 เดือน จัดสิ่งทดลองแบบ 2×7 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ อุณหภูมิในการเก็บรักษา ได้แก่ 25 ± 2 และ 30 ± 2°C ปัจจัย B คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา ได้แก่ 0, 3, 6, 9, 12, 15 และ 18 เดือน ผลการทดลองพบว่าเมล็ดพันธุ์แตงกวาสามารถเก็บรักษาได้นาน 15 เดือน ที่อุณหภูมิ 25 ± 2°C และเก็บรักษาได้เพียง 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 30 ± 2°C โดยมีความงอกในห้องปฏิบัติการและความงอกในสภาพโรงเรือนสูง (สูงกว่า 75 เปอร์เซ็นต์) ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความงอกและอายุการเก็บรักษาด้วยสมการ polynomial พบว่าการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 25 ± 2 และ 30 ± 2°C มีอายุการเก็บรักษานาน 15.51 และ 8.23 เดือน ตามลำดับ นอกจากนี้การประเมินคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความชื้นของเมล็ดและเวลาเฉลี่ยในการงอกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนความงอกในห้องปฏิบัติการและความงอกในสภาพโรงเรือนลดลง ผลของการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ คือ SMC = 8.347+ (0.128*X_1) + (-0.063*X_2) R^2=0.820, Germ = 234.009 + (-4.414*X_1) + (-4.457*X_2) R^2=0.762 MGT=3.017+ (0.218*X_1) + (0.024*X_2) R^2=0.739, GH germ = 216.330 +(-4.473*X_1) + (-3.686*X_2) R^2=0.744

คำสำคัญ: อายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์, ความเร็วในการงอก, ความงอกในสภาพโรงเรือน

ABSTRACT: The effects of temperature and storage period on germination and vigor of cucumber seed were studied in order to evaluate the seed shelf life at Laboratory of Seed Technology, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok. Seeds were packed in sealed aluminum foil bags and stored at 25 ± 2 and 30 ± 2°C for 18 months. The 2×7 factorial arrangement in the completely randomized design (CRD) consisted of two factors. Factor A was

Received October 1, 2019

Accepted April 23, 2020

[1] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900
Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

[2] ภาควิชาเกษตรกลวิธาน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900
Department of Farm Mechanics, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900

* Corresponding author: agrrss@ku.ac.th

แก่นเกษตร 48 ฉบับที่ 6: 1206-1215 (2563)./doi:10.14456/kaj.2020.107.

temperature: 25 ± 2 and 30 ± 2°C. Factor B was storage period: 0, 3, 6, 9, 12, 15 and 18 months. The results showed that cucumber seed could be store up to 15 months at 25 ± 2°C and 6 months at 30 ± 2°C, which had high germination in laboratory and greenhouse (above 75%). The relationship between germination and storage period with polynomial equation results that seed storage at 25 ± 2 and 30 ± 2°C had longevity at 15.51 and 8.23 months, respectively. Moreover, trend analysis of seed quality when increasing storage period affected to increase seed moisture content (SMC) and mean germination time (MGT), while germination (Germ) and greenhouse germination (GH germ) decreased. Storage period and temperature were affected to seed quality and a multiple regression equation. Listed below; SMC = 8.347+ (0.128*X_1) + (-0.063*X_2) R^2=0.820, Germ = 234.009 + (-4.414*X_1) + (-4.457*X_2) R^2=0.762, MGT=3.017+ (0.218*X_1) + (0.024*X_2) R^2=0.739, GH germ = 216.330 + (-4.473*X_1) + (-3.686*X_2) R^2=0.744
Keywords: seed storability, speed of germination, greenhouse germination

