อิทธิพลของการเคลือบเมล็ดด้วย Captan และ Metalaxyl หลังผ่านการทำไพรม์มิ่งต่อความงอก การเจริญเติบโตของต้นกล้า และอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

The influence of seed coating with Captan and Metalaxyl after primed seed on germination, seedling growth and longevity of field corn seeds

จักรพงษ์ กางโสภา* และ เพชรรัตน์ จี้เพชร

Jakkrapong Kangsopa* and Phetcarat Jeephet

สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

Division of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290

* Corresponding author: jakkrapong_ks@mju.ac.th

(Received: 29 April 2020; Revised: 24 May 2020; Accepted: 25 August 2020)

Abstract

Currently, maize is a crop type that is in high demands for producing animal feeds. However, maize cultivation often has problems with low germination and seed vigor. This is the result of an ineffective post-planting process and improper storage which leads to seed deterioration. This experiment aims to study the results of seeds coated with Captan and Metalaxyl after the seed priming process. The changes in germination and growth of maize seedlings after the storage process were also monitored. The experiment was conducted at the Seed Technology Laboratory, Faculty of Agricultural Production, Maejo University. The experiment results are as follows. When tested in a laboratory condition, maize seeds coated with 0.5 g.ai. of Captan and Metalaxyl did not have decreased germination rate and vigor after stored for four months when compared to non-coated. Nevertheless, when tested in the greenhouse, it was found that after storing the seeds for three months, the differences of the germination and speed of germination were not statistically significant. At the same time, after stored for four months, seeds coated with 0.5 g.ai. of Metalaxyl had better germination and higher speed of germination compared

to those coated with Captan, but the differences were not statistically different. Furthermore, when looking at changes in seedling growth, it was found that after four months of seed storage, seeds coated with 0.5 g.ai. of Captan and Metalaxyl had better shoot lengths and shoot fresh weight and the differences were statistically significant when compared to non-coated, when tested both in the laboratory and greenhouse conditions. Regarding the shoot length, when tested in the greenhouse, it was found that after the 4 months storage, all methods of seed coating did not result in the difference of shoot length which was also not statistically significant compared to non-coated.
Keywords: Seed conditioning, seed priming, seed quality, fungicide

บทคัดย่อ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชที่มีความต้องการใช้มากในปัจจุบันเพื่อใช้ในการแปรรูปเป็นพืชอาหารสัตว์ แต่ในการเพาะปลูกมักประสบปัญหากับความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ที่ต่ำ เป็นผลกระทบที่มาจากกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่มีประสิทธิภาพ และการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม ทำให้เมล็ดพันธุ์มีการเสื่อมสภาพได้ง่าย งานทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเคลือบเมล็ดด้วย Captan และ Metalaxyl ที่ผ่านการทำไพรม์มิ่งและติดตามการเปลี่ยนแปลงความงอก การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังผ่านการเก็บรักษา โดยทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ มีผลการทดลองดังนี้ การเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดด้วย Captan และ Metalaxyl ที่อัตรา 0.5 g.ai. ไม่ทำให้คุณภาพความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลงตลอดการเก็บรักษานาน 4 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ แต่เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้วนาน 3 เดือน ความงอกและความเร็วในการงอกยังคงไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่การเคลือบเมล็ดด้วย Metalaxyl อัตรา 0.5 g.ai. มีความงอกและความเร็วในการงอกดีกว่าการเคลือบเมล็ดด้วย Captan และไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อผ่านการเก็บรักษาไปแล้วนาน 4 เดือน เมื่อตรวจสอบการเปลี่ยนการเจริญเติบโตของต้นกล้าพบว่า หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้วนาน 4 เดือน การเคลือบเมล็ดด้วย Captan และ Metalaxyl ที่อัตรา 0.5 g.ai. ยังคงมีความยาวต้นและน้ำหนักสดลำต้นดีกว่า และแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบเมื่อตรวจสอบทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง ส่วนความยาวรากเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 4 เดือน การเคลือบเมล็ดทุกวิธีการไม่ทำให้ความยาวรากต้นกล้ามีความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ
คำสำคัญ: การปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ การไพรม์เมล็ดพันธุ์ คุณภาพเมล็ดพันธุ์ สารเคมีป้องกันเชื้อรา

