วารสารแก่นเกษตร
THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

Journal Home Page : https://li01.tci-thaijo.org/index.php/agkasetkaj

ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาและชนิดภาชนะบรรจุต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดสายพันธุ์แท้ภายใต้โรงเก็บแบบเปิด

Effect of storage periods and packaging types on maize inbred line seed qualities under open warehouse storage

เพ็ญนภา อนุรักษ์[1], แสงทิวา สุริยงค์[1] และ สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์[1]*

Pennapa Anuruk[1], Sangtiwa Suriyong[1] and Sa-nguansak Thanapornpoonpong[1]*

[1] *ภาควิชาพืชศาสตร์และปฐพีศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200*
[1] *Department of Plant and Soil Science, Faculty of Agriculture, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200*

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาและชนิดภาชนะบรรจุต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดสายพันธุ์แท้ KWSTL6001 ภายใต้โรงเก็บแบบเปิด วางแผนการทดลองแบบ split plot in completely randomized design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ main plot คือระยะเวลาเก็บรักษา 5 ระยะ ได้แก่ 0, 3, 6, 9 และ 12 เดือน sub plot คือภาชนะบรรจุ 3 ชนิด ได้แก่ WPP, HDPE และ PLV เก็บรักษาในสภาพโรงเก็บแบบเปิด วัดปริมาณ O_2 ในภาชนะบรรจุและทดสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บรักษา พบว่า ภาชนะบรรจุชนิด HDPE สามารถป้องกันการซึมผ่านของ O_2 ได้ดีกว่า WPP และ PLV และเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุทั้ง 3 ชนิดมีการแลกเปลี่ยนความชื้นกับบรรยากาศภายนอกได้ ผลการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ พบว่า ความงอกของเมล็ดพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา การประเมินการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการเร่งอายุสามารถเห็นผลได้เร็วกว่าวิธีการวัดค่าการนำไฟฟ้าและการงอกของราก การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในภาชนะบรรจุชนิด PLV สามารถรักษาความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ได้เป็นระยะเวลา 6 เดือน ในขณะที่การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในภาชนะบรรจุชนิด WPP สามารถรักษาความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ได้นาน 3 เดือน โดยที่เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงสูงกว่า 90 และ 80% ตามลำดับ
คำสำคัญ: ข้าวโพด; อายุการเก็บรักษา; ภาชนะบรรจุ; คุณภาพเมล็ดพันธุ์

ABSTRACT: The objective of this research was to study the effects of storage periods and packaging types on maize inbred seed qualities under open storage warehouse. The experimental design was split plot in completely randomized design (CRD) with 4 replications. The main plot was storage periods (0, 3, 6, 9, and 12 months), and the sub plot was packaging types as woven polypropylene (WPP), high density polyethylene (HDPE), and polyamide (PA) with linear-low density polyethylene (LLDPE) and vacuum packing (PA + LLDPE + VACUUM: PLV). The maize inbred seed was stored under open warehouse storage. The O_2 content in packaging and seed moisture content after storage were determined. The results showed that HDPE was highly resistant to O_2 permeability than WPP and PLV and the seeds stored in all 3 types of packaging were able to exchange moisture with the surrounding atmosphere. The result of seed qualities showed that the seed germination was not different during storage period. The seed vigor decreased throughout the storage period. The seed deterioration assessment using accelerated aging test can be evaluated faster than conductivity test and radicle emergence. The storage of seeds in PLV was able to maintain seed vigor for a period of 6 months, while the storage of seeds in WPP was able to maintain seed vigor for 3 months. The seeds had higher germination and vigor than 90 and 80%, respectively.
Keywords: maize; storage period; packaging; seed quality

* Corresponding author: sa-nguansak.t@cmu.ac.th
Received: date; April 30, 2021 Accepted: date; August 9, 2021 Published: date; March 7, 2022

บทนำ

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดสายพันธุ์แท้มีความสำคัญในการใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสม แต่มีความอ่อนแอ เนื่องจากการผสมตัวเองในขั้นตอนการคัดเลือกสายพันธุ์แท้ ทำให้ความแข็งแรงของพืช ผลผลิต รวมทั้งคุณภาพทางสรีรวิทยาของเมล็ดลดลง (สุทัศน์, 2553; Eagles and Hardacre, 1979) คุณภาพของเมล็ดพันธุ์มีอิทธิพลต่อผลผลิตของพืชทั้งทางตรง ในเรื่องเปอร์เซ็นต์การงอกและระยะเวลาตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งเมล็ดงอก (Eillis, 1992) และทางอ้อม ได้แก่ จำนวนประชากรของต้นพืช และส่งผลต่อผลผลิตของพืช (TeKrony et al., 1989)

ในระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์มีการเสื่อมสภาพอยู่ตลอดเวลา และการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์เป็นสิ่งที่ไม่สามารถฝันกลับได้ หากเมล็ดมีการเสื่อมสภาพมากขึ้นจะเกิดการเปลี่ยนของเซลล์ต่างๆ ภายในเมล็ดจนกระทั่งไม่สามารถงอกเป็นต้นอ่อนได้ (Robert, 1986) Abdule-Baki and Anderson (1970) รายงานว่า ความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ข้าวบาร์เลย์มีความเกี่ยวข้องกับระยะเวลาในการเก็บรักษา และในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่เก็บรักษาในสภาพธรรมชาติมีความงอกลดลงหลังการเก็บรักษา 12 เดือน (Bhattacharya and Raha, 2002) และผลรวมของระยะเวลา อุณหภูมิ และความชื้นในระหว่างการเก็บรักษาเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เมล็ดสูญเสียความมีชีวิต (Abdalla and Roberts, 1969) การเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์เกิดขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น และมีเปอร์เซ็นต์ความงอกลดลงเมื่อเก็บรักษาที่ความชื้นสัมพัทธ์มากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ภายในระยะเวลา 6 – 9 เดือน (Vertucci and Roos, 1990) เมล็ดพันธุ์พืชมีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนความชื้น (hygroscopic) โดยจะรับหรือถ่ายเทความชื้นภายในเมล็ดกับความชื้นของบรรยากาศรอบ ๆ เมล็ดจนกระทั่งความชื้นของเมล็ดและความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศอยู่ในภาวะสมดุล (Grabe, 1989) เมื่อความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มสูงขึ้นทำให้เมล็ดข้าวฟ่างมีความชื้นและอัตราการเสื่อมสภาพของเมล็ดเพิ่มขึ้น (Assefa and Srinivasan, 2016) และ Zhang et al. (1994) พบว่า ความชื้นสัมพัทธ์และอุณหภูมิในการเก็บรักษาที่เพิ่มขึ้น จะทำให้สารระเหยบางชนิดที่อยู่ในเมล็ด เช่น เอทานอล เพิ่มขึ้นด้วยซึ่งเอทานอลนั้นมีผลต่อเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์

