วารสารแก่นเกษตร
THAIJO

Content List Available at ThaiJo

Khon Kaen Agriculture Journal

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



ผลของการพ่นแคลเซียมทางใบต่อผลผลิตข้าวโพดลูกผสมและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ภายหลังเก็บรักษา

Influence of foliar calcium application on hybrid maize yield and seed quality after storage

สุธีรา วงค์ไชย[1], ณัฐศักดิ์ กฤติกาเมษ[1] และ แสงทิวา สุริยง[1]*

Sutheera Wongchai[1], Nattasak Krittigamas[1] and Sangtiwa Suriyong[1]*

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

บทคัดย่อ: งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการพ่นแคลเซียมต่อผลผลิตในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมพันธุ์พี 3582 และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อกจำนวน 3 ซ้ำ ณ แปลงปลูกของเกษตรกรจังหวัดลำปาง ระหว่างเดือนธันวาคม 2561 ถึงเดือนเมษายน 2562 กรรมวิธี ประกอบด้วยการพ่นแคลเซียมออกไซด์ความเข้มข้น 31 เปอร์เซ็นต์ อัตรา 0, 1.0, 1.5 และ 2.0 มล./ล. ผลการทดลอง พบว่า อัตราการฉีดพ่นไม่มีผลต่อองค์ประกอบผลผลิต ผลผลิตเมล็ด และการสะสมแคลเซียมในเมล็ด แต่มีแนวโน้มว่าความเข้มข้น 1.0 มล./ล. ส่งผลให้ข้าวโพดมีผลผลิตฝักสูงสุด 1,382.3 กก./ไร่ หลังจากนั้น นำผลผลิตเมล็ดที่ได้จากทุกกรรมวิธีของการพ่นมาศึกษาผลของการเก็บรักษาต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ โดยวางแผนการทดลองแบบสปลิท พลอท แบบสุ่มสมบูรณ์ main plot คือ สภาพการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องและอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ส่วน sub plot คือ เมล็ดที่ได้รับแคลเซียม 4 ระดับ เก็บบันทึกข้อมูลที่ 0, 2, 4 และ 6 เดือน ผลการทดลองพบว่า ระยะเวลาการเก็บรักษาและปฏิสัมพันธ์กับความเข้มข้นของแคลเซียมมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอก ส่วนความแข็งแรงของเมล็ดได้รับผลจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาและสภาพการเก็บรักษารวมถึงความเข้มข้นของแคลเซียมอย่างมีนัยสำคัญ โดยเมล็ดที่ได้รับแคลเซียม 1.0 มล./ล. และเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส นาน 4 เดือนสามารถคงความแข็งแรงสูงกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการสะสมแคลเซียมในเมล็ดทุกกรรมวิธีลดลงจาก 0.75 เป็น 0.13 ก./น้ำหนักแห้ง 100 ก. หลังการเก็บรักษานาน 6 เดือน

คำสำคัญ: การเพิ่มระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์; แคลเซียมออกไซด์; องค์ประกอบผลผลิต; สภาพการเก็บรักษา

ABSTRACT: The objective of this experiment was to study the effect of foliar application of Calcium (Ca) on the yield of hybrid corn variety P3582. The experimental design was a randomized complete block design (RCBD) with 3 replications and conducted at farmer field Lampang province during December, 2018 to April, 2019. The treatments were 4 rates of calcium oxide (31%) which were 0, 1.0, 1.5 and 2.0 ml/L. The results showed that Ca concentrations had no effect on yield components, grain yield and calcium accumulation in the seeds. However, hybrid corn applied with 1.0 ml/L tended to express the highest seed yield (1,382.3 kg/rai). The obtained seed yields from the treatments were continued to sampling for seed storage quality experiment.

* Corresponding author: sangtiwa.s@cmu.ac.th

Received: date; December 8, 2021 Accepted: date; June 7, 2022 Published: date; October 12, 2022

Split-plots in completely randomized design (CRD) were used. The main plot was storage conditions at room temperature and 15 °C and the sub-plot were the seeds obtained from 4 rates of Ca application, keep data at 0, 2, 4 and 6 months. The results indicated that storage period and the interaction with rates of Ca affected on seed germination. While the seed vigor got result from the interaction between storage period, condition and rate of Ca with significantly. The seed obtained Ca at the rated of 1.0 ml/L and stored at 15 °C for 4 months still maintained their high seed vigor by showing significantly higher germination than the others. Calcium accumulation in the seed all treatments decreased from 0.75 to 0.13 g per 100 g-dry matter after 6 months storage.

Keywords: seed enhancement; calcium oxide; yield components; storage condition

บทนำ

ข้าวโพดเป็นพืชที่เกษตรกรนิยมปลูกในประเทศไทย และเป็นหนึ่งในธัญพืชที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมอาหารสัตว์ การแปรรูปเป็นอาหารมนุษย์ และอุตสาหกรรมอื่นอีกมากมาย นอกจากนี้ ยังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญและทำรายได้ให้กับประเทศเป็นอย่างมาก การเพาะปลูกโดยทั่วไปนิยมใช้พันธุ์ลูกผสม เนื่องจากเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดี มีความสม่ำเสมอของพันธุกรรม และให้ผลผลิตต่อไร่สูง ปัจจัยดังกล่าวจำเป็นอย่างยิ่งต่อการให้ผลผลิตต่อพื้นที่ในระดับสูง ดังนั้นการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมที่มีคุณภาพสูงจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งสำหรับเกษตรกรและบริษัทผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์ คุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ดีประกอบด้วย ความบริสุทธิ์ ปราศจากโรคและแมลง ความมีชีวิตของคัพภะ (embryo) ซึ่งส่งผลให้มีความงอกสูงและสามารถเจริญเป็นต้นอ่อนได้ รวมถึงมีความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์สูง (ISTA, 2019) ซึ่งคุณสมบัติเมล็ดพันธุ์ดังกล่าวมีความแตกต่างกันไม่เพียงแต่พันธุกรรมแต่ยังขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมรวมถึงปัจจัยการผลิตที่พืชได้รับ โดยเฉพาะธาตุอาหารมีผลต่อสารอาหารสะสมในเมล็ดพันธุ์ และมีความสำคัญต่อการงอกในสภาพแปลงปลูกที่อาจไม่เหมาะสม จาการทดลองที่ผ่านมาในการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในสภาพอากาศที่แห้งแล้งโดยการให้สารละลายแคลเซียม สามารถช่วยยกระดับผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิตให้เพิ่มขึ้น (Naeem et al., 2018) ดังนั้นการเพิ่มธาตุอาหารด้วยการฉีดพ่นจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ทันที