คำนำ

ในปัจจุบันข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้นถือได้ว่าเป็นพืชที่มีความสำคัญเป็นอย่างมากในด้านการนำมาแปรรูปเป็นอาหารสัตว์ โดยมีความต้องการที่เพิ่มสูงมากขึ้นจาก 7.89 ล้านตันเป็น 8.08 ล้านตัน ซึ่งผลผลิตที่ผลิตออกมาได้นั้นยังไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ภายในประเทศ (สมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ไทย, 2561) ในด้านการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์นั้นกำลังประสบปัญหาการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งส่งผลกระทบเป็นอย่างมากต่อการเพาะปลูก ทำให้ผลผลิตที่ได้มีปริมาณลดลง รวมถึงการสูญเสียเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพในระหว่างการเพาะปลูก ทำให้เกษตรกรสูญเสียรายได้เป็นจำนวนมาก ซึ่งการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดมีสาเหตุหลักมาจากกระบวนการหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่ได้มาตรฐาน หรือผลกระทบจากระยะเวลาของการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ อีกทั้งปัญหาการเข้าทำลายของโรคและแมลง จึงเป็นสาเหตุสำคัญทำให้คุณภาพก่อนการปลูกและหลังการปลูกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดมีประสิทธิภาพการใช้ประโยชน์ลดลง

จากปัญหาดังกล่าว จึงได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการไพรม์และการเคลือบเมล็ดมาใช้ยกระดับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด โดยวิธีการไพรม์เมล็ดพันธุ์เป็นหนึ่งในวิธีการที่สามารถยกระดับการเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์ได้ โดยจะทำให้เมล็ดพันธุ์สามารถงอกได้รวดเร็วขึ้น สม่ำเสมอ ต้นกล้ามีพัฒนาการที่ดีขึ้น และสามารถเพิ่มผลผลิตที่มากขึ้นจากเดิม (บุญมี, 2558; Dutta, 2018; Waqas *et al*., 2019) โดยวิธีการไพรม์เมล็ดพันธุ์จะส่งผลกระตุ้นให้เกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของเมล็ดพันธุ์ และไปทำให้เกิดพลังงานเพิ่มมากขึ้นจากกระบวนการหายใจ และการไพรม์เมล็ดพันธุ์จะช่วยให้เมล็ดมีความพร้อมในการงอกในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม โดยการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ การเตรียมการงอกเมล็ดเป็นวิธีการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทางสรีรวิทยา โดยให้เมล็ดดูดน้ำเพื่อกระตุ้นการงอก แต่ยังไม่ถึงระดับที่ทำให้รากงอก (นภาพร และพีระยศ, 2561) อย่างไรก็ตาม การไพรม์เมล็ดพันธุ์สามารถช่วยให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์ดีได้ระยะหนึ่ง เมล็ดพันธุ์ก็จะกลับมาเสื่อมคุณภาพอีกครั้งจากปัจจัยสภาพแวดล้อมของความชื้นและอุณหภูมิที่ไม่เหมาะสม (บุญมี, 2558) จากปัญหาดังกล่าว การนำวิธีการเคลือบเมล็ดพันธุ์มาประยุกต์ใช้ร่วมกับวิธีการไพรม์เมล็ดพันธุ์จะเป็นการปกป้องเมล็ดพันธุ์จากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมซึ่งเป็นตัวเร่งให้เมล็ดพันธุ์เกิดการเสื่อมคุณภาพ อีกทั้งการเคลือบเมล็ดยังสามารถนำพาสารออกฤทธิ์ให้ติดไปกับเมล็ดพันธุ์และในระยะต้นกล้าได้ จากกระบวนการเตรียมความงอกให้กับเมล็ดพันธุ์โดยวิธีการไพรม์มิ่งและการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อรา ยังคงมีความจำเป็นต้องศึกษาการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังผ่านการปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการนำไปศึกษาการป้องกันการเกิดโรคกับเมล็ดและต้นกล้าหลังการเพาะปลูก