ภาชนะบรรจุพลาสติกนิยมใช้ในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ โดยคุณสมบัติที่สำคัญในการเลือกใช้ภาชนะบรรจุคือคุณสมบัติในการป้องกันความชื้นและก๊าซ (Emblem, 2012) เนื่องจากความชื้นของเมล็ดพันธุ์ในภาชนะบรรจุขึ้นอยู่กับอัตราการซึมผ่านของไอน้ำของภาชนะบรรจุนั้นทำให้เมล็ดพันธุ์มีการความชื้นเปลี่ยนแปลงไปตามความชื้นสัมพัทธ์ภายนอก (Ashley, 1985; Walters, 2007) รวมทั้งออกซิเจนที่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ โดยออกซิเจนในรูปของอนุมูลอิสระทำให้เกิด lipid peroxidation และอนุมูลอื่น ๆ เช่น ในกลุ่มของอนุมูลไฮดรอกซิล (OH) ที่รวมกับโมเลกุลจำนวนมากในเนื้อเยื่อที่มีชีวิต รวมทั้งกรดนิวคลิอิก โปรตีน และไขมัน ทำให้เกิดการกลายพันธุ์หรือการทำลายสาย DNA และการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ (Hendry, 1993) การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในภาชนะบรรจุจึงสามารถรักษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ได้ เนื่องจากภาชนะบรรจุช่วยควบคุมความชื้นภายในเมล็ด และป้องกันการซึมผ่านของอากาศและความชื้นจากภายนอก Meena et al. (2017) พบว่า ถุงพลาสติกสุญญากาศสามารถรักษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วลิสงได้นานกว่าการเก็บในถุงกระสอบและถุงพลาสติกชนิดความหนาแน่นสูง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการเก็บรักษาและชนิดภาชนะบรรจุต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดสายพันธุ์แท้ภายใต้โรงเก็บแบบเปิดที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นตลอดระยะเวลา 12 เดือน

วิธีการศึกษา

1. การเตรียมเมล็ดพันธุ์

วางแผนการทดลองแบบ split-plot in CRD จำนวน 4 ซ้ำ main plot คือระยะเวลาในการเก็บรักษา 5 ระยะ คือ 0, 3, 6, 9 และ 12 เดือน sub plot คือภาชนะบรรจุ 3 ชนิด ได้แก่ ถุงกระสอบพลาสติกสาน (woven polypropylene: WPP) ถุงพลาสติกชนิดความหนาแน่นสูง (high density polyethylene: HDPE) และถุงพลาสติกชนิดโพลีเอไมด์ (polyamide: PA) ร่วมกับพลาสติกชนิดความหนาแน่นต่ำเชิงเส้น (linear-low density polyethylene: LLDPE) บรรจุแบบสุญญากาศ (PA + LLDPE + VACUUM: PLV) บรรจุเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดสายพันธุ์แท้ KWSTL6001 (KWS, Thailand) ที่ได้จากการปลูกเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ชั้นพันธุ์ขยายในฤดูฝน ตั้งแต่เดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายน 2562 ความชื้นประมาณ 10% ในภาชนะบรรจุทั้ง 3 ชนิด ชนิดละ 20 ถุง ถุงละ 500 กรัม และเก็บรักษา

ในสภาพโรงเก็บแบบเปิดที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ โดยบันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาด้วย Mini data logger (Testo SE & Co. KGaA, Germany) และตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทุกระยะการเก็บรักษา ดำเนินการทดลองและตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ห้องปฏิบัติการเมล็ดพันธุ์ สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระยะเวลาดำเนินการวิจัยตั้งแต่เดือนธันวาคม 2562 ถึงเดือนธันวาคม 2563

2. การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์

ตรวจสอบประสิทธิภาพของภาชนะบรรจุโดยการวัดปริมาณ O_2 และ CO_2 ในภาชนะบรรจุด้วยเครื่องวัด O_2 และ CO_2 ในภาชนะบรรจุแบบพกพา Headspace Gas Analyzer รุ่น 900141 (Bridge Analyzers, USA) บันทึกผลเป็นเปอร์เซ็นต์ ทศนิยม 2 ตำแหน่ง และสุ่มเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดในภาชนะบรรจุแต่ละชนิดทั้ง 4 ซ้ำมาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีต่าง ๆ ได้แก่ การตรวจสอบความชื้นของเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการทดสอบแบบมาตรฐาน (hot-air oven method) (ISTA, 2019) ทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีเพาะระหว่างกระดาษ (between paper) (ISTA, 2019) ทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ 4 วิธี ได้แก่ วิธีการเร่งอายุ (accelerated aging: AA) (AOSA, 2002) ค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ (conductivity test) ด้วยเครื่อง PC 510 Bench pH/Conductivity Meter (Eutech Instruments Pte Ltd., Singapore) (AOSA, 2002) ดัชนีความงอกของเมล็ดพันธุ์ (germination index: GI) (AOSA, 2002) และการงอกของรากแรก (radicle emergence: RE) (ISTA, 2019)

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, AOV) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของข้อมูลโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) และหาค่าสหสัมพันธ์ (correlation) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยใช้โปรแกรม Statistic version 8 (Analytical Software, USA)