บทนำ

เมล็ดพันธุ์แตงกวาจัดเป็นเมล็ดพันธุ์ควบคุมที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยในปี 2561 มีปริมาณการนำเข้าเมล็ดพันธุ์แตงกวา 22,594.25 กิโลกรัม มูลค่า 79,083,214.45 บาท ซึ่งประเทศไทยนำเข้าเมล็ดพันธุ์แตงกวาจากหลายประเทศ เช่น ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย เวียดนาม เมียนมา จีน ญี่ปุ่น เนเธอร์แลนด์ สหรัฐอเมริกา อินเดีย และจอร์แดน เป็นต้น ส่วนการส่งออกเมล็ดพันธุ์แตงกวามีปริมาณ 88,749.23 กิโลกรัม มูลค่า 247,699,170.72 บาท โดยประเทศไทยส่งออกเมล็ดพันธุ์แตงกวาไปหลายประเทศ เช่น เมียนมา กัวเตมาลา จอร์แดน จีน ไต้หวัน ญี่ปุ่น และซาอุดิอาระเบีย เป็นต้น (สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร, 2561) โดยทั่วไปเมล็ดพันธุ์ที่จำหน่ายตามร้านค้าปลีกส่วนใหญ่มักถูกวางไว้หน้าร้าน จึงถูกแสงแดด และได้รับความร้อน ซึ่งเมล็ดพันธุ์แต่ละชนิดจะมีอายุการเก็บรักษาต่างกัน แม้เก็บรักษาในสภาพเดียวกัน ดังนั้น การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ให้อยู่ได้นานจึงขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมของแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ และการดูแลรักษาเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บเกี่ยว เพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดีก่อนการบรรจุ เก็บรักษา และจำหน่ายต่อไป (วันชัย, 2542) ปัจจัยที่สำคัญในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในภาชนะปิดสนิท ได้แก่ ความชื้นของเมล็ดก่อนเก็บรักษา และอุณหภูมิในการเก็บรักษา (Doijode, 2001) Alhamdan et al. (2011) ที่พบว่าการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตงกวาพันธุ์ special ที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 12 เดือน พบว่าทำให้เมล็ดมีความงอก ค่าสัมประสิทธิ์ของความเร็วในการงอก (germination coefficient of velocity) สูงที่สุด และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 15, 25 และ 35°C นอกจากนี้การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตงกวาที่อุณหภูมิ 20°C สามารถเก็บรักษาได้นาน 6 เดือน (ประภาพร, 2551; ลลิตา, 2551; สิริรัตน์, 2553) และ 12 เดือน (พรพรรณ, 2553) โดยเมล็ดยังคงมีความงอกและค่าดัชนีการงอกสูง แสดงว่าเมล็ดมีความแข็งแรง งอกได้เร็ว นอกจากนี้การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตงกวาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน เมล็ดพันธุ์ยังคงมีความงอกสูงถึง 96% (สุดาวรรณ และคณะ, 2531)

ดังนั้น การประเมินอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์แตงกวาโดยจำลองสภาพการเก็บรักษาเช่นเดียวกับร้านค้าปลีกด้วยการบรรจุเมล็ดพันธุ์ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิทและเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ± 2°C ทดแทนการจำลองสภาพห้องที่ติดตั้งเครื่องปรับอากาศ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2°C (สภาพอุณหภูมิห้อง) เป็นระยะเวลา 18 เดือน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินวันหมดอายุของเมล็ดพันธุ์ที่วางจำหน่ายในร้านค้า ซึ่งอาจช่วยลดความเสี่ยงจากการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์จากการเก็บรักษาในสภาพที่ไม่เหมาะสมได้

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมเมล็ดพันธุ์แตงกวาสำหรับการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน

นำเมล็ดพันธุ์แตงกวาลูกผสม (F1 hybrid) จากบริษัทเจียไต๋ จำกัด เก็บเกี่ยวเมื่อเดือนมีนาคม

2560 ที่มีคุณภาพเริ่มต้น ได้แก่ ความชื้นประมาณ 6% ความงอก 100% และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกประมาณ 3 วัน มาบรรจุในถุงซิปอลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิท และเก็บรักษาที่ตู้ควบคุมอุณหภูมิ 25 ± 2 และ 30 ± 2°C ตั้งแต่เดือนเดือนกันยายน 2560 ถึงเดือนมีนาคม 2562 เป็นเวลา 18 เดือน ทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ทุก ๆ 3 เดือน ได้แก่ 0, 3, 6, 9, 12, 15 และ 18 เดือน จัดสิ่งทดลองแบบ 2×7 แฟคทอเรียลในแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ มี 2 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัย A คือ อุณหภูมิในการเก็บรักษา มี 2 ระดับ ได้แก่ 25 ± 2 และ 30 ± 2°C และปัจจัย B คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา มี 7 ระดับ คือ 0, 3, 6, 9, 12, 15 และ 18 เดือน

2. การบันทึกข้อมูล

2.1 ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ (seed moisture content; SMC) นำเมล็ดพันธุ์แตงกวามาทดสอบความชื้นด้วยวิธี high constant temperature oven method ที่อุณหภูมิ 130-133°C นาน 1 ชั่วโมง ± 3 นาที (ISTA, 2018) จำนวน 2 ซ้ำ ซ้ำละ 4.5 ± 0.5 กรัม คำนวณหาความชื้นของเมล็ดพันธุ์เป็น % จากสูตร ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ (%) = [(น้ำหนักเมล็ดก่อนอบ - น้ำหนักเมล็ดหลังอบ) / น้ำหนักเมล็ดก่อนอบ] x 100

2.2 ความงอก (germination) นำเมล็ดพันธุ์แตงกวามาทดสอบความงอกมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ ด้วยวิธีการเพาะเมล็ดระหว่างกระดาษชื้น (between paper; BP) จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด จากนั้นวางไว้ในตู้เพาะเมล็ด (germinator) ที่อุณหภูมิสลับ ระหว่าง 20 และ 30°C โดยที่อุณหภูมิ 20°C ในสภาพมืด เป็นเวลา 16 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 30°C ในสภาพมีแสง เป็นเวลา 8 ชั่วโมง ประเมินความงอกตามหลักการประเมินของ International Seed Testing Association (ISTA) โดยนับครั้งแรก (first count) ที่ 4 วันหลังเพาะเมล็ด นับเฉพาะต้นอ่อนปกติ และนับครั้งสุดท้าย (final count) ที่ 8 วันหลังเพาะเมล็ด โดยนับต้นอ่อนปกติ ต้นอ่อนผิดปกติ เมล็ดสดไม่งอก และเมล็ดตาย (ISTA, 2018) นำข้อมูลมาคำนวณความงอกของเมล็ดพันธุ์เป็น % จากสูตร ความงอก (%) = (จำนวนต้นอ่อนปกติทั้งหมด / จำนวนเมล็ดทั้งหมด) × 100

