

ผลของระยะเวลาเก็บเกี่ยวและสภาพการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมเดี่ยว

Effects of Harvesting Time and Storage Condition on Seed Quality of Field Corn Single Cross Hybrid

ไยไหม ช่วยหนู¹ ณัฐวุฒิ นิสสัย² ประเสริฐ ถาหล้า³ กันทิมา ทองศรี⁴ สราวุธ รุ่งเมฆารัตน์⁵ ชัยสิทธิ์ ทองजू⁶ และ จุฑามาศ ร่มแก้ว^{2*}

Yaimai Chuaynuo¹ Natthawut Nitsai² Prasert Thala³ Kantima Thongsri⁴ Sarawut Rungmekarat⁵ Chaisit Thongjoo⁶ and Jutamas Romkaew^{2*}

¹ ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

¹ Research and Academic Service Center, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

² ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

² Department of Agronomy, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

³ ศูนย์วิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่างแห่งชาติ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อำเภopakช่อง จังหวัดนครราชสีมา 30320

³ National Corn and Sorghum Research Center, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Pak Chong, Nakhon Ratchasima 30320

⁴ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชพิษณุโลก อำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก 65130

⁴ Phitsanulok Seed Research and Development Center, Wang Thong, Phitsanulok 65130

⁵ ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

⁵ Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

⁶ ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน อำเภอกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140

⁶ Department of Soil Science, Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen, Kasetsart University, Kamphaeng Saen Campus, Kamphaeng Saen, Nakhon Pathom 73140

* Corresponding author: agrjur@ku.ac.th

(Received: 20 June 2022; Revised: 14 September 2022; Accepted: 10 October 2022)

Abstract

Effects of harvesting time and storage condition on seed quality of field corn single cross hybrid cv. 5819 were conducted. The experiment was arranged as a split-split plot in completely randomized design with 4 replications. Two storage conditions consisted of 15°C-45% RH and room temperature

as the main plot. Six harvest times of field corn hybrid as a sub plot and seven storage periods were 0, 2, 4, 6, 8, 10 and 12 months as a sub-sub plot. The results showed that seed storage at 15°C-45% RH showed a higher in vigor as determined by accelerated aging (AA) than that stored at ambient condition. The seeds of field corn hybrid cv. Suwan 5819 at all harvesting times could be stored 12 months under 15°C-45% RH. At room temperature, field corn hybrid Suwan 5819 that was harvested at 39 and 44-64 DAS could be stored for 4 and 6 months with seed germination and vigor still higher than 90% and 80%, respectively.

Keywords: Field corn, Seed quality, Storage condition

บทคัดย่อ

การศึกษามลของระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่มีต่อผลผลิตและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์สุวรรณ 5819 วางแผนการทดลองแบบ split-split plot in completely randomized design จำนวน 4 ซ้ำ ปัจจัยหลัก คือ 2 สภาพการเก็บรักษาที่ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้อง ปัจจัยรอง คือ ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 6 ระยะ และปัจจัยย่อย คือ ระยะเวลาเก็บรักษา 7 ระยะที่ 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน พบว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์สุวรรณ 5819 ทุกระยะเวลาเก็บเกี่ยวเมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ สามารถเก็บรักษาได้นาน 12 เดือน ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สุวรรณ 5819 ที่เก็บเกี่ยวที่ 39 และ 44-64 วันหลังออกไหม สามารถเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องได้นาน 4 และ 6 เดือน โดยยังคงมีความงอกและความแข็งแรงสูงกว่า 90 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

คำสำคัญ: ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คุณภาพเมล็ดพันธุ์ สภาพการเก็บรักษา

คำนำ

เมล็ดพันธุ์เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการผลิตพืช การใช้เมล็ดพันธุ์ที่ดีที่มีคุณภาพทางสรีรวิทยา ได้แก่ ความงอกและความแข็งแรงสูง มีผลทำให้มีการตั้งตัวของต้นกล้าดี มีผลผลิตทั้งในด้านปริมาณ และคุณภาพเพิ่มขึ้น (จวงจันทร, 2529) เมล็ดพันธุ์มีน้ำหนักแห้งของเมล็ด ความงอก และความแข็งแรงสูงสุดที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity) แต่ที่ระยะนี้ความชื้นของเมล็ดยังคงสูง (จวงจันทร, 2529; Harrington, 1972; TeKrony and Egli, 1997) หากเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์เร็วเกินไปทำให้ได้เมล็ดไม่สมบูรณ์ ความงอกและความแข็งแรงต่ำ หากเก็บเกี่ยวล่าช้าก็จะทำให้เมล็ดหลุดร่วง ต้นหักล้ม เมล็ดถูกทำลายโดยศัตรูธรรมชาติ เมล็ดเสียหายเนื่องจากสภาพอากาศที่แปรปรวน (วันชัย และจวงจันทร, 2533; Lee, 2000) ระยะเวลาเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์แตกต่างกันขึ้นกับชนิดพืช พันธุ์ และสภาพแวดล้อม TeKrony and Hunter (1995) พบว่า ระยะเวลาสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวโพดลูกผสมเดี่ยว ลูกผสมคู่ ลูกผสมสามทาง พันธุ์ผสมเปิด และ modified single cross แตกต่างกัน และจะมีความแข็งแรงสูงสุดที่ระยะสุกแก่ทาง