ผลการศึกษา

อุณหภูมิตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 12 เดือน อยู่ในช่วง 24.99 – 31.46 °C มีอุณหภูมิต่ำสุดในเดือนธันวาคม 2562 และอุณหภูมิสูงสุดในเดือนมีนาคม 2563 ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศอยู่ระหว่าง 53.19 – 63.90 %RH โดยที่ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศต่ำสุดในเดือนมีนาคมและสูงสุดในเดือนสิงหาคม (**Figure 1**) อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศมีความสัมพันธ์กัน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นส่งผลให้ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศลดลง โดยในเดือนมีนาคมมีอุณหภูมิสูงสุด 31.46 °C และมีความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศต่ำสุด 53.19 %RH หากอุณหภูมิลดลงความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศจะเพิ่มสูงขึ้น

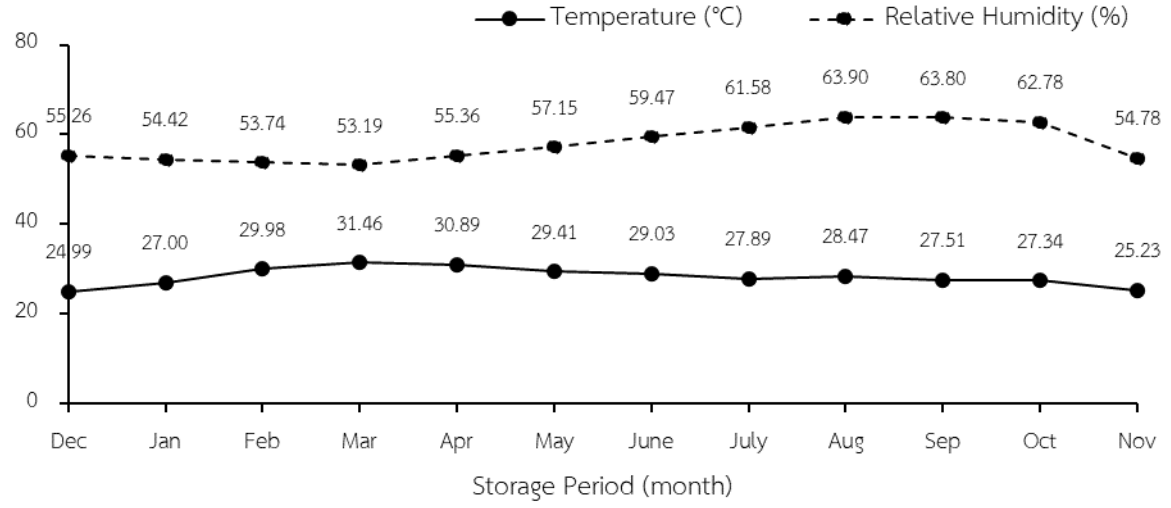

Figure 1 Temperature (°C) and relative humidity (%RH) at open storage warehouse during 12 months storage period

ปริมาณ O_2 ในภาชนะบรรจุทั้ง 3 ชนิดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 20.81 – 21.20% โดยในเดือนที่ 6 (มิถุนายน) ของการเก็บรักษามีปริมาณ O_2 ในภาชนะบรรจุมากที่สุด 21.04% (**Table 1**) ปริมาณ O_2 ในภาชนะบรรจุชนิด HDPE น้อยกว่าชนิด WPP และ PLV อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Table 1**) โดยมีปริมาณ O_2 ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 20.83 – 20.97% เนื่องจากพลาสติกชนิด HDPE มีความหนาแน่นและทนต่อการซึมผ่านได้ดีกว่าพลาสติก PE ชนิดอื่นๆ โดยมีค่าการซึมผ่านของ O_2 ที่อุณหภูมิ 25°C อยู่ที่ 1,666 - 3,041 cm3 μm/m^2-h-atm (Mangaraj et al., 2009) ภาชนะบรรจุชนิด WPP มีปริมาณ O_2 เพิ่มขึ้นในเดือนที่ 6 อยู่ที่ 21.20% และภาชนะบรรจุชนิด PLV มีปริมาณ O_2 เพิ่มขึ้นในเดือนที่ 9 (กันยายน) อยู่ที่ 21.13% (**Figure 2**) ภาชนะบรรจุชนิด WPP หรือถุงพลาสติกสานที่มีกระบวนการผลิตจากการทอทำให้เกิดรูที่ภาชนะบรรจุ อากาศจึงสามารถซึมผ่านเข้าออกได้ง่าย รวมทั้งการป้องกันการซึมผ่านของอากาศในพลาสติกประเภทโพลีโพรพิลีน (Polypropylene: PP) ยังไม่ดีนักเนื่องจากช่วงอุณหภูมิในการหลอมละลายมีช่วงอุณหภูมิแคบ ทำให้ PP เชื่อมติดได้ยาก (ปุ่น และ สมพร, 2541) ส่วนภาชนะบรรจุชนิด PLV ที่ผลิตจากพลาสติกชนิด PA+LLDPE หากสัดส่วนของ LLDPE มากกว่าไนลอนอาจส่งผลต่อคุณสมบัติในการซึมผ่านของก๊าซ เนื่องจากพลาสติกชนิด LLDPE มีคุณสมบัติในการป้องกันการซึมผ่านของ O_2 น้อยกว่า PA โดยค่าการซึมผ่านของ O_2 ที่อุณหภูมิ 25 °C ของ LLDPE และ PA อยู่ที่ 2,916 - 8,333 และ 20–42.50 cm^3μm/m^2-h-atm ตามลำดับ (Mangaraj et al., 2009) และการป้องกันก๊าซซึมผ่านของพลาสติก PA ลดลงเมื่อความชื้นเพิ่มขึ้น (ศูนย์ข้อมูลเครือข่ายอาหารครบวงจร, 2564) นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณ O_2 ในภาชนะบรรจุมีความสัมพันธ์กับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ (r = -0.3322**) ในสภาวะที่อุณหภูมิและความชื้นของเมล็ดเพิ่มสูงขึ้น เมล็ดเกิดกระบวนการหายใจและนำ O_2 ไปใช้ ทำให้ O_2 ที่อยู่ในภาชนะบรรจุลดลงและถูกแทนที่ด้วยก๊าซชนิดอื่น ๆ เช่น ไนโตรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ อาร์กอน นำไปสู่การเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ (Roos, 1986) สอดคล้องกับ Dillahunty et al. (2000) พบว่าอัตราการหายใจของเมล็ดพันธุ์ข้าวเปลือกเพิ่มสูงขึ้นเมื่อความชื้นของเมล็ดเพิ่มขึ้น