2.3 เวลาเฉลี่ยในการงอก (mean germination time; MGT) เพาะเมล็ดตามวิธีการทดสอบความงอกมาตรฐาน นับต้นอ่อนปกติในแต่ละวัน เป็นเวลา 8 วัน จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณหาเวลาเฉลี่ยในการงอก จากสูตร MGT = $\sum(n\ T)/\sum n$ โดย n คือ จำนวนต้นอ่อนปกติในแต่ละวัน, T คือ จำนวนวันที่เมล็ดงอกเป็นต้นอ่อนปกติ (Ellis and Roberts, 1980)

2.4 ความงอกในสภาพโรงเรือน (greenhouse germination) เพาะเมล็ดในถาดหลุมพลาสติกขนาด 104 หลุม จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด โดยใช้พีทมอสเป็นวัสดุเพาะในสภาพโรงเรือน นับเฉพาะต้นอ่อนปกติเป็นเวลา 8 วัน (ISTA, 2018) จากนั้นนำข้อมูลมาคำนวณความงอกของเมล็ดพันธุ์เป็น % จากสูตร ความงอก (%) = (จำนวนต้นอ่อนปกติทั้งหมด / จำนวนเมล็ดทั้งหมด) × 100

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล วิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูลทางสถิติ (analysis of variance) เพื่อหาค่า F-test วิเคราะห์ความแปรปรวนรวมและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยลักษณะต่าง ๆ ด้วยวิธี Duncan's New Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยใช้โปรแกรมทางสถิติ R, วิเคราะห์สมการ polynomial โดยตัวแปร y คือ ความงอกในห้องปฏิบัติการ ตัวแปร x คือ ระยะเวลาการเก็บรักษา และวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ (multiple regression) (Keith, 2019) โดยมีตัวแปร ดังนี้ ตัวแปรอิสระ (dependent variable) ได้แก่ X_1 = ระยะเวลาการเก็บรักษา (เดือน) X_2 = อุณหภูมิในการเก็บรักษา (°C) ตัวแปรตาม (independent variable) ได้แก่ SMC = ความชื้นของเมล็ด (%), Germ = ความงอก (%), MGT = เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน) และ GH germ = ความงอกในสภาพโรงเรือน (%)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. ความชื้นของเมล็ดพันธุ์แตงกวา

เมล็ดพันธุ์แตงกวาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ± 2 และ 30 ± 2°C มีผลทำให้เมล็ดมีความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 1**) โดยการเก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิ 25 ± 2°C มีความชื้นมากกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2°C (7.9 และ 7.6% ตามลำดับ) อาจเนื่องจากเมล็ดได้ลดความชื้นลงในระดับปลอดภัยก่อนการเก็บรักษาแล้ว และบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิทที่ป้องกันน้ำและป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้นระหว่างเมล็ดและบรรยากาศได้ ดังนั้น การเก็บรักษาที่อุณหภูมิทั้งสองระดับจึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความชื้นภายในเมล็ดเพียงเล็กน้อย

แก่นเกษตร 48 ฉบับที่ 6: 1206-1215 (2563)./doi:10.14456/kaj.2020.107.

Table 1 Seed moisture content (SMC), germination, mean germination time (MGT) and greenhouse (GH) germination of cucumber seeds after stored at different temperatures and storage periods

Factor	SMC (%)	Germination (%)	Mean germination time (days)	GH Germination (%)
Temperature (A)				
25 ± 2°C	7.9 a	82.86 a	5.59	83.93 a
30 ± 2°C	7.6 b	60.57 b	5.38	65.50 b
F-test	*	*	ns	*
Storage period (B)				
0 month	6.3 d	100.00 a	3.38 a	100.00 a
3 months	7.0 c	95.25 a	4.33 b	99.00 a
6 months	7.9 b	94.50 a	5.05 c	98.25 a
9 months	8.1 b	82.75 b	6.07 d	85.00 b
12 months	8.0 b	63.00 c	6.59 e	75.00 c
15 months	8.2 b	48.25 d	6.72 e	52.75 d
18 months	9.0 a	18.25 e	7.08 f	13.00 e
F-test	*	*	*	*
A×B	ns	*	*	*
CV (%)	2.82	8.29	4.07	8.83

ns = not significant; * significantly different at 0.05 probability levels; means with different lowercase letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$