สรีรวิทยา เช่นเดียวกับผลการทดลองของ Basra (1995) ที่พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่เก็บเกี่ยวในระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา มีความงอกและความแข็งแรงสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวหรือหลังระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา สอดคล้องกับ Ajayi and Fakorede (2000) พบว่า ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของข้าวโพดพันธุ์ Oba Supa 1 และ Oba Supa 2 ที่ 45 และ 48 วันหลังออกไหม ตามลำดับ มีความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ดีกว่าที่เก็บเกี่ยวก่อนหรือหลังระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา โดยหากเก็บเกี่ยวล่าช้าออกไป 60 วันหลังสุกแก่ทางสรีรวิทยา เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมเดี่ยว SX2 มีความงอกและความแข็งแรงลดลงเร็วกว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมสามทาง TX1 (วีรัชย์, 2540)

นอกจากการเก็บเกี่ยวที่ระยะที่เหมาะสมที่ส่งผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์แล้ว การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ก็เป็นขั้นตอนหนึ่งที่ต้องใส่ใจซึ่งคุณภาพเมล็ดพันธุ์ การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้เป็นเวลานานเพียงใดนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยภายใน ได้แก่ ชนิดและพันธุ์พืช อายุการสุกแก่ เมล็ดพันธุ์พืชที่มีพันธุกรรมและองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน

ความสามารถในการเก็บรักษาก็จะแตกต่างกัน และปัจจัยภายนอกที่เป็นผลมาจากสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ เป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งต่ออายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ จะมีการเสื่อมคุณภาพช้า แต่เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง จะมีการเสื่อมคุณภาพเร็ว (วันชัย, 2542; Harrington, 1972; Copeland and McDonald, 2001) อิทธิพลของสภาพแวดล้อมภายนอกก็มีผลต่อความมีชีวิต และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ โดยเมื่อระยะเวลาเพิ่มขึ้นเมล็ดพันธุ์จะเสื่อมสภาพ ความมีชีวิตและความแข็งแรงจะค่อย ๆ ลดลงจนเมล็ดพันธุ์ตาย ทั้งนี้การควบคุมสภาพการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์นั้นสามารถชะลอการแก่ของเมล็ดได้แม้เก็บรักษาในระยะเวลาที่นานขึ้น และยังสามารถรักษาลักษณะทางพันธุกรรมไว้อยู่ได้ (Bewley *et al.*, 2013; Zhao *et al.*, 2017) การเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์เกิดขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น และมีเปอร์เซ็นต์ความงอกลดลงเมื่อเก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ภายในระยะเวลา 6-9 เดือน (Vertucci and Roos, 1990) อัตราการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ส่วนใหญ่มีผลมาจากสิ่งแวดล้อมในการเก็บรักษา และการเสื่อมคุณภาพจะเพิ่มสูงขึ้นถ้าเก็บในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงหรือมีความชื้นสูงหรือทั้งสองอย่าง ซึ่งแม้ว่าเย็นและความแข็งแรงของเมล็ดมีผลต่อการเสื่อมคุณภาพตามธรรมชาติแต่ยังมีอัตราการเสื่อมสภาพที่ช้ากว่าเมื่อเปรียบเทียบกับผลจากสภาพการเก็บรักษา (Tang *et al.*, 1999) สภาพอากาศที่ร้อนชื้นของประเทศไทยถือเป็นข้อจำกัดที่มีผลต่อความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เนื่องจากหากเก็บเมล็ดพันธุ์ในสภาพแวดล้อมทั้งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง เมล็ดพันธุ์จะเกิดการแลกเปลี่ยนความชื้นกับบรรยากาศภายนอกได้ ทำให้ความชื้นของเมล็ดเพิ่มขึ้น จนกระทั่งเข้าสู่สมดุลการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดเพิ่มขึ้น (จวงจันทร, 2529; Roberts, 1972) ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมให้มีคุณภาพดีจึงต้องคำนึงถึงระยะเวลาเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม ดังนั้น การศึกษาในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของระยะเวลาเก็บเกี่ยวและสภาพการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมเดี่ยวพันธุ์ใหม่ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการประเมินอายุการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ และการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่มีความงอก

และความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุสูงกว่า 90 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

อุปกรณ์และวิธีการ

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมเดี่ยว พันธุ์สุวรรณ 5819 ที่มีอายุเก็บเกี่ยว 39, 44, 49, 54, 59 และ 64 วัน หลังออกไหม นำมาบรรจุในถุงพลาสติกและเก็บรักษาใน 2 สภาพการเก็บรักษา ได้แก่ 1) อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และ 2) อุณหภูมิห้อง (อุณหภูมิ 26.1-32.7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 53-75 เปอร์เซ็นต์) ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือนตุลาคม พ.ศ. 2563 เป็นระยะเวลา 12 เดือนหลังการเก็บรักษา วางแผนการทดลองแบบ split-split plot in CRD จำนวน 4 ซ้ำ main plot คือ สภาพการเก็บรักษา 2 สภาพ ได้แก่ อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้อง sub plot คือ ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 6 ระยะ ที่ 39, 44, 49, 54, 59 และ 64 วัน หลังออกไหม และ sub-sub plot คือ ระยะเวลาเก็บรักษา 7 ระยะ ที่ 0, 2, 4, 6, 8, 10 และ 12 เดือน สุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์มาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทุก ๆ 2 เดือน ตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการ ดังนี้

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ (Seed moisture content)

ตรวจสอบโดยวิธี hot air oven (รุ่น JSOF-250 ประเทศเกาหลีใต้) นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มาชั่งน้ำหนัก 5 กรัมต่อซ้ำ จำนวน 4 ซ้ำ ใส่ใน moisture can อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดแล้วนำมาชั่งน้ำหนักเมล็ดหลังอบ คำนวณความชื้นของเมล็ดพันธุ์ตามวิธีการของ AOSA (1983)

$$\text{ความชื้นของเมล็ด (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักเมล็ดก่อนอบ} - \text{น้ำหนักเมล็ดหลังอบ}}{\text{น้ำหนักเมล็ดก่อนอบ}} \times 100$$

ความงอกมาตรฐาน (Standard germination)

เพาะเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยใช้กระดาษเพาะแบบ between paper ตัวอย่างละ 50 เมล็ด จำนวน 4 ซ้ำ ประเมินความงอกที่ 7 วันหลังเพาะ คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐาน (ISTA, 2020)

ความงอกในทราย (Germination in sand)

เพาะเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในทราย ตัวอย่างละ 50 เมล็ดต่อซ้ำ จำนวน 4 ซ้ำ ประเมินความงอกที่ 7 วัน หลังเพาะ และคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอกในทราย (ISTA, 2020)

ความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุ (Vigor by accelerated aging)

นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตัวอย่างละ 50 เมล็ดต่อซ้ำ จำนวน 4 ซ้ำ ใส่ตะแกรงลวดสเตนเลส นำตะแกรงลวดสเตนเลสวางในขวดโหลที่มีน้ำ 100 มิลลิลิตร ปิดฝาขวดให้สนิท นำไปใส่ตู้อบที่อุณหภูมิ 42 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 96 ชั่วโมง นำเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุมาเพาะเช่นเดียวกับความงอกมาตรฐาน

ความงอกในไร่ (Field emergence)

สุมตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ตัวอย่างละ 50 เมล็ดต่อซ้ำ จำนวน 4 ซ้ำ ปลูกในแปลงทดลอง วางเมล็ดเป็นแถวยาว นับจำนวนต้นกล้าข้าวโพดที่ 7 วันหลังปลูก โดยนับจำนวนต้นกล้าข้าวโพดที่งอกโผล่พ้นผิวดิน เมื่อเห็นใบจริงตั้งแต่ 1 ใบขึ้นไป

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลคุณภาพเมล็ดพันธุ์มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of variance) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม R version 4.1.2

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ (Seed moisture content)

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์สุวรรณ 5819 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 12 เดือน มีความชื้นของเมล็ดพันธุ์เฉลี่ยต่ำกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง สำหรับเมล็ดพันธุ์ที่อายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกันเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีความชื้นของเมล็ดพันธุ์เฉลี่ยระหว่าง 7.8-7.9 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) เมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวจากระยะเวลาที่แตกต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน

พบว่า การเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีความชื้นของเมล็ดพันธุ์อยู่ระหว่าง 7.6-7.9 เปอร์เซ็นต์ แต่ที่อุณหภูมิห้อง มีความชื้นของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้นจาก 7.8 เป็น 8.4 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1) จะเห็นได้ว่า ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องสูงกว่าที่ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นสภาพการเก็บรักษาที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง เมล็ดพันธุ์สามารถแลกเปลี่ยนความชื้นกับบรรยากาศภายนอกจนกว่าจะถึงจุดสมดุล ดังนั้นเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องจึงมีความชื้นของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (จงจันทร์, 2529) อย่างไรก็ตาม การที่ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องสูงกว่าที่ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์เพียงเล็กน้อย เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สุวรรณ 5819 มีความชื้นของเมล็ดก่อนการเก็บรักษาอยู่ระหว่าง 7-8 เปอร์เซ็นต์ ต่ำกว่าความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่จำหน่ายตามร้านค้าซึ่งมีค่าประมาณ 10-11 เปอร์เซ็นต์ ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ที่ต่ำเมื่อเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้องจึงมีการเปลี่ยนแปลงของความชื้นเพียงเล็กน้อย และสามารถเก็บรักษาได้นาน สอดคล้องกับ Bass (1980) ที่พบว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ให้ปลอดภัยนั้น เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ควรมีความชื้นไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ เมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นของเมล็ดต่ำ เมื่อบรรจุในถุงพลาสติกที่ป้องกันน้ำและป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้นระหว่างเมล็ดและบรรยากาศได้ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของความชื้นภายในเมล็ดเพียงเล็กน้อย (Perez Garcia *et al.*, 2009)

ความงอกมาตรฐาน (Standard germination)

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์สุวรรณ 5819 ที่เก็บรักษาที่ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกมาตรฐานเฉลี่ยไม่แตกต่างกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวที่อายุ 39 ถึง 64 วัน หลังออกไหม เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีความงอกมาตรฐานเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 98-99 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) จะเห็นได้ว่า เมล็ดพันธุ์ที่อายุเก็บเกี่ยว 64 วันหลังออกไหม เริ่มมีความงอกลดลง เนื่องจากเป็นระยะที่มีการเก็บเกี่ยวล่าช้า ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความเสียหายเนื่องจากสภาพอากาศ

ที่แปรปรวน (Lee, 2000) สอดคล้องกับวีรชัย (2540) ที่พบว่า หากเก็บเกี่ยวล่าช้าออกไป เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมเดี่ยว SX2 มีความงอกลดลง เมล็ดพันธุ์ที่มีระยะเวลาเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาทั้งที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน ยังคงมีความงอกสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1) จะเห็นได้ว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เก็บเกี่ยวที่ระยะเวลาแตกต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาทั้งที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ คือที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิห้องซึ่งมีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง (ที่อุณหภูมิ 26.1-32.7 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 53-73 เปอร์เซ็นต์) ยังคงมีความงอกสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน การที่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่อายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง ยังคงมีความงอกสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตาม การลดลงของความงอกจะช้าหรือเร็วระหว่างการเก็บรักษาขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ขณะเก็บรักษา ความชื้นเริ่มต้นของเมล็ด ระยะเวลาในการเก็บรักษา และชนิดพืช (Elias and Copeland, 2001)

ความงอกในทราย (Germination in sand)

ความงอกในทรายของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมสุวรรณ 5819 ที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิห้อง มีความงอกในทรายเฉลี่ย 98-99 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) เมล็ดพันธุ์ที่มีระยะเวลาเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาทั้งที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน ยังคงมีความงอกในทรายสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1) จะเห็นได้ว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมสุวรรณ 5819 ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาทั้งที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และที่อุณหภูมิห้อง ยังคงมีความงอกมาตรฐานและความงอกในทรายไม่ต่ำกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ ตามพระราชบัญญัติพันธุ์พืช พ.ศ. 2518 ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2556 (ราชกิจจานุเบกษา, 2556)

ความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุ (Vigor by accelerated aging)

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์สุวรรณ 5819 ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 12 เดือน มีความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุเฉลี่ยสูงกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เมล็ดพันธุ์ที่อายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกันมีผลทำให้ความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุแตกต่างกัน กล่าวคือ เมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวเร็วที่อายุ 39-49 วันหลังออกไหม มีความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุเฉลี่ยต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ แต่การเก็บเกี่ยวตั้งแต่ที่ 54 วันหลังออกไหมเป็นต้นไป มีความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุเฉลี่ยสูงกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) เมล็ดพันธุ์ที่อายุเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 12 เดือน มีความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุลดลงช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง โดยยังคงมีความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุสูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากทุกระยะเก็บเกี่ยว เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง มีความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุลดลงรวดเร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวเร็วที่อายุ 39, 44 และ 49 วันหลังออกไหม เมื่อพิจารณาความสามารถในการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่จำหน่ายในท้องตลาดนั้น ใช้เกณฑ์ความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมที่เก็บเกี่ยวเร็วที่ 39 วันหลังออกไหม ยังคงมีความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ หลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน ในขณะที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยวที่ 44-64 วันหลังออกไหม ยังคงมีความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 เดือน (Figure 1) จะเห็นได้ว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูง มีความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุลดลงเร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ซึ่งอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์สูงสามารถเร่งให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพเร็วกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ (Delouche, 1968) สอดคล้องกับการศึกษาของ Simic *et al.* (2006) ที่พบว่า การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่อุณหภูมิ 12 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60 เปอร์เซ็นต์ มีความแข็งแรงลดลงช้ากว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์