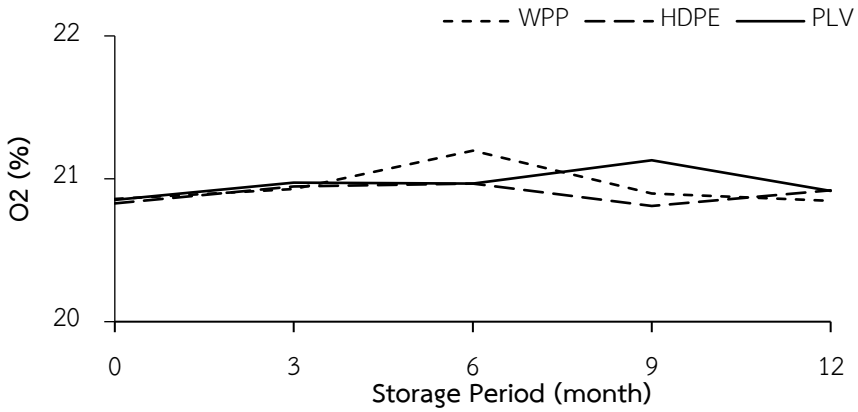

Figure 2 Oxygen (O_2) in packaging at different packaging types during storage period for 12 months

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์มีความสัมพันธ์กับชนิดของภาชนะบรรจุ (r = 0.3034*) เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุทั้ง 3 ชนิดมีการเปลี่ยนแปลงตามความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ เมล็ดพันธุ์มีความชื้นลดลงในเดือนที่ 3 และ 6 เนื่องจากความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศลดลง หลังจากนั้นเมล็ดพันธุ์มีความชื้นเพิ่มขึ้นในเดือนที่ 9 และ 12 (ธันวาคม) ตามความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศที่เพิ่มขึ้น **(Figure 3)** เมื่อพิจารณาความชื้นของเมล็ดพันธุ์ในภาชนะบรรจุแต่ละชนิด พบว่า เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิด HDPE และ PLV มีความชื้นค่อนข้างคงที่ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่เมล็ดพันธุ์ในภาชนะบรรจุชนิด WPP มีความความชื้นในเดือนที่ 3 ลดลงต่ำกว่า 10% (**Figure 3a**) เนื่องจากภาชนะบรรจุชนิด WPP หรือถุงพลาสติกสานมีรูที่เกิดจากกระบวนการผลิตทำให้ความชื้นซึมผ่านเข้าออกได้ง่ายและการเปลี่ยนแปลงความชื้นของเมล็ดพันธุ์เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็วตามความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศ ซึ่งสอดคล้องกับค่าสมดุลความชื้นของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดในเดือนมีนาคมที่คำนวณโดยดัดแปลงจาก Kenneth (n.d.) (**Figure 3b**) เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศต่ำ เมล็ดคายความชื้นออกไปสู่บรรยากาศเพื่อเข้าสู่สมดุลความชื้น (Delouche et al., 1973) สอดคล้อง

กับ Ng'ang'a et al. (2016) พบว่า เมล็ดข้าวโพดที่เก็บรักษาในถุงพลาสติกสานมีความชื้นลดลงจาก 13.3 ± 0.2% เหลือ 11.8 ± 0.2% หลังการเก็บรักษา 35 สัปดาห์เนื่องจากสภาพอากาศอบอุ่นและแห้งในระหว่างการเก็บรักษาที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา

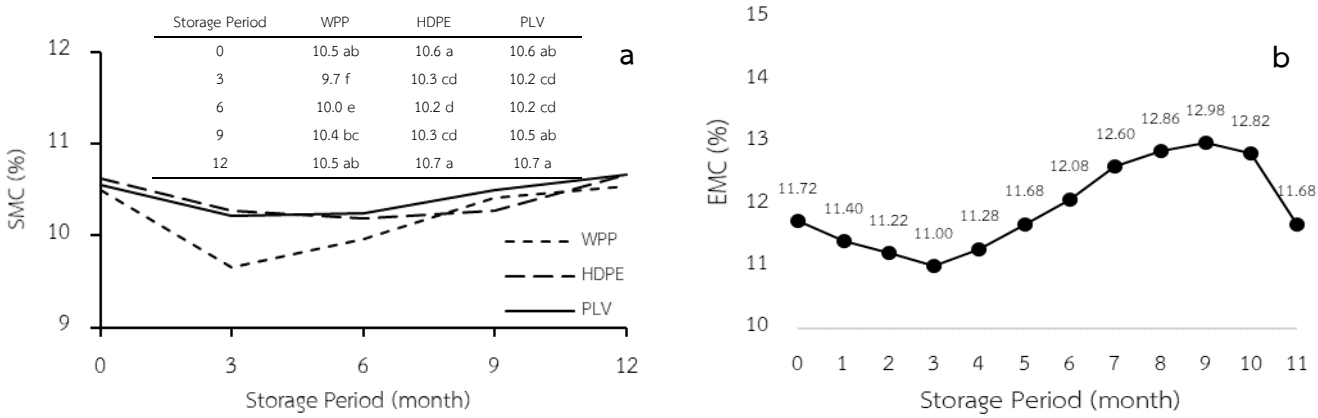

Figure 3 (a) Seed moisture content (SMC) of maize inbred seed KWSTL6001 in different packaging types during storage for 12 months (WPP = woven polypropylene, HDPE = high density polyethylene, PLV = polyamide + linear-low density polyethylene + vacuum); (b) Equilibrium moisture content (EMC) of maize inbred seed during storage period for 12 months