ดังนั้น งานทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเคลือบเมล็ดด้วย Captan และ Metalaxyl ที่ผ่านการทำไพรม์มิ่งและติดตามการเปลี่ยนแปลงความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังผ่านการเก็บรักษานาน 4 เดือน เพื่อเป็นหนึ่งในวิธีการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ การป้องกันโรคในระยะต้นกล้า ซึ่งจะส่งผลในการเพิ่มผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้มีคุณภาพเพิ่มสูงขึ้น

อุปกรณ์และวิธีการ

การทดลองนี้ใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายพันธุ์ MJU 63-1 ดำเนินการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ระหว่างเดือน กรกฎาคม 2562 – มีนาคม 2563 ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 2 ขั้นตอนการทดลอง ดังต่อไปนี้

1. การไพรม์เมล็ดพันธุ์

การไพรม์เมล็ดพันธุ์ทำโดย นำเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไปแช่ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 0.4% ในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการไพรม์มาล้างด้วยน้ำเปล่า โดยให้เมล็ดถูกน้ำไหลผ่านเป็นเวลา 2 นาที หลังจากนั้นซับน้ำที่ผิวเมล็ด และนำไปลดความชื้นในสภาพอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จนความชื้นเมล็ดเท่ากับความชื้นเริ่มต้น (7%)

2. การศึกษาอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ หลังผ่านการเคลือบเมล็ดด้วย Captan และ Metalaxyl หลังผ่านการไพรม์เมล็ด

นำเมล็ดที่ผ่านการไพรม์จากหัวข้อที่ 1. มาผ่านกรรมวิธีการเคลือบเมล็ด โดยใช้ Carboxylmethyl cellulose (CMC) ที่อัตรา 0.1 กรัม เป็นสารเคลือบแล้วนำมาผสมร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อรา 2 ชนิด คือ Captan และ Metalaxyl โดยมีกรรมวิธีการทดลองดังนี้ เมล็ดไม่เคลือบ T1), การเคลือบเมล็ดที่ผ่านการไพรม์ด้วยพอลิเมอร์เพียงอย่างเดียว T2), เมล็ดที่ผ่านการไพรม์แล้วเคลือบด้วย Captan อัตรา 0.5 g.ai. T3) และเมล็ดที่ผ่านการไพรม์แล้วเคลือบด้วย Metalaxyl อัตรา 0.5 g.ai. T4) ตามการแสดงในตารางที่ 1 (Table 1) จากนั้นนำเมล็ดที่ผ่านการเคลือบไปลดความชื้นในสภาพอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จนความชื้นเมล็ดเท่ากับความชื้นเริ่มต้น (7%) แล้วแบ่งเมล็ดออกเป็น 2 ส่วน โดยส่วนแรกนำไปตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังเคลือบเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการและในสภาพเรือนทดลอง ส่วนที่ 2 นำไปเก็บรักษาในสภาพห้องควบคุมสภาพแวดล้อมในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 75% จากนั้นทำการสุ่มเมล็ดพันธุ์ทุกๆ 1 เดือน เป็นระยะเวลา 4 เดือน มาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่างๆ ทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและในสภาพเรือนทดลอง

Table 1 Show seed coating formulation of field corn seed after primed seeds.

Coating substance	Seed coating formulation			
	T1	T2	T3	T4
Carboxylmethyl cellulose (CMC) (g)	-	0.1	0.1	0.1
Captan (g.ai.)	-	-	0.5	-
Metalaxyl (g.ai.)	-	-	-	0.5
Water (ml)	-	99.9	99.4	99.4

3. การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์

3.1 การตรวจสอบความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการ สุ่มเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการเคลือบและไม่เคลือบเมล็ดจำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด มาทดสอบความงอกโดยวิธี Between paper (BP) จากนั้นนำไปไว้ในตู้เพาะความงอกอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แล้วตรวจนับจำนวนเมล็ดพันธุ์ที่งอกเป็นต้นกล้าปกติในวันที่ 4 และวันที่ 7 (ISTA, 2018) จากนั้นนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