เมื่อพิจารณาเมล็ดพันธุ์แตงกวาที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0, 3, 6, 9, 12, 15 และ 18 เดือน มีผลทำให้เมล็ดมีความชื้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 1**) โดยเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0 เดือน (ก่อนเก็บรักษา) มีความชื้นน้อยที่สุด คือ 6.3% เนื่องจากเมล็ดถูกลดความชื้นลงให้ปลอดภัยก่อนเก็บรักษาและบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิทป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้นในบรรยากาศแล้ว ส่วนเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 18 เดือน มีความชื้นสูงที่สุด คือ 9.0% ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดมีการเสื่อมคุณภาพจึงทำให้ความชื้นเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามความชื้นของเมล็ดในระดับนี้ยังคงปลอดภัยต่อการเก็บรักษาและไม่มีการเกิดเชื้อราในระหว่างการเก็บรักษา ทั้งนี้เมล็ดพันธุ์แตงกวามีองค์ประกอบทางเคมีเป็นประเภทไขมันสูง 45.21% รองลงมา คือ โปรตีน 33.80% และคาร์โบไฮเดรต 10.33% (Abiodun and Adeleke, 2010) ซึ่งความชื้นของเมล็ดที่มีไขมันเป็นองค์ประกอบควรมีความชื้นอยู่ระหว่าง 4-9% จึงปลอดภัยต่อการเก็บรักษาเมื่อบรรจุในภาชนะที่ปิดสนิท (Doijode, 2001) ดังนั้น ความชื้นของเมล็ดที่เพิ่มขึ้นระหว่างการเก็บรักษาจึงส่งผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ได้ เนื่องจากมีผลต่อกิจกรรมเมแทบอลิซึมของเมล็ดพันธุ์ (Shewry and Stobart, 1993) เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความชื้นของเมล็ด พบว่าไม่มีอิทธิพลร่วมกัน (**Table 1**) แสดงว่าการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตงกวาที่อุณหภูมิ 25 ± 2 และ 30 ± 2°C เป็นระยะเวลา 0, 3, 6, 9, 12, 15 และ 18 เดือน ไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความชื้นแตกต่างกันทางสถิติ

2. ความงอกของเมล็ดพันธุ์แตงกวา

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตงกวาที่อุณหภูมิ 25 ± 2 และ 30 ± 2°C มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 1**) โดยเมล็ดที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 25 ± 2°C มีความงอกสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2°C (82.86% และ 60.57% ตามลำดับ) ซึ่งอุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญและส่งผลกระทบต่อการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ได้ เนื่องจากอุณหภูมิมีผลโดยตรงต่อปฏิกิริยาเคมี และกิจกรรมของเอนไซม์ในกระบวนการทางสรีรวิทยา และชีวเคมีต่าง ๆ ภายในเมล็ด ซึ่งการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์และในสภาพอุณหภูมิสูงจะส่งเสริมให้กิจกรรมทางเมแทบอลิซึม เช่น การหายใจและการทำงานของเอนไซม์สูงขึ้น เมล็ดมีการใช้อาหารสะสมภายในเมล็ดมากขึ้น จึงทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพเร็วกว่าการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ที่อุณหภูมิต่ำ (วันชัย, 2553) นอกจากนี้การลดอุณหภูมิลง 5°C ทำให้อายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้นหนึ่งเท่า เพราะอุณหภูมิต่ำทำให้กิจกรรมต่าง ๆ ภายในเมล็ดลดลง เป็นผลให้อัตราการหายใจของเมล็ดลดลง (Shewry and Stobart, 1993) ดังนั้น การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตงกวาที่อุณหภูมิ 25 ± 2°C จะช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ได้

เมล็ดพันธุ์แตงกวาที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ มีความงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 1**) โดยเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0 เดือน (ก่อนเก็บรักษา) มีความงอกสูงที่สุด คือ 100.00% และไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 และ 6 เดือน มีความงอก 95.25 และ 94.50% ตามลำดับ ซึ่งการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตงกวาเป็นระยะเวลานานขึ้นมีผลทำให้ความงอกลดลง โดยเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 18 เดือน มีความงอกต่ำที่สุด คือ 18.25% เมล็ดพันธุ์แตงกวามีความงอกต่ำเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน โดยมีความงอกเพียง 63.00% ซึ่งต่ำกว่ามาตรฐานความงอกของ พ.ร.บ. พันธุ์พืช พ.ศ. 2518 กำหนดไว้ว่าเมล็ดต้องมีความงอกไม่น้อยกว่า 75% (พระราชบัญญัติพันธุ์พืช, 2518) ซึ่งไม่สามารถนำไปจำหน่ายได้ ดังนั้น เมล็ดพันธุ์แตงกวาสามารถเก็บรักษาได้นาน 15 เดือน ที่อุณหภูมิ 25 ± 2°C และเก็บรักษาได้เพียง 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 30 ± 2°C ซึ่งเมล็ดพันธุ์แตงกวามีไขมันสูงถึง 45.21% (Abiodun and Adeleke, 2010) จึงทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพได้ง่าย เนื่องจากเกิด oxidation เปลี่ยนเป็นกรดไขมันอิสระ (Shewry and Stobart, 1993) และเกิดสารประกอบอิสระที่เป็นอันตรายต่อโปรตีนและเอนไซม์ ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (Copeland and McDonald, 1995) อายุการเก็บรักษาจึงสั้นลง เช่นเดียวกับ Alhamdan et al. (2011) รายงานว่าเมล็ดพันธุ์แตงกวาพันธุ์ special ที่มีความงอกเริ่มต้น 95% เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25°C ได้นาน 9 เดือน โดยเมล็ดยังคงมีความงอกสูงประมาณ 75% ส่วนการเก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิ 35°C ทำให้เมล็ดมีความงอกต่ำกว่า 60% ตั้งแต่ 1-12 เดือน