ความงอกของเมล็ดพันธุ์ในภาชนะบรรจุทั้ง 3 ชนิดตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 12 เดือนไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาเก็บรักษา เมล็ดพันธุ์ยังคงมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่า 90% (**Table 1**) เป็นเปอร์เซ็นต์ความงอกที่ยอมรับได้ในธุรกิจการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสม โดยที่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดในชั้นพันธุ์ขยายจะต้องมีความงอกต่ำสุด 85% (บุญมี, 2552) แสดงให้เห็นว่าการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพเปิดที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 24.99 – 31.46 °C ความชื้นสัมพัทธ์ในบรรยากาศอยู่ระหว่าง 53.19 – 63.90 %RH ไม่มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ อย่างไรก็ตาม ความงอกของเมล็ดพันธุ์มีค่าลดลงตามระยะเวลาในการเก็บรักษา ($r = -0.3123^*$) ซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ แม้ว่าจะเก็บรักษาภายใต้สภาพที่เหมาะสม (Pomeranz and Zeleny, 1971)

Table 1 Analysis of variance (ANOVA) on oxygen (O_2) in packaging, seed moisture content (SMC), germination (G), accelerated aging (AA), conductivity ($\mu\mho.g^{-1}$), germination index (GI) and radicle emergence (RE) of maize inbred seeds at different storage periods and packaging types

Factor	O_2 (%)	SMC (%)	Germination (%)	AA (%)	Conductivity ($\mu\mho.g^{-1}$)	GI	RE (%)
Storage period (A)							
0 month	20.85 d	10.6 a	95	93 a	14.55 c	9.79	88.67 a
3 months	20.95 b	10.0 c	95	81 a	13.68 c	9.56	92.29 a
6 months	21.04 a	10.1 c	93	59 b	14.10 c	9.12	89.08 a
9 months	20.95 b	10.4 b	94	40 bc	32.91 a	9.00	89.33 a
12 months	20.89 c	10.6 a	92	27 c	29.40 b	8.78	81.92 b
F-test	**	**	ns	**	**	ns	*
Packaging type (B)							
WPP	20.95 a	10.2 b	94	60 ab	20.36 b	9.23 ab	87.95
HDPE	20.89 b	10.4 a	93	58 b	21.64 a	9.06 b	88.00
PLV	20.97 a	10.4 a	94	63 a	20.79 b	9.46 a	88.83
F-test	**	**	ns	ns	**	*	ns
A×B	**	**	ns	**	**	**	ns
CV (%)	0.19	1.19	3.16	9.91	5.28	4.63	4.33

* , ** = Significantly different at P<0.05 and P<0.01, respectively; ns = Non significant; Means in each column followed by different letters indicate significant differences using least significant difference (LSD) at P<0.05

ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์จากการทดสอบด้วยวิธีการเร่งอายุ (AA) ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเดือนที่ 6 และเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรง 27 % จากความแข็งแรงเริ่มต้น 93 % (**Table 1**) โดยที่ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น (r = -0.8518**) และลดลงเร็วกว่าความมีชีวิตหรือความงอก แม้ว่าที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาของเมล็ดจะมีความงอกและความแข็งแรงสูงสุด และความมีชีวิตและความแข็งแรงจะลดลงถึงศูนย์พร้อมกันก็ตาม (Delouche and Caldwell, 1960) เนื่องจากความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์เป็นสิ่งที่แสดงถึงศักยภาพของความเร็วและความสม่ำเสมอในการงอกของเมล็ดพันธุ์รวมทั้งการเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์ (McDonald, 1980) ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบภายในของเมล็ดพันธุ์ Zhang et al. (2015) พบว่า เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 75±5 %RH มีความแข็งแรงลดลงเนื่องจากการย่อยสลายของโปรตีน การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ภายใต้โรงเก็บแบบเปิดเป็นระยะเวลานานรวมทั้งมีอุณหภูมิและความชื้นที่เพิ่มสูงขึ้นกระตุ้นให้เมล็ดพันธุ์มีการหายใจเพิ่มขึ้นและสลายอาหารสะสมภายในเมล็ด จึงทำให้ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลง และการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์เพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการเก็บรักษาและความชื้นของเมล็ดเพิ่มขึ้น (Tang et al., 2014) เมื่อพิจารณาชนิดของภาชนะบรรจุพบว่าเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิด PLV มีความแข็งแรงมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิด HDPE (**Table 1**) เนื่องจากเมล็ดที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิด PLV ที่มีสภาพสุญญากาศทำให้เมล็ดเกิดกระบวนการหายใจได้น้อยกว่าเมล็ดที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิด HDPE จึงทำให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพช้า เช่นเดียวกับ Abreu et al. (2013) รายงานว่าในสภาพการเก็บรักษาที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้น การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ทานตะวันในภาชนะบรรจุพลาสติกปิดผนึกสุญญากาศสามารถรักษาคุณภาพทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์ได้

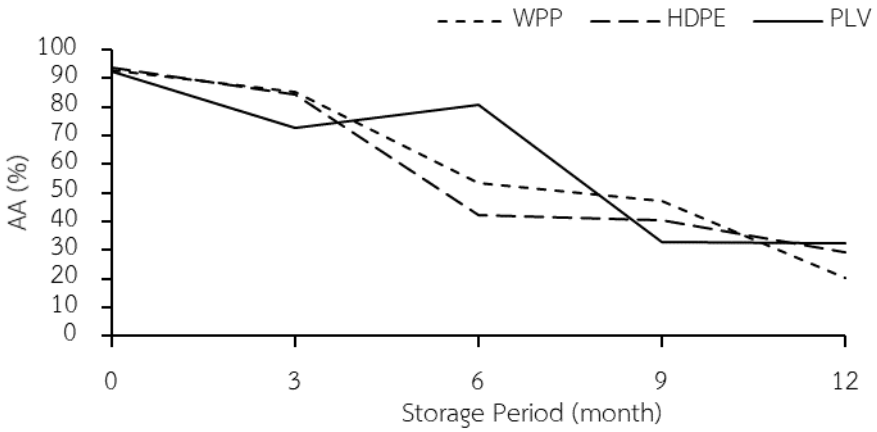

Figure 3 Vigor (accelerated aging test) of maize inbred seed in difference packaging types during storage for 12 months (AA = accelerated ageing, WPP = woven polypropylene bag, HDPE = high density polyethylene bag, PLV = polyamide + linear-low density polyethylene + vacuum)