การให้ปุ๋ยทางใบ หรือการฉีดพ่นธาตุอาหารรอง (foliar application) ได้แก่ แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) และกำมะถัน (S) เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพทำให้พืชได้รับธาตุที่ต้องการในปริมาณที่รองจากธาตุอาหารหลัก โดยเฉพาะแคลเซียมเป็นธาตุอาหารที่มีความสำคัญต่อความแข็งแรงของผนังเซลล์ และเนื้อเยื่อ มักพบปริมาณมากในผนังเซลล์บริเวณชั้นมิดเดิลลาเมลลา (middle lamella) ซึ่งเป็นส่วนที่เป็นผนังร่วมของเซลล์สองเซลล์ที่อยู่ติดกัน และเป็นส่วนของผนังเซลล์ที่เกิดขึ้นในขณะที่มีการแบ่งเซลล์เป็นสองเซลล์ โดยทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมเซลล์สองเซลล์ให้ติดกันประกอบด้วยเพกติน (pectin) ที่อยู่ในรูปแคลเซียม เพกเทต (pectate) และแมกนีเซียม ดังนั้นแคลเซียมจึงเป็นธาตุอาหารรองชนิดหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญทำให้เยื่อหุ้มเซลล์มีเสถียรภาพ (membrane stability) และยังเกี่ยวข้องต่อความแข็งแรงของต้นพืช นอกจากนี้ แคลเซียมยังทำหน้าที่ในการควบคุมการปิด-เปิดของปากใบ และควบคุมความเต่งของเซลล์ (ยงยุทธ, 2543) แม้ในสภาพอากาศที่แห้งแล้ง แคลเซียมยังสามารถช่วยเพิ่มผลผลิตและสารอาหารภายในเมล็ดข้าวโพดได้อย่างเหมาะสม (Abbas et al., 2021) ดังนั้นการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อหาระดับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมที่เหมาะสมต่อการพ่นต้นข้าวโพดในระหว่างการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสม และนำเมล็ดพันธุ์จากต้นที่ได้ได้รับการฉีดพ่นมาศึกษาช่วงเวลาและสภาพการเก็บรักษาที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 6 เดือน รวมถึงปริมาณการเปลี่ยนแปลงของธาตุแคลเซียมในเมล็ด ซึ่งผลการทดลองที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการยกระดับการผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมในประเทศไทย และเพิ่มคุณภาพในการเก็บรักษาเพื่อรอการจำหน่าย ทั้งนี้ข้อมูลดังกล่าวสามารถใช้เป็นประโยชน์แก่ทั้งผู้ผลิตเมล็ดพันธุ์และเกษตรกรต่อไป

วิธีการศึกษา

งานวิจัยนี้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน มีรายละเอียดดังนี้

การทดลองที่ 1 ศึกษาผลของธาตุแคลเซียมต่อผลผลิตของข้าวโพดลูกผสมและการสะสมแคลเซียมในเมล็ด

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ภายในบล็อก (randomized complete block design) จำนวน 3 ซ้ำ กรรมวิธีประกอบด้วยการพ่นสารละลายแคลเซียมออกไซด์ (CaO) ความเข้มข้น 31 เปอร์เซ็นต์ อัตรา 0 1.0 1.5 และ 2.0 มล./ล. ทำการทดลองโดยปลูกข้าวโพดสายพันธุ์แท้เพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมพันธุ์ พี3582 ณ แปลงผลิตเมล็ดพันธุ์ของเกษตรกร จังหวัดลำปาง ระหว่างเดือนธันวาคม 2561 ถึง เมษายน 2562 เตรียมแปลงย่อยขนาด 5 x 10 ตร.ม. จำนวนทั้งหมด 12 แปลง โดยเว้นระยะระหว่างแปลง 50 ซม. โดยในแต่ละแปลงจะมีจำนวนแถวปลูกทั้งหมด 6 แถว แบ่งเป็นแถวต้นตัวผู้ 1 แถว และแถวต้นแม่ 5 แถว นำเมล็ดพันธุ์สายพันธุ์แท้ที่มีความงอก 100 เปอร์เซ็นต์ ที่คลุกสารเคมีป้องกันเชื้อราและแมลงในดินแล้ว ปลูกด้วยวิธีหยอดหลุมๆ ละ 1 เมล็ด ด้วยระยะปลูก 70x17 ซม. ปลูกต้นตัวผู้ก่อน 3 วัน หลังจากนั้นจึงปลูกต้นตัวผู้อีกครั้งพร้อมต้นตัวเมียโดยใช้อัตราต้นตัวผู้ 1 แถวต่อต้นแม่ 4 แถว ใส่ปุ๋ยรองพื้นสูตร 15-15-15 อัตรา 35 กก./ไร่ พร้อมฉีดพ่นสารควบคุมวัชพืช เมื่อข้าวโพดอายุ 20 และ 50 วันหลังปลูกใส่ปุ๋ยสูตร 46-0-0 และ 8-24-24 อัตรา 25 กก./ไร่ พร้อมพูนโคนต้น ให้น้ำและป้องกันกำจัดศัตรูพืชตามความเหมาะสม ทำการพ่นแคลเซียม 2 ระยะ ได้แก่ 35 วัน หลังปลูก (V8) และ 45 วันหลังปลูก (V10) เมื่อข้าวโพดอายุ 65 วันหลังปลูกจึงถอดช่อดอกตัวผู้ในแถวต้นตัวเมียบริเวณปลายใบธงออกให้หมดทั้งช่อดอก และตัดต้นข้าวโพดในแถวตัวผู้ออกเพื่อป้องกันพันธุ์ปนเมื่อข้าวโพดอายุ 75 วันหลังปลูก เก็บเกี่ยวด้วยวิธีปอกเปลือกฝักข้าวโพดลูกผสมจากต้นสายพันธุ์แม่เมื่อข้าวโพดมีอายุ 130 วันหลังปลูก แล้วจึงเก็บตัวอย่างและบันทึกข้อมูลดังนี้