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความงอก พบว่ามี

แก่นเกษตร 48 ฉบับที่ 6 : 1206-1215 (2563)./doi:10.14456/kaj.2020.107.

อิทธิพลร่วมกัน (**Table 2**) แสดงว่าการเก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิ 25 ± 2 และ 30 ± 2°C เป็นระยะเวลา 0, 3, 6, 9, 12, 15 และ 18 เดือน มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมล็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ± 2°C สามารถเก็บรักษาได้นาน 15 เดือน โดยมีความงอกสูง 84.00% หลังจากนั้นเมล็ดจะมีความงอกลดลงเหลือ 36.50% ที่อายุการเก็บรักษา 18 เดือน ซึ่งลดลงถึง 47.50% อาจเป็นเพราะเมล็ดพันธุ์มีความชื้นสูงถึง 9.0% (**Table 1**) จึงทำให้เมล็ดเกิดกระบวนการเสื่อมคุณภาพได้เร็ว ส่วนเมล็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2°C สามารถเก็บรักษาได้นาน 6 เดือน โดยมีความงอก 91.00% ซึ่งหลังจากนั้นเมล็ดมีความงอกลดลงเหลือ 74.00, 48.50, 12.50 และ 0.00% เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 9, 12, 15 และ 18 เดือน ตามลำดับ

Table 2 Interaction between temperature and storage period on germination, mean germination time (MGT) and greenhouse (GH) germination of cucumber seeds

Factor		Germination	MGT	GH Germination
Temperature (A)	Storage period (B)	(%)	(days)	(%)
25 ± 2°C	0 month	100.00 a	3.38 a	99.00 a
	3 months	92.50 ab	5.53 c	100.00 a
	6 months	98.00 a	5.08 b	99.00 a
	9 months	91.50 ab	6.21 e	94.00 a
	12 months	77.50 cd	6.09 cd	91.00 a
	15 months	84.00 bc	5.73 cd	78.50 b
	18 months	36.50 f	7.08 f	26.00 d
30 ± 2°C	0 month	100.00 a	3.38 a	99.00 a
	3 months	98.00 a	3.13 a	100.00 a
	6 months	91.00 ab	5.03 b	97.50 a
	9 months	74.00 d	5.94 de	76.00 b
	12 months	48.50 e	7.09 f	59.00 c
	15 months	12.50 g	7.71 g	27.00 d
	18 months	0.00 h	nd	0.00 e
F-test		*	*	*
CV (%)		8.29	4.07	8.83

* significantly different at 0.05 probability levels; means with different lowercase letters within a column indicate a significant difference according to Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

nd = not determined.

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความงอกและระยะเวลาการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ± 2 และ 30 ± 2°C ด้วยสมการ polynomial (**Figure 1**) พบว่าการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 25 ± 2°C มีรูปแบบเป็น quartic ส่วนการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 30 ± 2°C มีรูปแบบเป็น quadratic (ชูศักดิ์, 2555) เมื่อพิจารณาตามพระราชบัญญัติพันธุ์พืช พ.ศ. 2518 กำหนดไว้ว่าเมล็ดแตงกวาต้องมีความงอกไม่น้อยกว่า 75% (พระราชบัญญัติพันธุ์พืช, 2518) พบว่าการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตงกวาที่อุณหภูมิ 25 ± 2°C มีอายุการเก็บรักษา 15.51 เดือน และที่อุณหภูมิ 30 ± 2°C มีอายุการเก็บรักษา 8.23 เดือน