75 เปอร์เซ็นต์โดยมีความแข็งแรงลดลง 13 และ 21 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ นอกจากนี้ การสุกแก่ของเมล็ดเป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพและความสามารถในการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ โดยที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Physiological maturity) เมล็ดพันธุ์มีน้ำหนักแห้งสูงสุด (Copeland and McDonald, 2001) เมล็ดพันธุ์ที่สุกแก่แตกต่างกันมีความสามารถในการเก็บรักษาแตกต่างกัน จากการทดลองจะเห็นได้ว่า เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวเร็วจะมีความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุลดลงเร็ว เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ที่เก็บเกี่ยวเร็วนั้นมีการเคลื่อนย้ายอาหารไปสะสมยังเมล็ดไม่เต็มที่ ซึ่งโดยปกติเมล็ดพันธุ์จะมีน้ำหนักแห้งสูงสุดที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา (Harrington, 1972; Demir and Ellis, 1992) หากเก็บเกี่ยวในระยะดังกล่าวจะได้เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงสูง (จวงจันท์, 2529; Aldrich *et al.*, 1975, Ajayi and Fakorede, 2000)

ความงอกในไร่ (Field emergence)

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์สุวรรณ 5819 เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 12 เดือน มีความงอกในไร่เฉลี่ย

ไม่แตกต่างกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เมล็ดพันธุ์ที่ระยะเวลาเก็บเกี่ยว 39-64 วันหลังออกไหม เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีความงอกในไร่เฉลี่ยตั้งแต่ 97-98 เปอร์เซ็นต์ (Table 1) เมล็ดพันธุ์ที่ระยะเก็บเกี่ยวแตกต่างกัน เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 12 เดือน ยังคงมีความงอกในไร่สูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (Figure 1) จะเห็นได้ว่า เมล็ดพันธุ์ทุกระยะเวลาเก็บเกี่ยว สามารถเก็บรักษาได้นาน 12 เดือน ทั้งที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ และอุณหภูมิห้อง โดยยังมีความงอกในไร่สูงกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ เช่นเดียวกับความงอกมาตรฐานและความงอกในทราย ความงอกในไร่เป็นวิธีการตรวจวัดความแข็งแรงโดยทางตรงของเมล็ดพันธุ์วิธีหนึ่ง หากเมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงสูงจะมีความงอกในไร่สูง สอดคล้องกับความแข็งแรงที่ตรวจวัดโดยวิธีการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ เช่นเดียวกับการศึกษาการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานเป็นเวลา 12 เดือนของกาญจนา (2552) และพรพรรณ และคณะ (2554) ที่พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 และ 20 องศาเซลเซียส มีความงอกในไร่สูงกว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

Table 1 Seed moisture content, germination, germination sand, vigor by accelerated aging and field emergence of six harvesting times of field corn hybrid Suwan 5819 under different storage conditions for 12 months

Treatments	Seed moisture content (%)	Standard germination (%)	Germination in sand (%)	Vigor by AA (%)	Field emergence (%)
Storage conditions (A)					
15°C-45% RH	7.8 B ^{1/}	99	99 A ^{1/}	96 A ^{1/}	98
ambient temperature	7.9 A	99	98 B	68 B	98
F-test (A)	*	ns	*	*	ns
Harvesting times (B)					
39 DAS	7.8 b ^{2/}	99 a ^{2/}	99 a ^{2/}	67 f ^{2/}	98 a ^{2/}
44 DAS	7.9 a	99 a	99 a	70 e	98 a
49 DAS	7.8 b	99 a	99 a	76 d	98 a
54 DAS	7.8 b	99 a	99 a	97 a	98 a
59 DAS	7.8 b	99 a	98 b	96 b	98 a
64 DAS	7.9 a	98 b	98 b	98 c	97 b

Table 1 Seed moisture content, germination, germination sand, vigor by accelerated aging and field emergence of six harvesting times of field corn hybrid Suwan 5819 under different storage conditions for 12 months (Cont.)