3.2 การตรวจสอบความงอกในสภาพเรือนทดลอง สุ่มเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการเคลือบและไม่เคลือบจำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด มาทดสอบความงอกในถาดหลุม ซึ่งใช้พีทมอส (peat moss) เป็นวัสดุเพาะเมล็ด ตรวจนับจำนวนเมล็ดพันธุ์ที่งอกเป็นต้นกล้าปกติในวันที่ 4 และวันที่ 7 โดยทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ในทุกกรรมวิธี ในสภาพเรือนทดลอง (ISTA, 2018) จากนั้นนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

3.3 การตรวจสอบความเร็วในการงอกในสภาพห้องปฏิบัติการและในสภาพเรือนทดลอง ดำเนินการตรวจนับจำนวนเมล็ดพันธุ์ที่สามารถงอกเป็นต้นกล้าปกติในทุกๆ วัน ตั้งแต่เริ่มเพาะครั้งแรกที่ 4 วัน จนถึงวันที่ 7 หลังเพาะ จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอกของต้นกล้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

3.4 การตรวจสอบความยาวต้นและความยาวรากในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยสุ่มต้นกล้าปกติที่อายุ 7 วันหลังเพาะ ทำ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น การตรวจวัดความยาวต้น โดยวัดตั้งแต่ส่วนรอยต่อของต้นกับรากไปจนถึงปลายสุดใบจริง (foliage leaf) ส่วนความยาวราก วัดจากบริเวณปลายรากจนถึงบริเวณข้อต่อระหว่างส่วนรากและลำต้นของต้นกล้า (Baki and Anderson, 1973) และการประเมินความยาวต้นกล้าทั้งหมด ตรวจวัดตั้งแต่ปลายรากไปจนจนถึงปลายสุดใบจริง ส่วนการตรวจสอบความยาวต้นในสภาพเรือนทดลอง วัดจากบริเวณข้อต่อต้นและรากไปจนถึงปลายสุดใบจริง (foliage leaf) ใช้หน่วยเป็นเซนติเมตร

3.5 การตรวจสอบน้ำหนักสดต้นกล้าและน้ำหนักสดลำต้น การตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ นำต้นกล้าที่มีส่วนของลำต้นและรากมาชั่งน้ำหนักสดเป็นน้ำหนักสดของต้นกล้า ส่วนการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง นำส่วนของลำต้นของต้นกล้ามาทำการตรวจสอบน้ำหนักสด ทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยใช้หน่วยเป็นมิลลิกรัม

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังผ่านการเก็บรักษาตามลักษณะต่างๆ ใช้แผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยแปลงข้อมูลเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ เพื่อวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้วิธี Arcsine transformation และเปอร์เซ็นต์เมื่อข้อมูลมีค่าเป็น 0 มีการแปลงค่าโดยวิธี square และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Least Significant Difference (LSD) วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติสำเร็จรูป

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. การประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในสภาพห้องปฏิบัติการ

หลังจากการเคลือบเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยวิธีแตกต่างกัน แล้วนำไปเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เป็นเวลา 4 เดือน จากนั้นสุ่มนำมาตรวจสอบคุณภาพ