องค์ประกอบผลผลิตและผลผลิต

สุ่มเก็บตัวอย่างผลผลิตโดยเก็บฝักตัวอย่างทั้งหมด 15 ฝัก ในพื้นที่ 5 ตารางเมตรในแต่ละซ้ำ ในทุกกรรมวิธี รวมทั้งหมด 12 ซ้ำ จำนวนฝักทั้ง 15 ฝักคิดเป็นพื้นที่ 1.785 ตร.ม.ต่อซ้ำในแต่ละกรรมวิธี เพื่อเก็บบันทึกข้อมูลจำนวนต้น/พื้นที่ จำนวนฝัก/ต้น และสุ่มตัวอย่างจำนวน 15 ฝัก เพื่อหาน้ำหนักฝักเฉลี่ยหลังแกะเปลือก น้ำหนักเมล็ด/ฝัก และน้ำหนัก 100 เมล็ด ที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำฝักมากะเทาะเมล็ดเพื่อให้ได้ผลผลิตเมล็ด โดยชั่งหาน้ำหนักผลผลิตเมล็ดต่อพื้นที่และคำนวณเป็น กก./ไร่ ที่ความชื้น 14 เปอร์เซ็นต์ และชั่งน้ำหนักแกนข้าวโพดเพื่อคำนวณหาเปอร์เซ็นต์กะเทาะ

การวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียม

วิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียมด้วยเครื่องมือวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม (Atomic absorption spectrophotometer ยี่ห้อ Analytik Jena รุ่น ZEEnit 700 P, Germany) นำเมล็ด 500 ก./กรรมวิธี มาย่อยสลายตัวอย่างโดยใช้เตาความร้อน นำเถ้าของเมล็ดที่บดแล้วจำนวน 1 ก. ใส่ในขวดปริมาตรขนาด 250 มล. ที่มีสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) จำนวน 2 มล. เจือจางสารละลายด้วยน้ำกลั่นโดยปริมาณการเจือจางจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นที่ประมาณการณ์ไว้ เพื่อให้สารละลายความเข้มข้นสุดท้ายมีค่าไม่ต่ำกว่าช่วงที่กำหนดไว้ นำสารละลาย 100 มล. ใส่ในขวดปริมาตรขนาด 250 มล. คนสารละลายให้เข้ากัน จากนั้นวิเคราะห์ธาตุอาหารแคลเซียม โดยการเจือจางด้วยเกลือของกรดแลคติกมาตรฐาน 9 มล. (1,000 มก. เกลือของกรดแลคติก/ล.) สำหรับการวิเคราะห์แคลเซียมทุก ๆ 1 มล. ค่าของแคลเซียมจะมีค่าที่ 0-10 (10 มก.แคลเซียม/ล.) นำค่าแคลเซียมที่วัดได้มาคูณกับปริมาณสารละลายที่ใช้ในการเจือจาง (Edward, 1998)

การทดลองที่ 2 ศึกษาถึงผลของสภาพและช่วงเวลาของการเก็บรักษาต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมที่ได้รับการพ่นแคลเซียม

การเตรียมตัวอย่างเมล็ดพันธุ์

นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดลูกผสมที่ได้จากการทดลองที่ 1 จากทุกกรรมวิธีการพ่นตามความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมมาลดความชื้นให้เหลือ 12 เปอร์เซ็นต์ และทำความสะอาดเมล็ด หลังจากนั้นจึงสุ่มเมล็ดพันธุ์ 1 กก. บรรจุในถุงพลาสติกแบบปิดสนิท โดยก่อนการเก็บรักษาแบ่งตัวอย่างเมล็ดพันธุ์เพื่อทดสอบคุณภาพ หลังจากนั้นจึงนำเมล็ดพันธุ์มาเก็บรักษา โดยวางแผนการทดลองแบบสปลิทพลอทแบบสุ่มสมบรูณ์ (Split plot in CRD) จำนวน 3 ซ้ำ กำหนดให้ main-plot คือ สภาพการเก็บรักษาเมล็ด 2 สภาพ คือ สภาพอุณหภูมิห้อง (ambient) และอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นสัมพัทธ์ 45 องศาเซลเซียส sub plot คือ เมล็ดพันธุ์ที่ได้รับการพ่นแคลเซียม 4 ระดับ คือ 0 1.0 1.5 และ 2.0 มล./ล. ตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บรักษาเป็นเวลา 0 2 4 และ 6 เดือน ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ สาขาวิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ระยะเวลาดำเนินการวิจัยตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึงเดือนธันวาคม 2562 และทำการวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียมหลังผ่านการเก็บรักษาเมล็ด 6 เดือน

การทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์

การทดสอบความงอกมาตรฐาน (Standard germination test)

ทดสอบความงอกด้วยวิธีมาตรฐานตามวิธีการของ ISTA (2019) เพาะเมล็ดด้วยวิธี Between paper (BP) จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 100 เมล็ด เพาะในตู้เพาะที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส นาน 7 วัน จากนั้นประเมินต้นอ่อนปกติและคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอก

การทดสอบความแข็งแรงด้วยวิธีการเร่งอายุ (Accelerated aging test; AA test)

ทดสอบความความแข็งแรงด้วยวิธีการเร่งอายุตามวิธีการของ ISTA (1995) โดยใช้ 400 เมล็ด แบ่งเป็น 2 ซ้ำ ๆ ละ 200 เมล็ด เร่งอายุที่ตู้บ่มอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 96 ชั่วโมง แล้วนำเมล็ดที่ผ่านการเร่งอายุมาทดสอบความงอกตามขั้นตอนการตรวจสอบความงอกด้วยวิธีมาตรฐาน ประเมินต้นอ่อนปกติและคำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอก

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

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

ผลการศึกษา

ผลของระดับการพ่นแคลเซียมต่อองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตของข้าวโพดลูกผสม