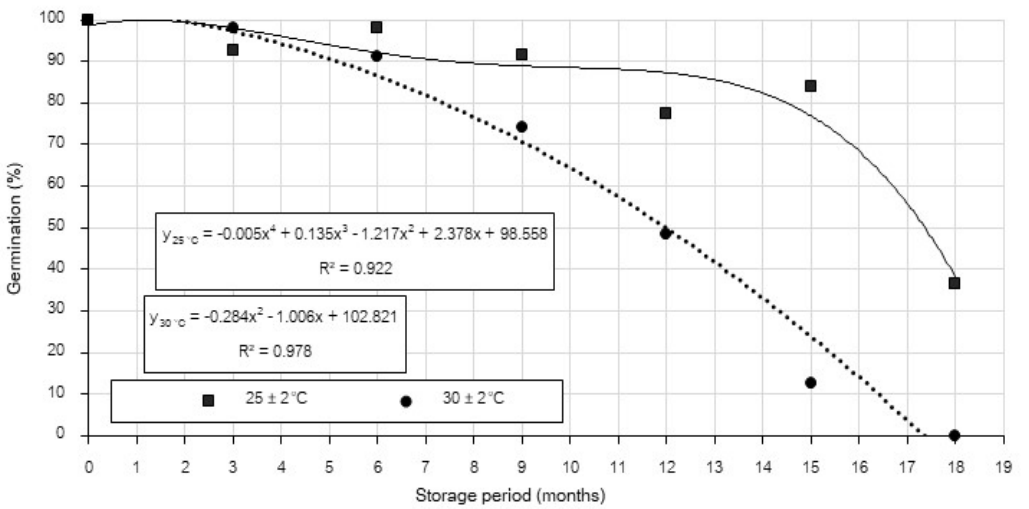

Figure 1 Relationship between germination percentage and storage periods at 25 ± 2 and 30 ± 2°C

3. เวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์แตงกวา

เวลาเฉลี่ยในการงอกเป็นค่าที่แสดงความเร็วในการงอกของเมล็ดหรือความแข็งแรงของเมล็ด โดยเมล็ดที่มีค่าเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยแสดงว่าเมล็ดนั้นมีความแข็งแรงและงอกได้เร็ว (Ellis and Roberts, 1980) เมล็ดพันธุ์แตงกวาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ± 2 และ 30 ± 2°C ไม่มีผลทำให้มีเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 1**) โดยเมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอก 5.59 และ 5.38 วัน ตามลำดับ แสดงว่าเมล็ดพันธุ์แตงกวาที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ± 2 หรือ 30 ± 2°C ไม่มีผลต่อความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์แตงกวา อาจเป็นเพราะเมล็ดพันธุ์แตงกวาที่ใช้ในการทดลองนี้มีคุณภาพเริ่มต้นสูง คือ มีความงอกสูง 100% และมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วประมาณ 3 วัน ซึ่งอาจแสดงให้เห็นว่าเมล็ดมีความแข็งแรงสูง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ± 2 หรือ 30 ± 2°C จึงไม่มีผลทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิต่ำทำให้กิจกรรมต่าง ๆ ภายในเมล็ดลดลง เป็นผลให้อัตราการหายใจของเมล็ดลดลง ช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ได้ (Copeland and McDonald, 1995)

เมล็ดพันธุ์แตงกวาที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ กัน มีผลทำให้มีเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 1**) โดยเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0 เดือน (ก่อนเก็บรักษา) มีเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยที่สุดหรือเมล็ดงอกได้เร็วที่สุด คือ 3.38 วัน เมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น เมล็ดจะมีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าลงหรือความแข็งแรงต่ำ ซึ่งเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 18 เดือน มีเวลาเฉลี่ยใน

การงอกนานที่สุดหรือเมล็ดงอกช้าที่สุด คือ 7.08 วัน ซึ่งสอดคล้องกับความงอกของเมล็ดพันธุ์ (**Table 1**) แสดงว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตงกวานานขึ้น มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกลดลงและเมล็ดงอกได้ช้าลง แสดงว่าเมล็ดมีความแข็งแรงลดลง เมล็ดพันธุ์มีการเสื่อมคุณภาพ เช่นเดียวกับ Alhamdan et al. (2011) รายงานการเก็บรักษาเมล็ดแตงกวาพันธุ์ special ที่อุณหภูมิ 15, 25 หรือ 35°C เป็นเวลา 1, 3, 6, 9 และ 12 เดือน ทำให้เมล็ดมีความงอกลดลงและมีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าลงเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น แต่การเก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิ 5°C เป็นเวลา 12 เดือน ทำให้เมล็ดยังคงมีความงอกสูงและมีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็ว

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อเวลาเฉลี่ยในการงอก พบว่ามีอิทธิพลร่วมกัน (**Table 2**) แสดงว่าการเก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิ 25 ± 2 และ 30 ± 2°C เป็นระยะเวลา 0, 3, 6, 9, 12, 15 และ 18 เดือน มีผลทำให้เมล็ดมีเวลาเฉลี่ยในการงอกแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมล็ดก่อนเก็บรักษา (0 เดือน) มีเวลาเฉลี่ยในการงอกเร็วที่สุด คือ 3.38 วัน ส่วนเมล็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2°C เป็นเวลา 15 เดือน มีเวลาเฉลี่ยในการงอกช้าที่สุด คือ 7.71 วัน