เมล็ดพันธุ์ทุกๆ 1 เดือน ผลการทดลองเมื่อตรวจสอบความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า การเคลือบเมล็ดที่ผ่านการทำไพรม์มิ่งทุกวิธีการไม่มีผลทำให้เมล็ดมีความงอกแตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 4 เดือน ส่วนการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 3 เดือน การเคลือบเมล็ดทุกวิธีการยังคงมีความงอกของเมล็ดพันธุ์ไม่แตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาการเก็บรักษาในเดือนที่ 4 พบว่า การเคลือบเมล็ดด้วยสารเคลือบเพียงอย่างเดียว ทำให้เมล็ดมีความงอกดีที่สุดและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ (Table 2) จากนั้นตรวจสอบความเร็วในการงอกในสภาพห้องปฏิบัติการยังคงพบว่า เมล็ดไม่เคลือบและการเคลือบเมล็ดทุกกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติของความเร็วในการงอกตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 4 เดือน ส่วนการประเมินความเร็วในการงอกหลังการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่าตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 3 เดือน ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติของความเร็วในการงอก แต่เมื่อตรวจสอบในเดือนที่ 4 พบว่า การเคลือบเมล็ดด้วยสารเคลือบเพียงอย่างเดียว และการเคลือบเมล็ดด้วย Metalaxyl อัตรา 0.5 g.ai. ทำให้เมล็ดมีความเร็วในการงอกดีกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ผ่านการเคลือบร่วมกับ Captan อัตรา 0.5 g.ai. แต่ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ (Table 3)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การเคลือบเมล็ดร่วมกับ Captan และ Metalaxyl ไม่ทำให้คุณภาพความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลง ซึ่งไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติตลอดระยะเวลาการเก็บรักษาในสภาพห้องปฏิบัติการนาน 4 เดือน เช่นเดียวกันกับการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองตลอดระยะเวลา 3 เดือน การเคลือบเมล็ดทุกวิธีการไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติของความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แต่การเคลือบเมล็ดร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อราทั้ง 2 ชนิด เริ่มมีแนวโน้มทำให้คุณภาพของเมล็ดลดลงหลังผ่านการเก็บรักษานาน 4 เดือน ทั้งนี้เนื่องจาก Captan เป็นกลุ่มสารเคมีชนิดออกฤทธิ์ประเภทสัมผัส โดยออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตและการสร้างสปอร์ของเชื้อราโดยตรง (พิสุทธิ์, 2550) จากการใช้ Captan เคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์โดยตรงอาจส่งผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทั้งหลังการเคลือบและการเก็บรักษาโดยเฉพาะการใช้ Captan ในปริมาณความเข้มข้นสูง ยิ่งจะส่งผลต่อคุณภาพความงอกของเมล็ดพันธุ์มากขึ้น อย่างไรก็ตาม การใช้ Captan สำหรับเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในอัตรา 0.5 g.ai. จะไม่มีผลเสียหายต่อคุณภาพความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์หลังการเคลือบและหลังการเก็บรักษานาน 4 เดือนเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและนาน 2 เดือนเมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง อีกทั้ง Captan เป็นสารออกฤทธิ์ประเภทสัมผัสเมื่อใช้ในอัตราที่ไม่เหมาะสมจะมีผลกระทบต่อการเคลื่อนย้ายคาร์โบไฮเดรต (Petit *et al*., 2012) ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานในกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์

ส่วนการเคลือบเมล็ดด้วยพันธุ์ Metalaxyl แสดงให้เห็นว่าเมื่อเมล็ดถูกเก็บรักษาเป็นเวลานานอาจมีผลทำให้เมล็ดดูดซึม Metalaxyl เข้าไปภายในเมล็ดผ่านความชื้น จึงทำให้เมล็ดมีความเสียหายจากสารเคมีได้เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลานาน

จึงทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพ โดยจะไปมีผลต่อการสังเคราะห์ปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดลดลงในกระบวนการงอก เนื่องจากมีการเพิ่มขึ้นของปริมาณกรดไขมันอิสระ (free fatty acids) มีส่วนในการทำลายผนังเมมเบรน เช่น กระบวนการ peroxidation และกรดไขมันอิสระยังทำให้โครงสร้างของไมโทคอนเดรีย (mitochondria) ผิดปกติ แล้วยังกระทบกระเทือนต่อกระบวนการหายใจของเซลล์ด้วย (Priestley, 1986) นอกจากนี้พบรายงานการใช้ Metalaxyl ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ชนิดอื่น ยกตัวอย่างการรายงานของ Keawkham *et al*. (2014) พบว่าการเคลือบเมล็ดพันธุ์แตงกวาด้วย Metalaxyl อัตรา 1 และ 2 เท่า มีผลทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์แตงกวาลดลงจากเดิม 4% ทั้ง 2 อัตรา ส่วน วรรณวิไล และคณะ (2544) พบว่าการคลุกเมล็ดด้วย Metalaxyl อัตรา 0.1% โดยน้ำหนัก สามารถควบคุมโรคเน่าระดับดินสาเหตุจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ได้โดยไม่มีผลต่อคุณภาพการงอกของเมล็ด ดังนั้นจากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้วนาน 4 เดือน การเคลือบเมล็ดร่วมกับ Metalaxyl ยังคงมีความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ดีมากกว่าการเคลือบเมล็ดด้วย Captan

Table 2 Germination percentage (%) of coated field corn seeds in laboratory and greenhouse conditions tests following storage under controlled condition.