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าการพ่นแคลเซียมระดับต่างกันไม่มีผลต่อองค์ประกอบผลผลิตและผลผลิตข้าวโพดจากทุกกรรมวิธีมีจำนวนฝักเฉลี่ย 1 ฝัก/ต้น จำนวนเมล็ดเฉลี่ยต่อฝักเท่ากับ 258.7 เมล็ด น้ำหนัก 100 เมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 26.77 ก. และผลผลิตที่ได้จากองค์ประกอบผลผลิตเท่ากับ 931.1 กก./ไร่ **(Table 1)** และให้น้ำหนักฝักเฉลี่ย 95.91 ก./ฝัก น้ำหนักเมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 69.52 ก./ฝัก น้ำหนักฝักต่อไร่เฉลี่ยเท่ากับ 1,289.5 กก./ไร่ และน้ำหนักเมล็ดต่อไร่เฉลี่ยเท่ากับ 934.7 กก./ไร่ **(Table 2)**

Table 1 Effect of foliar application of calcium on yield components of hybrid maize

Calcium (ml/L)	Seed No./ear	100-seed wt. (g)	Yield components (kg/rai)
0 (Control)	255.3	26.62	913.7
1.0	272.2	27.32	999.6
1.5	238.2	26.72	856.5
2.0	269.3	26.45	954.5
Mean	258.7	26.77	931.1
$LSD_{0.05}$	ns	ns	ns
CV (%)	7.7	3.8	5.9

ns = not significant, means in the same column with different are significantly different at P ≤ 0.05 by LSD

Table 2 Effect of foliar application of calcium on ear weight, yield and shelling percentage of hybrid maize

Calcium (ml/L)	Ear weight (g/ear)	Seed weight (g/ear)	Cob weight (kg/rai)	Shelling percentage (%)	Ear yield (kg/rai)	Seed yield (kg/rai)
0 (Control)	94.90	68.30	361.19	71.98	1,276.0	918.4
1.0	102.81	74.55	383.72	72.54	1,382.3	1,002.3
1.5	88.55	63.62	337.31	71.86	1,190.6	855.5
2.0	97.37	71.60	349.12	73.53	1,309.2	962.7
Mean	95.91	69.52	357.84	72.48	1,289.5	934.7
$LSD_{0.05}$	ns*	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	4.7	5.1	4.3	0.9	4.7	5.1

*ns = not significant

ผลของระดับการพ่นแคลเซียมต่อการสะสมแคลเซียมในเมล็ด

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าปริมาณความเข้มข้นของแคลเซียมที่ฉีดพ่นแต่ละกรรมวิธีไม่มีผลต่อการสะสมปริมาณแคลเซียมในเมล็ดข้าวโพดก่อนทำการเก็บรักษาเมล็ด โดยเมล็ดที่ไม่ได้รับสารละลายแคลเซียม และได้รับสารละลายแคลเซียม 1.0 1.5 และ 2.0 มล./ล. มีปริมาณแคลเซียมสะสมเท่ากับ 0.73 0.85 0.72 และ 0.72 ก./น้ำหนักแห้ง 100 ก. **(Table 3)** ภายหลังการเก็บรักษานาน 6 เดือน พบว่าปริมาณแคลเซียมที่สะสมในเมล็ดที่ได้รับการพ่นแคลเซียมแต่ละกรรมวิธีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ แต่ไม่มีความแตกต่างกันระหว่างสภาพการเก็บรักษา **(Table 3)** โดยปริมาณแคลเซียมที่สะสมในเมล็ดหลังเก็บรักษามีค่าที่ลดลงจากก่อนการเก็บรักษา เมล็ดที่ได้รับสารละลายแคลเซียม 1.5 มล./ล. มีปริมาณการสะสมแคลเซียมในเมล็ดสูงสุดเฉลี่ยเท่ากับ 0.15 ก./น้ำหนักแห้ง 100 ก. เมล็ดที่ไม่ได้รับการพ่นแคลเซียมมีปริมาณการสะสมแคลเซียมในเมล็ดต่ำสุดเฉลี่ยเท่ากับ 0.07 ก./น้ำหนักแห้ง 100 ก. ส่วนเมล็ดที่ได้รับสารละลายแคลเซียม 1.0 และ 2.0 มล./ล. มีปริมาณการสะสมแคลเซียมในเมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 0.14 และ 0.13 ก./น้ำหนักแห้ง 100 ก. ตามลำดับ

Table 3 Calcium accumulated in seeds after harvest and storage for 6 months at different conditions

Calcium (ml/L)	Before storage	After storage 6 months	
		Room temperature	15 °C
	Calcium accumulated in seeds (g/100 g-seed dry wt.)		
0 (Control)	0.73	0.06 b	0.07 b
1.0	0.85	0.13 a	0.15 a
1.5	0.72	0.15 a	0.15 a
2.0	0.72	0.13 a	0.13 a
Mean	0.75	0.12	0.13
$LSD_{0.05}$	ns*	0.037	0.037
CV (%)	11.5	17.5	14.6

*ns = not significant; Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level by LSD test

ผลของสภาพการเก็บรักษาต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ได้รับการพ่นแคลเซียม

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่าระยะเวลาการเก็บรักษา และปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาร่วมกับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมมีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P<0.05) ก่อนเก็บรักษาเมล็ดที่ไม่ได้รับและได้รับสารละลายแคลเซียม 1.0 1.5 และ 2.0 มล./ล. มีความงอกเฉลี่ยเท่ากับ 98.3 97.7 97.3 และ 95.7 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ หลังการเก็บรักษานาน 6 เดือน พบว่าเมล็ดที่ได้รับสารละลายแคลเซียม 1.0 ซีซี/ล. มีความงอกเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 98.7 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่เมล็ดที่ไม่ได้รับสารละลายแคลเซียม มีความงอกเฉลี่ย เท่ากับ 98.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดที่ได้รับสารละลายแคลเซียม 1.5 และ 2.0 มล./ล. มีความงอกเฉลี่ย เท่ากับ 98.0 เปอร์เซ็นต์ **(Table 4)**

Table 4 Effect of storage conditions on germination of maize seed after applying different calcium levels

Storage condition	Calcium (ml/L)	Storage period (month)			
		0	2	4	6
		Germination (%)			
Room temperature	0 (Control)	98.3	99.3	98.3	98.7
	1.0	97.7	98.7	99.0	98.0
	1.5	97.3	98.3	98.7	98.0
	2.0	95.7	98.3	98.7	98.3
Room 15 ℃	0 (Control)	98.3	98.0	99.0	97.7
	1.0	97.7	98.3	99.3	99.3
	1.5	97.3	98.3	99.0	98.0
	2.0	95.7	98.0	98.7	97.7
Mean		97.3c	98.4ab	98.8a	98.2b
CV (%)			0.87		