4. ความงอกในสภาพโรงเรือนของเมล็ดพันธุ์แตงกวา

เมล็ดพันธุ์แตงกวาที่เก็บรักษาในอุณหภูมิ 25 ± 2 และ 30 ± 2°C มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกในสภาพโรงเรือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 1**) โดยเมล็ดที่เก็บรักษาอุณหภูมิ 25 ± 2°C มีความงอกในสภาพโรงเรือนสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2°C โดยมีความงอกในสภาพโรงเรือน 83.93 และ 65.50% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับความงอกในห้องปฏิบัติการ คือ 82.86 และ 60.57% ตามลำดับ (**Table 1**) แสดงว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตงกวาที่อุณหภูมิ 25 ± 2°C ทำให้เมล็ดมีความงอกและความแข็งแรงสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2°C เนื่องจากอุณหภูมิมีผลโดยตรงต่อปฏิกิริยาเคมี และกิจกรรมของเอนไซม์ในกระบวนการทางสรีรวิทยา และชีวเคมีต่าง ๆ ภายในเมล็ด การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพที่อุณหภูมิต่ำจะลดกิจกรรมทางเมแทบอลิซึม เช่น การหายใจ และการทำงานของเอนไซม์ เมล็ดใช้อาหารสะสมภายในเมล็ดน้อยลง จึงทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพช้ากว่าการเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้ที่อุณหภูมิสูง (Copeland and McDonald, 1995) ดังนั้น การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตงกวาที่อุณหภูมิ 25 ± 2°C จะช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดได้

เมื่อพิจารณาเมล็ดพันธุ์แตงกวาที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลาต่าง ๆ มีผลทำให้มีความงอกในสภาพโรงเรือนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 1**) โดยเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 0 เดือน (ก่อนเก็บรักษา) มีความงอกในสภาพโรงเรือนสูงที่สุด คือ 100.00% ซึ่งไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่เก็บรักษาเป็นเวลา 3 และ 6 เดือน มีความงอกในสภาพโรงเรือน 99.00 และ 98.25% ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับความงอกในห้องปฏิบัติการ คือ 100.00, 95.25 และ 94.50% ตามลำดับ (**Table 1**) ส่วนการเก็บรักษาเป็นเวลา 18 เดือน มีความงอกในสภาพโรงเรือนต่ำที่สุด คือ 13.00% การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตงกวาเป็นระยะเวลานานมีผลทำให้เมล็ดมีความงอกในสภาพโรงเรือนลดลง แสดงว่าเมล็ดมีความแข็งแรงลดลง

เมื่อพิจารณาอิทธิพลร่วมระหว่างอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อความงอกในสภาพโรงเรือนพบว่ามีอิทธิพลร่วมกัน (**Table 2**) แสดงว่าการเก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิ 25 ± 2 และ 30 ± 2°C เป็นระยะเวลา 0, 3, 6, 9 และ 12 เดือน มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกในสภาพโรงเรือนแตกต่างกันทางสถิติ โดยเมล็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 ± 2°C เป็นเวลา 0, 3, 6, 9 และ 12 เดือน และเมล็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2°C เป็นเวลา 0, 3 และ 6 เดือน มีความงอกในสภาพโรงเรือนสูงที่สุด คือ 91.00-100.00% ส่วนเมล็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2°C เป็นเวลา 18 เดือน มีความงอกในสภาพโรงเรือนต่ำที่สุด คือ 0% หรือเมล็ดไม่งอก แสดงว่าเมล็ดพันธุ์แตงกวาสามารถเก็บรักษาได้นาน 15 เดือน ที่อุณหภูมิ 25 ± 2°C และเก็บรักษาได้เพียง 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 30 ± 2°C ซึ่งเมล็ดพันธุ์แตงกวามีองค์ประกอบทางเคมีเป็นประเภทไขมันสูงถึง 42% กรดไขมันประกอบด้วย linolenic 60-68%, oleic 14-20%, palmitic 9-13%, stearic 6-9% และ linolenic น้อยกว่า 1% (Burnett et al., 2017) จึงทำให้เกิดการเสื่อมคุณภาพได้ง่าย เนื่องจากเกิด oxidation เปลี่ยนเป็นกรดไขมันอิสระ (Shewry and Stobart, 1993) และเกิดสารประกอบอิสระที่เป็นอันตรายต่อโปรตีนและเอนไซม์ ทำให้

เกิดการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ (membrane) (Copeland and McDonald, 1995) อายุการเก็บรักษาจึงสั้นลง

ผลของการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณและทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination: R^2) (**Figure 1**) พบว่าตัวแปรอิสระ (independent) คือ ระยะเวลาการเก็บรักษาและอุณหภูมิมีผลต่อค่าตัวแปรตาม (dependent) (P-value ≤ 0.05) สามารถสร้างสมการทำนายได้ดังนี้

$SMC = 8.347 + (0.128*X_1) + (-0.063*X_2)\ R^2 = 0.820$

$Germ = 234.009 + (-4.414*X_1) + (-4.457*X_2)\ R^2 = 0.762$

$MGT = 3.017 + (0.218\times X_1) + (0.024*X_2) R^2 = 0.739$

$GH\ germ = 216.330 + (-4.473*X_1) + (-3.686*X_2) R^2 = 0.744$

จากสมการถดถอยพหุคูณ พบว่าค่าความชื้นของเมล็ด ความงอก เวลาเฉลี่ยในการงอก และความงอกในสภาพโรงเรือน ขึ้นกับระยะเวลาในการเก็บรักษา และอุณหภูมิในการเก็บรักษา 82.0, 76.2, 73.9 และ 74.4% ตามลำดับ