Treatment[1]	Laboratory condition				Greenhouse condition			
	Storage period (months)							
	1	2	3	4	1	2	3	4
T1	99[2]	99	99	97	99	99	96	94 bc[3]
T2	98	99	98	97	99	99	99	97 a
T3	99	99	98	98	99	99	79	93 c
T4	98	99	99	97	97	97	96	95 b
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
CV.(%)	6.92	5.50	5.99	8.09	6.27	5.49	16.76	2.06

ns, **: Not significantly difference, significantly different at P≤0.01 respectively.

[1] T1 = Untreated, T2 = coating with CMC, T3 = coating with captan 0.5 g.ai., T4 = coating with metalaxyl 0.5 g.ai.,

[2] Data are transformed by the arcsine before statistical analysis and back transformed data are presented.

[3] Means within a column followed by the same letter are not significantly at P≤0.05 by DMRT.

Table 3 Speed of germination (plant/day) of coated field corn seeds in laboratory and greenhouse conditions tests following storage under controlled condition.

Treatment[1]	Laboratory condition				Greenhouse condition			
	Storage period (months)							
	1	2	3	4	1	2	3	4
T1	24.67	24.83	24.67	24.27	24.51	24.51	22.42	23.30 ab[2]
T2	24.44	24.61	24.50	24.33	24.80	24.80	23.64	23.86 a
T3	24.67	24.61	24.50	24.50	24.77	24.77	19.18	22.63 b
T4	24.50	24.63	24.60	24.26	24.30	24.30	23.17	23.53 a
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
CV.(%)	2.04	1.18	1.59	2.98	2.0	3.23	18.87	1.77

ns, **: Not significantly difference, significantly different at P≤0.01 respectively.

[1] T1 = Untreated, T2 = coating with CMC, T3 = coating with captan 0.5 g.ai., T4 = coating with metalaxyl 0.5 g.ai.,

[2] Means within a column followed by the same letter are not significantly at P≤0.05 by DMRT.

2. การเปลี่ยนแปลงทางด้านการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

เมื่อตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงทางด้านการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า หลังผ่านการเก็บรักษานาน 2 เดือน การเคลือบเมล็ดทุกวิธีการไม่ทำให้ความยาวของต้นกล้ามีความแตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ แต่เมื่อผ่านการเก็บรักษาไปแล้วนาน 3 และ 4 เดือนพบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย Captan อัตรา 0.5 g.ai. และ Metalaxyl อัตรา 0.5 g.ai. ทำให้ต้นกล้ามีความยาวลำต้นดีมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับการเคลือบเมล็ดเพียงอย่างเดียวและเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ ส่วนการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า การตรวจสอบความยาวของลำต้นต้นกล้าตลอดการเก็บรักษานาน 4 เดือนมีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยการเคลือบเมล็ดด้วย Captan อัตรา 0.5 g.ai. และ Metalaxyl อัตรา 0.5 g.ai. มีความยาวของลำต้นต้นกล้าดีมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 4 เดือนในสภาพควบคุมสภาพแวดล้อม (Table 4)

จากการพิจารณาตรวจสอบความยาวรากของต้นกล้า เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่าการเคลือบเมล็ดทุกวิธีการไม่ทำให้ต้นกล้ามีความยาวของรากแตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ และเมื่อพิจารณาความยาวของต้นกล้าหลังผ่านการเก็บรักษานาน 2 เดือนไม่พบความแตกต่างกัน

ในทางสถิติ แต่เมื่อตรวจสอบความยาวต้นกล้าหลังผ่านการเก็บรักษานาน 3 เดือนพบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย Captan อัตรา 0.5 g.ai. และ Metalaxyl อัตรา 0.5 g.ai. ทำให้ต้นกล้ามีความยาวของต้นกล้าดีมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการเคลือบเมล็ดด้วยสารเคลือบเพียงอย่างเดียวและเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ และเมื่อพิจารณาตรวจสอบความยาวของต้นกล้าพบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (Table 5)