*Means in each column followed by different letters indicate significant differences using least significant difference (LSD) at P<0.05

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนจากเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเพื่อบ่งชี้ความแข็งแรงของเมล็ด พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษา สภาพการเก็บรักษา และกรรมวิธีการพ่นสารละลายแคลเซียมมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน ก่อนการเก็บรักษาเมล็ดที่ได้รับสารละลายแคลเซียมทั้ง 4 กรรมวิธี มีความงอกที่ผ่านการเร่งอายุไม่แตกต่างกันเฉลี่ยเท่ากับ 91.1 เปอร์เซ็นต์ ถือว่ามีความแข็งแรงสูง เมื่อเปรียบเทียบกับความงอกมาตรฐานของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดควบคุม โดยมีความงอกไม่ต่ำกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2556) ที่อุณหภูมิห้อง หลังเก็บรักษาเมล็ดเป็นเวลา 4 เดือน เมล็ดทั้ง 4 กรรมวิธี มีความแข็งแรงปานกลาง โดยเมล็ดที่ได้รับสารละลายแคลเซียม 1.0 มล./ล. มีความงอกสูงสุดเท่ากับ 65.3 เปอร์เซ็นต์ และมีความงอกลดลงน้อยกว่า เมล็ดที่ไม่ได้รับสารละลายแคลเซียม มีความงอกเท่ากับ 58.7 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ดที่ได้รับสารละลายแคลเซียม 1.5 และ 2.0 มล./ล. มีความงอกเท่ากับ 61.3 และ 57.7 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ในขณะที่การเก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่า เมล็ดที่ได้รับสารละลายแคลเซียม 1.0 มล./ล. ยังคงมีความงอกสูงสุดเท่ากับ 81.7 เปอร์เซ็นต์ และมีความงอกลดลงน้อยกว่าเมล็ดที่ไม่ได้รับสารละลายแคลเซียม มีความงอกเท่ากับ 72.7 เปอร์เซ็นต์ ถือว่ามีความแข็งแรงสูง และเมล็ดที่ได้รับสารละลายแคลเซียม 1.5 และ 2.0 มล./ล. มีความงอกเท่ากับ 69.0 และ 66.7 เปอร์เซ็นต์ ถือว่าเมล็ดมีความแข็งแรงปานกลาง **(Table 5)** ที่อุณหภูมิห้อง หลังเก็บรักษาเมล็ดนาน 6 เดือน พบว่า เปอร์เซ็นต์ความงอกมีค่าลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมล็ดที่ได้รับสารละลายแคลเซียมทั้ง 4 กรรมวิธี พบว่า มีความแข็งแรงลดลงจากความแข็งแรงปานกลางสู่ความแข็งแรงต่ำ สภาพการเก็บรักษาจะส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ตลอดช่วงระยะเวลาการเก็บรักษา พบว่า เมล็ดที่ได้รับสารละลายแคลเซียม 1.5 มล./ล. มีความงอกสูงสุดเท่ากับ 27.3 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือเมล็ดที่ได้รับสารละลายแคลเซียม 1.0 และ 2.0 มล./ล. มีความงอกเท่ากับ 23.0 และ 23.7 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเมล็ดที่ไม่ได้รับสารละลายแคลเซียม มีความงอกเท่ากับ 20.0 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่การเก็บรักษาเมล็ดที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่า เมล็ดมีความแข็งแรงลดลงจากทั้งความแข็งแรงสูง และปานกลางสู่ความแข็งแรงต่ำ เมล็ดที่ได้รับสารละลายแคลเซียม 1.0 มล./ล. มีความงอกสูงสุดเท่ากับ 48.0 เปอร์เซ็นต์ เมล็ดที่ไม่ได้รับสารละลาย

แคลเซียม มีความงอกเท่ากับ 45.0 ส่วนเมล็ดที่ได้รับสารละลายแคลเซียม 1.5 และ 2.0 มล./ล. มีความงอกเท่ากับ 40.0 และ 30.3 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ

Table 5 Effect of storage conditions on germination by AA test of maize seed after applying different calcium levels

Storage condition	Calcium (ml/L)	Storage period (month)			
		0	2	4	6
		Germination (%) by AA test			
Room temperature	0 (Control)	93.7a	93.3a	58.7f	20.0k
	1.0	88.3ab	92.0a	65.3de	23.0jk
	1.5	91.7a	85.0ab	61.3ef	27.3ij
	2.0	90.7ab	92.0a	57.7f	23.7jk
Room 15 °C	0 (Control)	93.7a	92.0a	72.7c	45.0g
	1.0	88.3ab	93.7a	81.7b	48.0gh
	1.5	91.7a	89.7ab	69.0cd	40.0h
	2.0	90.7ab	93.0a	66.7cde	30.3i
CV (%)		4.14			

* Means followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level by LSD test