สรุป

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตงกวาในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ปิดสนิท ที่อุณหภูมิ 25 ± 2°C มีผลทำให้เมล็ดมีความชื้น ความงอกในห้องปฏิบัติการและความงอกในสภาพโรงเรือนสูงกว่าการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่อุณหภูมิ 30 ± 2°C ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างความงอกและอายุการเก็บรักษาด้วยสมการ polynomial พบว่า เมล็ดพันธุ์แตงกวาสามารถเก็บรักษาได้นาน 15.51 เดือน ที่อุณหภูมิ 25 ± 2°C และได้เพียง 8.23 เดือน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 ± 2°C นอกจากนี้ การประเมินคุณภาพของเมล็ดพันธุ์แตงกวาเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นมีผลทำให้ความชื้นของเมล็ดและเวลาเฉลี่ยในการงอกเพิ่มขึ้น ส่วนความงอกในห้องปฏิบัติการและความงอกในสภาพโรงเรือนลดลง ผลของการวิเคราะห์การถดถอยพหุคูณ คือ $SMC = 8.347 + (0.128*X_1) + (-0.063*X_2)\ R^2=0.820$, $Germ = 234.009 + (-4.414*X_1) + (-4.457*X_2)\ R^2=0.762$ $MGT=3.017 + (0.218*X_1) + (0.024*X_2)\ R^2=0.739$, $GH\ germ = 216.330 + (-4.473*X_1) + (-3.686*X_2)\ R^2=0.744$

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนงานวิจัยในกลุ่มพืชสวน/พืชไร่ (ไม้ผล พืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับ และข้าวโพด) จากสำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร (องค์การมหาชน) หรือ สวก. ปีงบประมาณ 2560

เอกสารอ้างอิง

ชูศักดิ์ จอมพุก. 2555. สถิติ: การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยด้านพืชด้วย "R". สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประภาพร คงสมบูรณ์. 2551. ผลของการใช้ versatil และ chitina ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตงกวา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พระราชบัญญัติพันธุ์พืช. 2518. ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพ และวิธีเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ควบคุม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2556. ราชกิจจานุเบกษา. เล่ม 130 ตอนพิเศษที่ 148 ง, หน้า 32-33.

พรพรรณ สุรการพินิจ. 2553. ผลของการเคลือบเมล็ดด้วย salic และ polymer ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตงกวา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ลลิตา นาคีรักษ์. 2551. ผลของการใช้ metalaxyl และ salicylic acid ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตงกวา. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2542. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2553. สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์. สำนักส่งเสริมและฝึกอบรมมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สำนักควบคุมพืชและวัสดุการเกษตร. 2561. ปริมาณและมูลค่าการส่งออก-นำเข้าเมล็ดพันธุ์ควบคุม. แหล่งข้อมูล: http://www.doa.go.th/ard/?page_id=1443. ค้นเมื่อ 8 สิงหาคม 2562.

สิริรัตน์ ภาคสวรรค์. 2553. คุณภาพและอายุการ

เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตงกวาที่คลุกด้วยสารเคมีชนิดต่าง ๆ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุดาวรรณ มีเจริญ, สมถวิล ศศิผลิน, ชำนาญ ทองกลัด และมาโนช ทองเจียม. 2531. อิทธิพลของอายุการเก็บรักษาเมล็ดแตงกวาเพื่อเพิ่มผลผลิต. ใน: รายงานผลงานวิจัย ศูนย์วิจัยพืชสวนพิจิตร สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, พิจิตร.

Abiodun, O. A., and R. O. Adeleke. 2010. Comparative studies on nutrition composition of four melon seeds varieties. Pak. J. Nutr. 9: 905-908.

Alhamdan, A. M., A. A. Alsadon, S. O. Khalie, M. A. Wahb-Allah, M. E. Nagar, and A. A. Ibrahim. 2011. Influence of storage conditions on seed quality and longevity of four vegetable crops. Amer. Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 11: 353-359.

Burnett, C. L., M. M. Fiume, W. F. Bergfeld, D. V. Belsito, R. A. Hill, C. D. Klaassen, D. C. Leibler, J. G. Marks, R. C. Shank, T. J. Slaga, P. W. Snyder, and F. A. 2017. Safety assessment of plant-derived fatty acid oils. Int. J. Toxicol. 36: 51S-129S.

Copeland, L. O., and M. B. McDonald. 1995. Principles of Seed Science and Technology. 3th Edition. Springer Science+Business Media, New York.

Doijode, S. D. 2001. Seed Storage of Horticultural Crops. Food Products Press, New York.

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

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

Keith, T. Z. 2019. Multiple Regression and Beyond: An Introduction to Multiple Regression and Structural Equation Modeling. 3rd Edition. Routledge Press, New York.

Shewry, P. R., and K. Stobart. 1993. Seed Storage Compounds: Biosynthesis, Interactions, and Manipulation. Oxford University Press, New York.