เมื่อพิจารณาตรวจสอบน้ำหนักสดของต้นกล้าหลังตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่าเมล็ดที่ถูกเคลือบด้วย Captan อัตรา 0.5 g.ai. และ Metalaxyl อัตรา 0.5 g.ai. ทำให้น้ำหนักสดของต้นกล้าดีมากกว่าและแตกต่างในทางสถิติกับวิธีการอื่นๆ แต่ไม่พบความแตกต่างในทางสถิติของน้ำหนักสดต้นกล้า เมื่อผ่านการเก็บรักษานาน 2 เดือน และเมื่อสุ่มตรวจสอบในเดือนที่ 3 พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย Captan อัตรา 0.5 g.ai. ทำให้ต้นกล้ามีน้ำหนักสดต้นกล้าดีที่สุด คือ 8,560 มิลลิกรัม และแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ แต่เมื่อสุ่มตรวจสอบในเดือนที่ 4 พบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย Captan อัตรา 0.5 g.ai. และ Metalaxyl อัตรา 0.5 g.ai. ยังคงมีน้ำหนักสดต้นกล้าดีมากกว่าและแตกต่างในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบเมล็ด จากนั้นพิจารณาตรวจสอบน้ำหนักสดลำต้นต้นกล้าพบว่า หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้วนาน 2 เดือน การเคลือบเมล็ดทุกวิธีการไม่ทำให้ลำต้นต้นกล้ามีน้ำหนักสดที่แตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ และเมื่อสุ่มตรวจสอบในเดือนที่ 3 และ 4 พบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย Captan อัตรา 0.5 g.ai. และ Metalaxyl อัตรา 0.5 g.ai. ยังคงมีน้ำหนักสดของลำต้นต้นกล้าดีมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ (Table 6)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นชัดเจนว่า เมื่อผ่านการเก็บรักษาไปแล้วนาน 3 และ 4 เดือน การเคลือบเมล็ดร่วมกับ Captan และ Metalxyl ยังคงมีความยาวของลำต้นต้นกล้าดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบเมื่อตรวจสอบทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง แต่การเคลือบเมล็ดทุกวิธีการไม่ทำให้การเปลี่ยนแปลงของรากต้นกล้าแตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบตลอดระยะเวลาการเก็บรักษานาน 4 เดือน แต่จะพบการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนหลังผ่านการเก็บรักษานาน 4 เดือนของน้ำหนักสดต้นกล้า เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและน้ำหนักสดลำต้นของต้นกล้าเมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง ซึ่งการเคลือบเมล็ดด้วย Captan และ Metalxyl ยังคงทำให้การเปลี่ยนของน้ำหนักสดดีมากกว่าเมล็ดไม่เคลือบอย่างชัดเจน ทั้งนี้ Captan และ Metalxyl เป็นสารเคมีออกฤทธิ์ป้องกันกำจัดเชื้อราที่สามารถส่งผลกระทบต่อการยืดขยายของเซลล์ต้นกล้าได้ ซึ่งเมื่อเมล็ดดูดซึมสารเคมีเข้าไปภายในเมล็ดจะทำให้เมล็ดเกิดการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์โดยการเสื่อมคุณภาพดังกล่าวจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของโปรตีนและการทำงานของเอนไซม์ภายในเมล็ดลดลง ซึ่งมีผลต่อการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ lipoxygenase และการเพิ่มขึ้นของ lipid peroxidation จึงส่งผลให้เอนไซม์ถูกยับยั้งโดยการย่อยสลายโปรตีน ทำให้เกิดการหยุดชะงักของเยื่อหุ้มเซลล์และกระบวนการต่างๆ ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายต่อเมล็ดพันธุ์ (McDonald, 1999; McCord, 2000; Thobunluepop *et al*., 2009) ตลอดจนการสูญเสียความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์หรือ

เกิดความผิดปกติกับต้นกล้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองยังคงแสดงให้เห็นว่า การเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในสภาพควบคุมสภาพแวดล้อมเป็นเวลา 4 เดือน ยังไม่มีผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงด้านการเจริญเติบโตของลำต้น ราก และน้ำหนักสดต้นกล้าของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