วิจารณ์

จากผลการทดลองพบว่า การพ่นสารละลายแคลเซียมระดับต่างกันไม่มีผลต่อผลผลิตและองค์ประกอบผลผลิต อย่างไรก็ตามมีแนวโน้มพบว่าข้าวโพดที่ได้รับการพ่นสารละลายแคลเซียม 1.0 มล./ล. ให้ผลผลิตของข้าวโพดสูงสุด ได้แก่ น้ำหนักฝัก และน้ำหนักเมล็ดต่อฝัก มีค่าเท่ากับ 102.81 ก. และ 74.55 ก. **(Table 2)** เมื่อฉีดพ่นแคลเซียมเข้าสู่ใบพืช พืชจะดูดดึงแคลเซียมมาใช้ในรูปของแคลเซียมอิออน (Ca^{2+}) ผ่านทางปากใบด้วยกระบวนการแพร่ (diffusion) โดยอาศัยความแตกต่างของความเข้มข้นเข้าสู่ช่องว่างระหว่างเซลล์จากเซลล์หนึ่งไปอีกเซลล์หนึ่ง และเป็นการเคลื่อนย้ายสารแบบไม่ใช้พลังงาน (passive transport) แล้วจึงดูดซึมผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ทางไซโทพลาซึม (cytoplasm) ที่เชื่อมต่อกัน และทะลุไปอีกเซลล์หนึ่งโดยผ่านทาง พลาสโมเดสมาตา (plasmodesmata) โดยการเคลื่อนย้ายแบบใช้พลังงาน (active transport) ซึ่งโดยปกติแคลเซียมกระจายอยู่ในผนังเซลล์ไซโตพลาสซึม (cytoplasm) เนื่องจากผนังเซลล์มีบริเวณที่เหมาะแก่การยึดเกาะของแคลเซียมมากจึงจำกัดการเคลื่อนย้ายของ Ca^{2+} ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์เข้าไปในเซลล์ (Marschner, 2012) และมักพบอยู่ในใบและลำต้นของพืช จากการทดลองของ Xu et al. (2013) ได้ทดลองพ่นสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) แก่หญ้าญี่ปุ่นในสภาพแล้ง พบว่าสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 10 มิลลิโมลาร์ ช่วยเพิ่มปริมาณคลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี และคลอโรฟิลล์เอบีให้สูงขึ้น และส่งผลให้หญ้าญี่ปุ่นสามารถเจริญเติบโตภายใต้สภาพแห้งแล้งได้ดี โดยเกิดจากความสัมพันธ์ระหว่าง source และ sink ที่มีการเคลื่อนย้ายอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์แสงจากใบใดใบหนึ่งซึ่งเป็น source ไปยังส่วนใดส่วนหนึ่งของต้นซึ่งเป็น sink เป็นกระบวนการที่ขึ้นอยู่กับระยะการเจริญและตำแหน่งของใบ โดยขนาดและปริมาณความต้องการของ sink จะมีอิทธิพลต่อการสังเคราะห์แสง อัตราและความเร็วของการลำเลียงอาหารจาก source ไปยัง sink ถ้าอาหารที่ถูกสังเคราะห์ขึ้นมิได้มีการเคลื่อนย้ายออกไป การสังเคราะห์แสงในใบนั้นจะ

ลดลงทันที แต่ถ้ามี sink ใหม่เกิดขึ้นการสังเคราะห์แสงของใบนั้นก็จะเพิ่มขึ้นได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการพ่นสารละลายแคลเซียม 1.0 มล./ล. ทำให้ผลผลิตฝักข้าวโพดต่อไร่มีน้ำหนักสูงสุดเท่ากับ 1,382.3 กก./ไร่ ในขณะที่ข้าวโพดที่ไม่ได้รับและได้รับการพ่นสารละลาย 0 1.5 และ 2.0 มล./ล. ให้ผลผลิตฝักข้าวโพดต่อไร่มีน้ำหนักเท่ากับ 1,190.6 – 1,309.2 กก./ไร่ ถึงแม้ว่าผลผลิตเมล็ดที่ได้จากการพ่นสารละลายแคลเซียมในแต่ละระดับจะไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อนำผลผลิตเมล็ดระหว่างการพ่นสารละลายแคลเซียม 1.0 มล./ล. เปรียบเทียบกับผลผลิตเมล็ดที่ไม่ได้รับสารละลายแคลเซียม พบว่า การพ่นสารละลายแคลเซียมสามารถเพิ่มน้ำหนักของผลผลิตเมล็ด 83.9 กก./ไร่ และทำให้ได้ผลตอบแทนที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น จึงเหมาะแก่การนำมาใช้เพื่อเพิ่มผลผลิตและรายได้ของเกษตรกร **(Table 2)** สอดคล้องกับงานทดลองของ Feagley and Fenn (1998) ซึ่งนำแคลเซียมที่ละลายน้ำได้มาใช้ร่วมกับไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียมทดลองพ่นให้กับต้นข้าวในกระถาง พบว่าน้ำหนักของเมล็ดข้าวเพิ่มสูงขึ้นตามระดับความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมที่เพิ่มขึ้น อีกทั้งยังสอดคล้องกับการทดลองของ Naeem et al. (2018) ที่พบว่าสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ไดไฮเดรต ($CaCl_2$ $2H_2O$) 40 มก./ล. มีประสิทธิภาพสามารถทำให้ต้นข้าวโพดมีความแข็งแรง นอกจากนี้ปริมาณสารละลายแคลเซียมที่เหมาะสมในพืชมีผลต่อองค์ประกอบผลผลิต และสามารถเพิ่มผลผลิตให้ดีขึ้นได้ อีกทั้งแคลเซียมมีส่วนในการเคลื่อนย้าย ตลอดจนเก็บรักษาคาร์โบไฮเดรตและโปรตีน โดยเฉพาะในระยะที่พืชกำลังสร้างเมล็ด (คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา, 2544)