ค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์ที่ระยะ 6 เดือนแรกของการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 13.68 – 15.55 μ℧.g^{-1} หลังจากนั้นค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเดือนที่ 9 โดยมีค่าเฉลี่ย 32.91 μ℧.g^{-1} (**Figure 4**) ค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์มีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บรักษาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r = 0.8071**) เนื่องจากการเสื่อมสภาพของเมมเบรนซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่พบมากในระหว่างการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ (Robert, 1986) ทำให้สารอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) ที่อยู่ภายในเมล็ดพันธุ์ เช่น กรดอะมิโนและกรดอินทรีย์รั่วไหลออกมาจากเมล็ด ส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดเพิ่มสูงขึ้น (AOSA, 2002) และเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิด HDPE มีค่าการนำไฟฟ้ามากที่สุด 21.64 μ℧.g^{-1} (**Table 1**) โดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามความชื้นของเมล็ดพันธุ์ (r = 0.4250**) เช่นเดียวกับ Tatipata (2009) รายงานว่าความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่เพิ่มขึ้นมีความสัมพันธ์กับสารอิเล็กโทรไลต์ที่รั่วไหลจากเมล็ด ปริมาณฟอสโฟลิพิด (phospholipid) และโปรตีนที่อยู่ในเยื่อหุ้มชั้นใน (inner membrane) ของไมโทคอนเดรีย เมื่อเมล็ดมีความชื้นเพิ่มขึ้น เยื่อหุ้มเซลล์จะมีปริมาณฟอสโฟลิพิดและโปรตีนลดลง ส่งผลให้เยื่อหุ้มเซลล์สูญเสียความสามารถในการซึมผ่าน ซึ่งเป็นลักษณะการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ ทำให้สารต่าง ๆ ที่อยู่ในเมล็ดรั่วไหลออกมา นอกจากนี้ค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์มีความสัมพันธ์กับค่า AA ของเมล็ดพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r = -0.7026**) เมื่อค่าการนำไฟฟ้าของเมล็ดพันธุ์เพิ่มสูงขึ้นแสดงถึงลักษณะการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์โดยมีความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์หลังการเร่งอายุลดลง

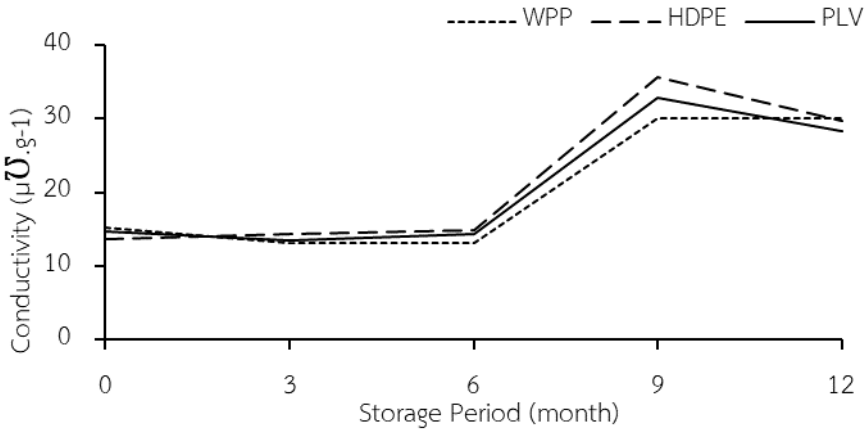

Figure 4 Conductivity (μ℧.g^{-1}) of maize inbred seed KWSTL6001 in difference packaging types during storage for 12 months (WPP = woven polypropylene bag, HDPE = high density polyethylene bag, PLV = polyamide + linear-low density polyethylene + vacuum)

ค่า GI ของเมล็ดพันธุ์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยมีค่า GI อยู่ในช่วง 8.78 – 9.79 อย่างไรก็ตามเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ค่า GI ของเมล็ดพันธุ์มีแนวโน้มลดลง (r = -0.3194*) สอดคล้องกับ Kandil et al. (2013) รายงานว่า ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองซึ่งประเมินจากดัชนีความงอกลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิด PP และ HDPE มีค่า GI ตลอดอายุการเก็บรักษาค่อนข้างสม่ำเสมอ ในขณะที่ภาชนะบรรจุชนิด PLV มีความแปรปรวนของค่า GI ในเดือนที่ 6 ของการเก็บรักษา แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**Figure 5**) ซึ่งความแปรปรวนที่เกิดขึ้นน่าจะเกิดจากการแกว่งตัวของข้อมูลอยู่ในช่วง ±2 เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิด PLV มีค่า GI มากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุชนิด HDPE (**Table 1**) ผลการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ด้วยการวัดดัชนีความงอก (GI) และความงอกของเมล็ดพันธุ์หลังการเร่งอายุ (AA) เป็นไปในทิศทางเดียวกันและมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (r = 0.4020**) เมล็ดพันธุ์ที่มีความแข็งแรงจะสามารถงอกได้อย่างรวดเร็วและมีความสม่ำเสมอ (Isely, 1958)