Treatments	Seed moisture content (%)	Standard germination (%)	Germination in sand (%)	Vigor by AA (%)	Field emergence (%)
F-test (B)	*	**	**	**	*
F-test (A x B)	ns	*	ns	**	ns
Storage times (C)					
0 month	^{3/} cd 7.8	99	99	a 98	a 98
2 months	b 7.9	99	99	a 98	a 99
4 months	bcd 7.8	99	99	b 97	a 98
6 months	e 7.6	99	99	c 94	a 98
8 months	d 7.8	99	98	d 77	a 98
10 months	bc 7.9	99	98	e 75	a 98
12 months	a 8.1	99	99	f 67	b 97
F-test (C)	**	ns	ns	**	**
F-test (A x C)	**	ns	ns	**	**
F-test (B x C)	**	*	*	**	ns
F-test (A x B x C)	**	ns	ns	**	ns
C.V. (A) %	1.88	9.07	4.28	6.87	4.14
C.V. (B) %	2.68	3.51	4.98	3.76	5.87
C.V. (C) %	2.57	4.82	4.87	4.91	5.55

Remarks: ^{1/} Mean within the same column followed by the same capital letters are not significantly different at P<0.05 by DMRT
^{2/} Mean within the same column followed by the same lower case letters are not significantly different at P<0.05 by DMRT
^{3/} Mean within the same column prefixed by the same lower case letters are not significantly different at P<0.05 by DMRT
ns = not significantly different, * = significantly different at P≤0.05, ** = significantly different at P≤0.01