อย่างไรก็ตามภายหลังการฉีดพ่นแคลเซียมแต่ละกรรมวิธีทำให้การสะสมแคลเซียมในเมล็ดข้าวโพดไม่แตกต่างกัน ข้าวโพดที่ได้รับการพ่นสารละลายแคลเซียม 1.0 มล./ล. มีปริมาณการสะสมแคลเซียมในเมล็ดสูงที่สุด 0.85 ก./น้ำหนักแห้ง 100 ก. **(Table 3)** สอดคล้องกับการทดลองของ Chishaki et al. (2007) พบว่าหลังหยดสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$) เข้มข้น 0.07 มิลลิโมล/ล. ตรงบริเวณข้อใบของต้นถั่วปากอ้า พบว่าแคลเซียมมีการเคลื่อนย้ายไปสะสมภายในเมล็ด 8.43 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งยังสอดคล้องกับสมมุติฐานของ Kumar et al. (2014) กล่าวถึงกระบวนการเคลื่อนย้ายสารละลายแคลเซียมเข้าสู่ภายในเมล็ด ที่เคลื่อนย้ายผ่านท่อลำเลียงน้ำเข้าสู่เซลล์โดยผ่านเนื้อเยื่อของก้านดอก และเคลื่อนเข้าสู่เยื่อหุ้มเมล็ด โดยมีการดึงสารละลายแคลเซียมแบบอะโพพลาสต์ (apoplast) ที่ผ่านจากเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่ง และผ่านทางช่องว่างระหว่างผนังเซลล์ในชั้นคอร์เท็กซ์ (cortex) จากเยื่อหุ้มเมล็ด โดยผนังเซลล์ชั้นแอลิวโรน และเซลล์เอนโดเดอร์มา (endoderma cell) จะดูดซับสารละลายแคลเซียมไว้ จากนั้นจะเคลื่อนย้ายจากเยื่อหุ้มเมล็ดไปยังเนื้อเยื่อบริเวณคัพภะ เนื่องจากไม่มีจุดเชื่อมต่อจากท่อลำเลียงที่เห็นได้อย่างชัดเจน (Wolswinkel et al., 1992) นอกจากนี้ยังพบว่าเยื่อหุ้มเมล็ดเป็นเยื่อหุ้มหลักสำหรับการสะสมแคลเซียมตามการสะสมของชั้นแอลิวโรน (aleurone layer) และเอนโดสเปิร์ม (Nath et al., 2013) เมื่อแคลเซียมเคลื่อนย้ายเข้าสู่ภายในเมล็ดจะถูกเก็บสะสมอยู่ภายในออร์แกนแนลของเซลล์ ได้แก่ แวคิวโอล และเอนโดพลาสมิคเรติคูลัม (endoplasmic reticulum) โดยแวคิวโอลสามารถสะสมแคลเซียมได้มากถึง 80 เปอร์เซ็นต์ (Pittman, 2011) ส่วนในเมล็ดข้าวโพดพบว่า มีไฟติน (phytin) เป็นแหล่งสำคัญของธาตุแคลเซียมและมีการสะสมปริมาณมากในส่วนคัพภะ ซึ่งมีบทบาทขณะที่เมล็ดเกิดกระบวนการงอกโดยไฟตินจะถูกย่อยและปลดปล่อยสารประกอบฟอสฟอรัสเพื่อสังเคราะห์สารตัวอื่นที่ยึดติดอยู่กับฟอสฟอรัส โดยเอนไซม์ไฟเตส (phytase) และฟอสฟาเตส (phosphatase) ทำให้มีการเจริญเติบโตของคัพภะเกิดขึ้น (Copeland and McDonald, 1985) นอกจากนี้ยังพบว่ามีการสะสมกรดไฟติก (phytic acid) บริเวณชั้นแอลิวโรน ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ในเมล็ดข้าวโพดที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา หากในเมล็ดมีปริมาณแคลเซียมที่มากพอ จะช่วยส่งเสริมการงอกของเมล็ดให้ดีขึ้นได้ เนื่องจากแคลเซียมเป็นโคแฟคเตอร์ของเอนไซม์แอลฟา-อะไมเลสซึ่งถูกสังเคราะห์ขึ้นที่บริเวณชั้นแอลิวโรน ทำหน้าที่ในการย่อยแป้งที่สะสมในส่วนสะสมอาหารหรือเอนโดสเปิร์มของเมล็ดให้มีโมเลกุลขนาดเล็กลงเพื่อใช้ต่อไปในขบวนการทางชีวเคมีที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการงอก (ยงยุทธ, 2543) ซึ่งการให้สารละลายแคลเซียมด้วยการพ่นทางใบสามารถเพิ่มปริมาณแคลเซียมให้กับพืชได้ทันที ปริมาณแคลเซียมที่สะสมในเมล็ดโดยเฉพาะเมล็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มช่วยลดการเสื่อม

คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดได้ เนื่องจากอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ถ้าเก็บรักษาเมล็ดไว้ในอุณหภูมิต่ำจะทำให้เมล็ดพันธุ์ลดการหายใจและลดการสะสมความร้อนภายในกองเมล็ด ชะลอการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดไม่ให้เกิดการสูญเสียอย่างรวดเร็ว ในขณะที่แคลเซียมมีคุณสมบัติช่วยรักษาสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแม้ว่าภายหลังการเก็บรักษานาน 6 เดือน เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดทั้ง 4 กรรมวิธีมีค่าลดลง แต่ความงอกยังคงอยู่ในมาตรฐานของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดควบคุม ซึ่งกำหนดไว้ให้มีความงอกไม่ต่ำกว่า 75 เปอร์เซ็นต์ โดยคุณภาพของเมล็ดพันธุ์นั้นเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ เมื่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เริ่มต้นมีค่าสูงก็จะทำให้มีความสามารถในการเก็บรักษาสูงไปด้วย (วันชัย, 2542) เมื่อพิจารณาความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเร่งอายุเพื่อบ่งชี้ความแข็งแรงของเมล็ดพบว่า เมล็ดที่ได้รับสารละลายแคลเซียม 1.0 มล./ล. มีความงอกก่อนการเก็บรักษา 88 เปอร์เซ็นต์และเพิ่มขึ้นภายหลังการเก็บรักษาทั้ง 2 สภาพ เนื่องจากซลล์เมมเบรนมีการจัดเรียงตัวแบบไม่เป็นระเบียบและเสียหายเนื่องจากการลดความชื้นอย่างรวดเร็วหลังเก็บเกี่ยวซึ่งส่งต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ด (Cordova-Tellez and Burris, 2002) ภายหลังเก็บรักษานาน 4 เดือน ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส พบว่าเมล็ดที่ได้รับสารละลายแคลเซียม 1.0 มล./ล. ยังคงมีความงอกสูงสุดและมีความงอกลดลงน้อยกว่าเมล็ดที่ไม่ได้รับสารละลายแคลเซียม ซึ่งถือว่ามีความแข็งแรงสูง ส่วนเมล็ดที่ได้รับสารละลายแคลเซียม 1.5 และ 2.0 มล./ล. มีความงอกที่ถือว่าเมล็ดมีความแข็งแรงปานกลาง เมล็ดคงความแข็งแรงไว้ได้เพราะมีปริมาณแคลเซียมสะสมภายในเมล็ดที่ช่วยรักษาการเสื่อมสภาพของเยื่อหุ้มเซลล์ เมล็ดพันธุ์ที่เก็บไว้ในอุณหภูมิห้องมีแนวโน้มที่จะลดความมีชีวิต และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ได้เร็วกว่าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำ ระยะเวลาการเก็บรักษาส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ได้การฉีดพ่นแคลเซียมทุกระดับและจากการเก็บรักษาทุกสภาพ สอดคล้องกับการทดลองของขวัญจิตร และคณะ (2554) ที่ทำการทดสอบดัชนีความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน โดยเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าดัชนีความงอกของเมล็ดที่แสดงถึงความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์มีค่าลดลงตามระยะเวลาที่เก็บรักษา นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับการทดลองของ Shah et al. (2002) ซึ่งทำการทดสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด โดยหลังเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน พบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความงอกเฉลี่ยลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งคุณภาพดังกล่าวเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเก็บคุณภาพ ของเมล็ดพันธุ์เริ่มต้นและสภาพบรรยากาศในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์