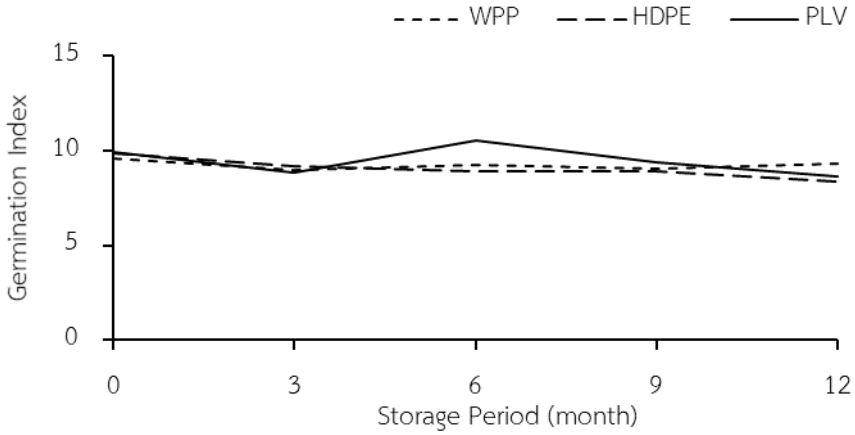

Figure 5 Germination index (GI) of maize inbred seed KWSTL6001 in difference packaging types during storage for 12 months (WPP = woven polypropylene bag, HDPE = high density polyethylene bag, PLV = polyamide + linear-low density polyethylene + vacuum)

ค่า RE ของเมล็ดพันธุ์ 9 เดือนแรกของการเก็บรักษาอยู่ในช่วง 89.08 – 92.29% โดยค่า RE ลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในเดือนที่ 12 ของการเก็บรักษาอยู่ที่ 81.92% (**Table 1**) และมีความสัมพันธ์ทางลบกับระยะเวลาการเก็บรักษา (r = -0.3248*) การงอกของรากแรก (RE) ลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นเนื่องจากเมล็ดพันธุ์มีการเสื่อมสภาพที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ โดยเมล็ดพันธุ์ที่มีค่า RE ลดลงนั้นแสดงให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์มีความแข็งแรงลดลง (ISTA, 2019) เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดที่มีการงอกของรากแรกช้าลงเนื่องจากต้องการซ่อมแซมกระบวนการในระยะเริ่มต้นของการงอก มีสาเหตุจากเมล็ดพันธุ์เริ่มมีการเสื่อมสภาพ ค่า RE ที่ต่ำแสดงให้เห็นว่ามีความแข็งแรงและความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ต่ำ (Matthews et al., 2011) ขณะที่ชนิดของภาชนะบรรจุที่ใช้ในการเก็บรักษาไม่มีผลต่อค่า RE ของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด โดยเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุทั้ง 3 ชนิดมีค่า RE ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 88.26% (**Figure 6**)

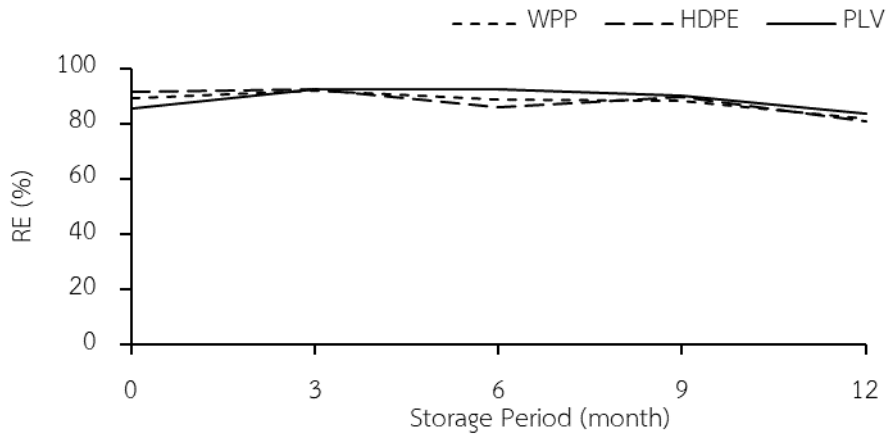

Figure 6 Radicle emergence (RE) of maize inbred seed in difference packaging types during storage for 12 months (WPP = woven polypropylene bag, HDPE = high density polyethylene bag, PLV = polyamide + linear-low density polyethylene + vacuum)

สรุป

การศึกษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดสายพันธุ์แท้ KWSTL6001 ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุแตกต่างกันภายใต้โรงเก็บแบบเปิดที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 12 เดือน พบว่า ความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในภาชนะบรรจุแต่ละชนิดไม่มีความแตกต่างกันตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ในขณะที่ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา และชนิดของภาชนะบรรจุมีผลต่อความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในภาชนะบรรจุชนิด PLV และ WPP สามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ได้ โดยการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในภาชนะบรรจุชนิด PLV สามารถรักษาความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ได้เป็นระยะเวลา 6 เดือน ในขณะที่การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในภาชนะบรรจุชนิด WPP สามารถรักษาความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ได้นาน 3 เดือน โดยที่เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงสูงกว่า 90 และ 80% ตามลำดับ

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนด้านเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดสายพันธุ์แท้จาก บริษัท เค ดับบลิว เอส ซีดส์ (ไทยแลนด์) จำกัด

เอกสารอ้างอิง

บุญมี ศิริ. 2552. การผลิตเมล็ดพันธุ์. แหล่งข้อมูล: https://seedtechpp.kku.ac.th/Download/library/12%20seed%20production%20.pdf. ค้นเมื่อ 15 พฤษภาคม 2564.

ปุ่น คงเจริญเกียรติ และ สมพร คงเจริญเกียรติ. 2541. บรรจุภัณฑ์อาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท โรงพิมพ์หยี่เฮง จำกัด, กรุงเทพฯ.

ศูนย์ข้อมูลเครือข่ายอาหารครบวงจร. 2564. Nylon หรือ Polyamide. แหล่งข้อมูล: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2272/nylon-polyamide. ค้นเมื่อ 6 กุมภาพันธ์ 2564.

สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์. 2553. การปรับปรุงพันธุ์พืช. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Abdalla, F. H., and E. H. Roberts. 1969. The effect of seed storage conditions on the growth and yield of Barley, Broad Beans, and Peas. Annals of Botany. 33: 169-184.

Abdule-Baki, A. A. and J. D. Anderson. 1970. Viability and leaching of sugars from germinating barley. Crop Science. 10: 31-34.