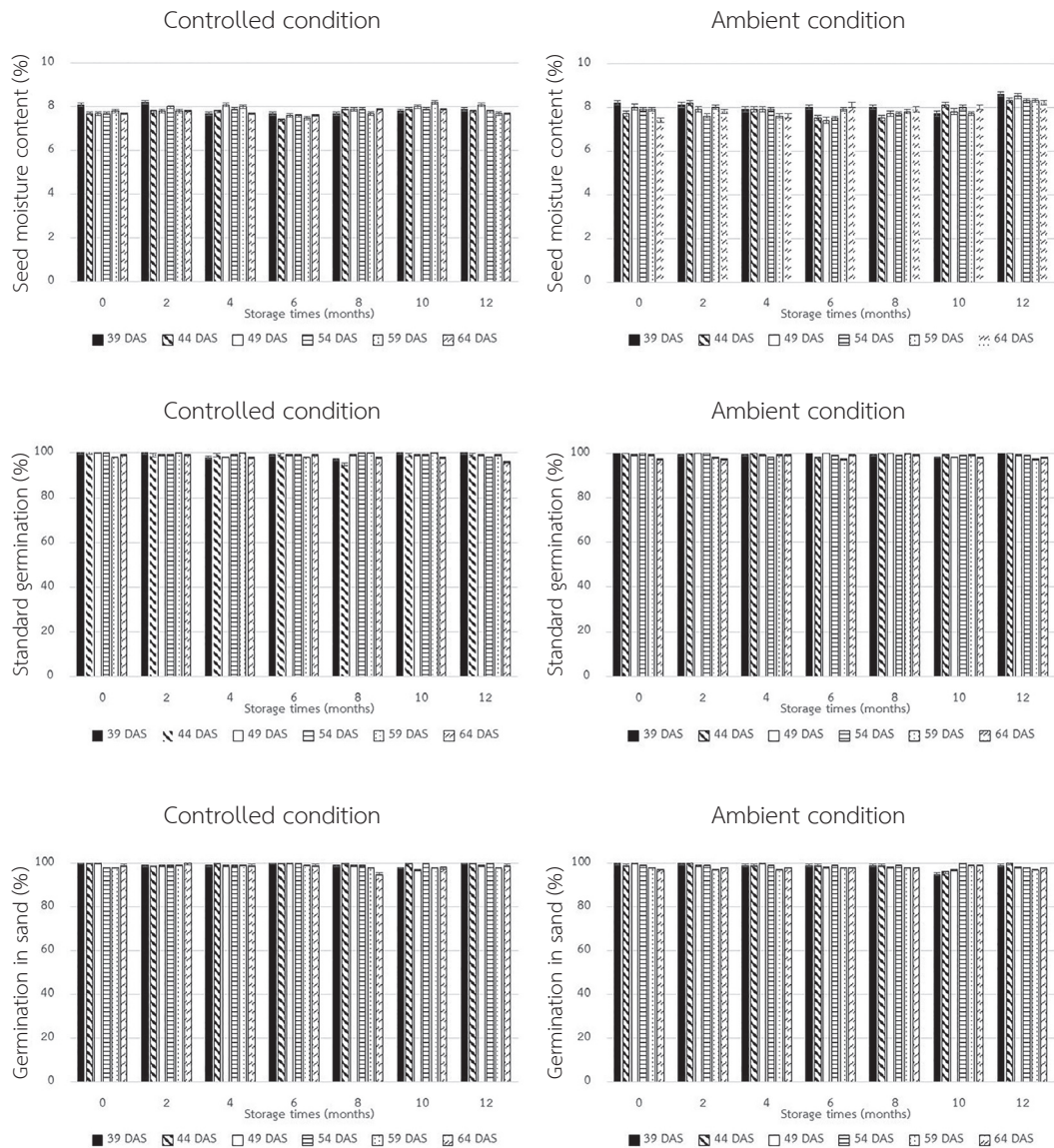


Figure 1 Interaction of harvesting and storage times on seed moisture content, standard germination and germination in sand of field corn hybrid cv. Suwan 5819 under different storage conditions for 12 months

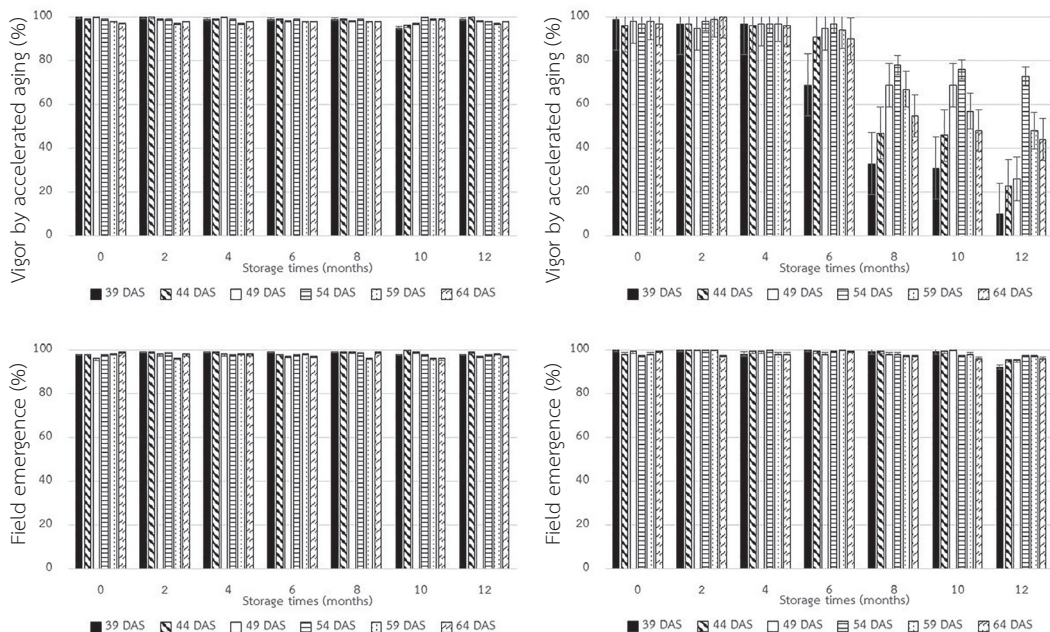


Figure 2 Interaction of harvesting and storage times on vigor by accelerated aging and field emergence of field corn hybrid cv. Suwan 5819 under different storage conditions for 12 months

สรุปผลการวิจัย

1) เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์สุวรรณ 5819 ที่ทุกระยะการเก็บเกี่ยว เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45 เปอร์เซ็นต์ มีความงอกและความแข็งแรงโดยวิธีการเร่งอายุสูงกว่า 90 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

2) หากเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ลูกผสมพันธุ์สุวรรณ 5819 ที่อายุ 39 วันหลังออกไหม สามารถเก็บรักษาได้นาน 4 เดือน แต่การเก็บเกี่ยวที่ 44-64 วันหลังออกไหม สามารถเก็บรักษาได้นาน 6 เดือน ที่อุณหภูมิห้อง โดยยังคงมีความงอกและความแข็งแรงสูงกว่า 90 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย งบประมาณประจำปี 2562 และขอขอบคุณภาควิชาพืชไร่ฯ คณะเกษตรและคณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์สำหรับการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา ตะถา. 2552. คุณภาพเมล็ดพันธุ์ การเก็บรักษา และความสามารถในการให้ผลผลิตของข้าวโพดหวานลูกผสมเดี่ยวที่มีผลมาจากอายุเก็บเกี่ยว. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. กลุ่มหนังสือเกษตร, กรุงเทพฯ.
- พรพรรณ ศรีทอง จุฑามาศ ร่มแก้ว พิรพงษ์ แสงวนวงศ์กุล และชนัญญา ม้าลำพอง. 2554. ความสามารถในการเก็บรักษาและองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่มีผลมาจากสภาพการเก็บรักษา. รายงานการประชุมวิชาการข้าวโพดข้าวฟ่างแห่งชาติ ครั้งที่ 35, 24 พฤษภาคม-27 พฤษภาคม. โรงแรมมารวยการ์เด็น, กรุงเทพฯ. น. 168-179.
- ราชกิจจานุเบกษา. 2556. ฉบับกฤษฎีกา เล่ม 130 ตอนพิเศษที่ 148 ง, หน้า 32-33.
- วันชัย จันทรประเสริฐ. 2542. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- วันชัย จันทร์ประเสริฐ และจวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2533. งานวิจัยคุณภาพเมล็ดพันธุ์กับการผลิตพืชไร่ นามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. รายงานสัมมนาเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 4, จังหวัดขอนแก่น, 2 พฤษภาคม - 5 พฤษภาคม. กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ. น. 104-131.
- วีรชัย ศรียี่สุน. 2540. ผลของการชะลอการเก็บเกี่ยวภายหลังการสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมเดี่ยวและลูกผสมสามทาง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Ajayi, S.A. and M.A.B. Fakorede. 2000. Physiological maturity effects on seed quality, seedling vigor and mature plant characteristics of maize in a tropical environment. *Seed Science and Technology* 28(2): 301-319.
- Aldrich, S.R., W.O. Scott and E.R. Leng. 1975. Modern corn production. A&L Publications, Champaign, Illinois.
- AOSA. 1983. Seed vigor testing handbook. Association of Official Seed Analysts, New York.
- Basra, A.S. 1995. Mechanisms of seed deterioration. pp. 223-227. *In*: Seed quality: Basic Mechanism and Agricultural Implications. CRC Press, Florida.
- Bass, L.N. 1980. Flower seed storage and testing. *Seedmen's Digest*. 31: 38-41.
- Bewley, J.D., K.J. Bradford, H.W.M. Hilhorst and H. Nonogaki. 2013. Seeds: physiology of development, germination and dormancy. 3rd Edition. Springer, New York.
- Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 2001. Principle of seed science and technology. 4th Edition. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts.
- Delouche, J.C. 1968. Precepts for seed storage. *Proceedings of the Short Course for Seedsmen* 11: 85-119.
- Demir, I. and R.H. Ellis. 1992. Changes in seed quality during seed development and maturation in tomato. *Seed Science Research* 2(2): 81-87.
- Elias, S.G. and L.O. Copeland. 2001. Physiological and harvest maturity of canola in relation to seed quality. *Agronomy Journal* 93(5): 1054-1058.
- Harrington. 1972. Seed storage and longevity. pp. 145-245. *In*: T.T. Kozlowski (ed.). *Seed Biology*. Academic Press, New York.
- ISTA. 2020. International rules for seed testing 2020. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Zurich.
- Lee, M.H. 2000. Germination percentages of different types of sweet corn in relation to harvesting dates. *Korean. Journal of Crop Science* 45(1): 55-58.
- Perez-Garcia, F., C. Gomez-Campo and R.H. Ellis. 2009. Successful long-term ultra-dry storage of seed of 15 species of *Brassicaceae* in a genebank: variation in ability to germinate over 40 years and dormancy. *Seed Science and Technology* 37(3): 640-649.
- Roberts, E.H. 1972. Cytological, genetic and metabolic changes associated with loss of viability. pp. 253-306. *In*: E.H. Roberts (ed). *Viability of seeds*. Chapman and Hall limited, London.
- Simic, B., A. Sudaric, I. Liovic, I. Kalinovic, V. Rozman and J. Cosic. 2006. Influence of storage condition on seed quality of maize, soybean and sunflower. *Proceedings of the 9th International Working Conference on Stored-Product Protection*. Brazilian Post-Harvest Association, Sao Paulo. pp. 59-63.
- Tang, S., D.M. TeKrony, D.B. Egli and P.L. Cornelius. 1999. Survival characteristic of corn seed during storage: II. Rate of deterioration. *Journal of Crop Science* 39(5): 1400-1406.

- TeKrony, D.M. and D.B. Egli. 1997. Accumulation of seed vigor during development and maturation. *Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture* 30(1): 369-384.
- TeKrony, D.M. and J.L. Hunter 1995. Effect of seed maturation and genotype on seed vigor in maize. *Journal of Crop Science* 35(3): 857-862.
- Vertucci, C.W. and E.E. Roos. 1990. Theoretical basis of protocols for seed storage. *Plant Physiology*. 94(3): 1019-1023.
- Zhao, Z.N., J.H. Wang, H.Y. Sun, Y.H. Bu and Z.J. Li. 2017. Advances on physiological mechanism and genetic mechanism of seed storability. *Acta Agriculturae Shanghai*. 33(3): 156-160.