สรุป

การผลิตข้าวโพดลูกผสมสายพันธุ์พี 3582 โดยการพ่นสารละลายแคลเซียม พบว่าระดับความเข้มข้นของแคลเซียมไม่มีผลต่อองค์ประกอบผลผลิตของข้าวโพด ความงอกของเมล็ดพันธุ์เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่า ปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษา และความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมมีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดที่ได้รับสารละลายแคลเซียม 1.0 มล./ล. สามารถคงความงอกไว้ได้มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ส่วนความแข็งแรงของเมล็ด พบปฏิสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษา สภาพการเก็บรักษา และความเข้มข้นของสารละลายแคลเซียมที่แตกต่างกันมีผลต่อความงอกของเมล็ดอย่างมีนัยสำคัญ โดยเมล็ดเริ่มมีความแข็งแรงลดลง เมื่อเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องนาน 4 เดือน ในขณะที่เมล็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส ยังคงความแข็งแรงไว้ได้สูงกว่า และหลังเก็บรักษาเมล็ดเป็นเวลา 6 เดือน พบว่า เมล็ดมีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ดังนั้นสภาพการเก็บรักษาเมล็ดมีผลต่อความแข็งแรงของเมล็ด การเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์จากต้นที่ได้รับการพ่นแคลเซียมและนำมาเก็บรักษาไว้ที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส สามารถชะลอการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดได้

คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนด้านเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดสายพันธุ์แท้จาก บริษัท ไพโอเนีย ไฮ-เบรด (ไทยแลนด์) จำกัด

เอกสารอ้างอิง

ขวัญจิตร สันติประชา, วัลลภ สันติประชา และพรทิพย์ สุวรรณศีรี. 2554. ความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมที่สัมพันธ์กับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ การเจริญเติบโต และผลผลิตของข้าวโพดหวาน. รายงานวิจัยภาคสมบูรณ์. ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

คณาจารย์ภาควิชาปฐพีวิทยา. 2544. ปฐพีวิทยาเบื้องต้น. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2556. กำหนดมาตรฐานคุณภาพและวิธีการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ควบคุม พ.ศ. 2556. ราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 130 ตอนพิเศษ 58ง ลงวันที่ 14 พฤษภาคม 2556.

ยงยุทธ โอสถสภา. 2543. ธาตุอาหารพืช. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2542. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Abbas, M., H. Abdel-Lattif, and M. Shahba. 2021. Ameliorative effects of calcium sprays on yield and grain nutritional composition of maize (*Zea mays* L.) cultivars under drought stress. Agriculture. 11(285): 1-13.

Chishaki, N., K. Yuda, and S. Inanaga. 2007. Differences in mobility of calcium applied to the aboveground parts of broad bean plants (*Vicia faba* L.). Soil science and plant nutrition. 53(3): 286 - 288.

Copeland, L.O., and M.B. McDonald. 1985. Principle of seed science and technology. 2nd ed. Macmillan Publishing, New York.

Cordova-Tellez, L., and J.S. Burris. 2002. Alignment of lipid bodies along the plasma membrane during the acquisition of desiccation tolerance in maize seed. Crop Science. 42(6): 1982-1988.

Edward, A.H. 1998. Element determination by atomic absorption spectrophotometry. pp. 157-164. In: Kalra, Y. P. (eds.). Handbook of reference methods for plant analysis. Boca Raton.

Feagley, S.E., and L.B. Fenn. 1998. Using soluble calcium to stimulate plant growth. Agrilife extention Texas A&M system. L-5212: 1-4.

ISTA (International Seed Testing Association). 1995. Handbook of vigour test methods. Zurich, Switzerland.

ISTA (International Seed Testing Association). 2019. International rules for seed testing. Zurich, Switzerland.

Kumar, A., U.M. Singh, M. Manohar, and V.S. Gaur. 2014. Calcium transport from source to sink understanding the mechanism(s) of acquisition, translocation, and accumulation for crop biofortification. Acta Physiologiae Plantarum. 37(1): 1-14.

Marschner, H. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3rd ed. Elsevier Publishing, United Kingdom.

Naeem, M., M.S. Naeem., R. Ahmad, M.Z. Ihsan, M.Y. Ashraf, Y. Hussain, and S. Fahad. 2018. Foliar calcium spray confers drought stress tolerance in maize via modulation of plant growth, water relations, proline content and hydrogen peroxide activity. Archives of Agronomy and Soil Science. 64 (1): 116-131.

Nath, M., P. Roy, A. Shukla, and A. Kumar. 2013. Spatial distribution and accumulation of calcium in different tissues, developing spikes and seeds of finger millet genotypes. Journal Plant Nutrition. 36(4): 539–550.

Pittman, J.K. 2011. Vacuolar Ca^{2+} uptake. Cell Calcium. 50(2): 139–146.

Shah, F.S., C.E. Watson, and E.R. Cabrera. 2002. Seed vigor testing of subtropical corn hybrids. Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station. 23(2): 1-5.

Wolswinkel, P., A. Ammerlaan, and J. Koerselman-Kooij. 1992. Effect of the osmotic environment on K^+ and Mg^{2+} release from the seed coat and cotyledons of developing seeds of *Vicia faba* and *Pisum sativum*: Evidence for a stimulation of efflux from the vacuole at high cell turgor. Journal of Experimental Botany. 43: 681-693.

Xu, C., X. Li, and L. Zhang. 2013. The effect of calcium chloride on growth, photosynthesis, and antioxidant responses of *Zoysia japonica* under drought conditions. PLOS ONE. 8(7): 1-10.