Abreu, L. A. d. S., M. L. M. d Carvalho, C. A. G. Pinto, V. Y. Kataoka, and T. T. d. A. Silva. 2013. Deterioration of sunflower seeds during storage. Journal of Seed Science. 35: 240-247.

AOSA. 2002. Seed vigor testing handbook. Contribution No.32 to handbook on seed testing. Association of Official Analysts. Lincon, NE.

Ashley, R. 1985. Permeability and Plastics Packaging. P.269-308. In: J. Comyn. Polymer permeability. Chapman and Hall, London.

Assefa, F., and K. Srinivasan. 2016. Effect of relative humidity and temperature on shelf life of sorghum, lentil and niger seeds. International Journal of Applied Agricultural Sciences. 2: 83-91.

Bhattacharya, K., and S. Raha. 2002. Deteriorative changes of maize, groundnut and soybean seeds by fungi in storage. Mycopathologia. 155: 135–141.

Delouche, J. C., and W. P. Caldwell. 1960. Seed vigor and vigor tests. Proceedings of the Association of Official Seed Analysis. 50: 124-129.

Delouche, J. C., R. Matthes, G. Dougherty, and A. Boyd. 1973. Storage of seed in sub-tropical and tropical regions. Seed Science and Technology. 1: 671-700.

Dillahunty, A. L., T. J. Siebenmorgen, R. W. Buescher, D. E. Smith, and A. Mauromoustakos. 2000. Effect of moisture content and temperature on respiration rate of rice. Cereal Chemistry. 77: 541-543.

Eagles, H. A., and A. K. Hardacre. 1979. Genetic variation in maize for early seedling growth in a low temperature environment. New Zealand Journal of Agricultural Research. 22: 553-559.

Eillis, R. H. 1992. Seed and seedling vigour in relation to crop growth and yield. Plant Growth Regulation. 11: 249-255.

Emblem, A. 2012. Plastics Properties for Packaging Materials. P.287-309. In A. Emblem and H. Emblem (Eds.), Packaging Technology. Woodhead Publishing, Cambridge.

Grabe, D. F. 1989. Measurement of Seed Moisture. P.69-92. In: P. C. Stanwood, and M. B. McDonald. Seed Moisture. Crop Science Society of America, Inc., WI.

Hellevang K. J. n.d. Grain equilibrium moisture content charts. Available: https://www.ag.ndsu.edu/graindrying/documents/GrainEquilibriumMoistureContentCharts.pdf. Accessed May 18, 2021.

Hendry, G. A. F. 1993. Oxygen, free radical processes and seed longevity. Seed Science Research. 3: 141-153.

Isely, D. 1958. Testing for vigor. Proceedings of the Association of Official Seed Analysis. 48: 136-138.

ISTA. 2019. International Rules for Seed Testing 2019. The International Seed Testing Association (ISTA), Bassersdorf.

Kandil, A. A., A. E. Sharief, and M. S. Sheteiwy. 2013. Effect of seed storage periods, conditions and materials on germination of some soybean seed cultivars. American Journal of Experimental Agriculture. 3: 1020-1043.

McDonald, M. B., Jr. 1980. Vigor test subcommittee report. Association of Official Seed Analysis. Newslett. 54:37-40.

Mangaraj, S., T. Goswami, and P. Mahajan. 2009. Applications of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables: a review. Food Engineering Review. 1: 133-158.

Matthews, S., E. Beltrami, R. El-Khadem, M. Khajeh-Hosseini, M. Nasehzadeh, and G. Urso. 2011. Evidence that time for repair during early germination leads to vigour differences in maize. Seed Science and Technology. 39: 501-509.

Meena, M. K., M. B. Chetti, and C. M. Nawalagatti. 2017. Influence of different packaging materials and storage conditions on the seed quality parameters of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). International Journal of Pure and Applied Bioscience. 5: 933-941.

Ng'ang'a, J., C. Mutungi, S. M. Imathiu, and H. Affognon. 2016. Low permeability triple-layer plastic bags prevent losses of maize caused by insects in rural on-farm stores. Food Security. 8: 621-633.

Pomeranz, Y., and L. Zeleny. 1971. Biochemical and functional changes in stored cereal grains. C R C Critical Reviews in Food Technology. 2: 45–80.

Robert, E. H. 1986. Quantifying Seed Deterioration. P.101-123. In: M. B. McDonald Jr., and C. J. Nelson. Physiology of seed deterioration, Volume 11. Crop Science Society of America, Inc., Madison, WI.

Roos, E. E. 1986. Precept of Successful Seed Storage. P.1-25. In: M. B. McDonald Jr., and C. J. Nelson. Physiology of seed deterioration, Volume 11. Crop Science Society of America, Inc., Madison, WI.

Tang, S., D. M. TeKrony, D. B. Egli, and P. L. Cornelius. 1999. Survival characteristics of corn seed during storage: II. Rate of seed deterioration. Crop Science. 39: 1400-1406.

Tatipata, A. 2009. Effect of seed moisture content packaging and storage period on mitochondria inner membrane of soybean seed. Journal of Agricultural Technology. 5: 51-64.

TeKrony, D. M., D. B. Egli, and D. A. Wickham. 1989. Corn seed vigor on no-tillage field performance. II. Plant growth and grain yield. Crop Science. 29: 1528-1531.

Vertucci, C. W., and E. E. Roos. 1990. Theoretical basis of protocols for seed storage. Plant Physiology. 94: 1019-1023.

Walters, C. 2007. Materials used for seed storage containers: response to Gómez-Campo [Seed Science Research 16, 291-296 (2006)]. Seed Science Research. 17: 233-242.

Zhang, H., W. Q. Wang, S. J. Liu, I. M. Moller, and S. Q. Song. 2015. Proteome analysis of poplar seed vigor. PLoS One. 10: 1-19.

Zhang, M., Y. Maeda, Y. Furihata, Y. Nakamaru, and Y. Esashi. 1994. A mechanism of seed deterioration in relation to the volatile compounds evolved by dry seeds themselves. Seed Science Research. 4: 49-56.