นอกจากนี้ยังพบการรายงานการใช้ Captan และ Metalaxyl ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ชนิดอื่นๆ ยกตัวอย่างการรายงานของ Kavitha *et al*. (2009) พบว่า การพอกเมล็ดพริกด้วย Captan (3 g/kg) + imidachloprid (2 g/kg) พบว่า ทำให้ต้นกล้ามีความยาวราก ความยาวต้น ดัชนีความแข็งแรง และน้ำหนักแห้งของต้นกล้าดีมากกว่าเมล็ดไม่พอก และจักรพงษ์ และบุญมี (2557) รายงานถึงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ยาสูบหลังการพอกเมล็ดร่วมกับสารป้องกันเชื้อราพบว่า เมื่อเก็บรักษาเมล็ดพอกนาน 4 เดือน มีความงอกลดลงจากเดิม 30-50% และคุณภาพหลังการพอกเมล็ดร่วมกับ Metalaxyl, Captan และ Pylaclostrobin สามารถเก็บรักษาให้มีคุณภาพความงอกและความแข็งแรงได้นานประมาณ 2-3 เดือน ต่อมา จักรพงษ์ และคณะ (2563) พบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย Captan อัตรา 2 g.ai. ทำให้ต้นกล้ามีความยาวลำต้นสูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดไม่เคลือบ และการเคลือบเมล็ดด้วย Captan อัตรา 4 และ 6 g.ai. มีความยาวผลรวมของต้นกล้าถั่วเหลืองดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดไม่เคลือบ

Table 4 Shoot length (cm) of coated field corn seeds in laboratory and greenhouse conditions tests following storage under controlled condition.

Treatment[1]	Laboratory condition				Greenhouse condition			
	Storage period (months)							
	1	2	3	4	1	2	3	4
T1	13.37	11.39	11.37 b[2]	10.75 b	13.65 b	7.33 b	8.17 b	7.65 c
T2	12.94	12.10	12.08 b	11.39 b	14.68 ab	7.91 b	9.39 a	9.10 b
T3	12.94	12.02	13.12 a	12.30 a	15.18 a	8.53 a	10.06 a	9.42 a
T4	13.74	13.67	13.20 a	12.43 a	15.35 a	8.45 a	10.19 a	9.33 a
F-test	ns	ns	**	**	*	**	**	**
CV.(%)	6.83	4.50	3.44	4.56	4.19	4.62	5.40	3.35

ns, *, **: Not significantly difference, significantly different at P≤0.05 and P≤0.01 respectively.

[1] T1 = Untreated, T2 = coating with CMC, T3 = coating with captan 0.5 g.ai., T4 = coating with metalaxyl 0.5 g.ai.,

[2] Means within a column followed by the same letter are not significantly at P≤0.05 by DMRT.

Table 5 Root length and seedling length of coated field corn seeds in laboratory condition tests following storage under controlled condition.

Treatment[1]	Laboratory condition							
	Root length (cm)				Seedling length (cm)			
	1	2	3	4	1	2	3	4
T1	19.12	18.61	19.99	19.29	32.49	36.00	31.36 c[2]	30.03
T2	20.38	18.84	19.81	19.82	33.32	30.94	31.89 b	31.21
T3	20.94	19.83	19.58	20.12	33.88	31.85	32.69 a	32.43
T4	20.14	17.70	20.03	20.23	33.89	30.89	33.23 a	32.66
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns
CV.(%)	4.63	7.02	3.22	5.24	3.15	19.12	1.60	4.47

ns, **: Not significantly difference, significantly different at P≤0.01 respectively.

[1] T1 = Untreated, T2 = coating with CMC, T3 = coating with captan 0.5 g.ai., T4 = coating with metalaxyl 0.5 g.ai.,

[2] Means within a column followed by the same letter are not significantly at P≤0.05 by DMRT.

Table 6 Seedling fresh weight and Shoot fresh weight of coated field corn seeds in laboratory and greenhouse conditions tests following storage under controlled condition.

Treatment[1]	Laboratory condition				Greenhouse condition			
	Seedling fresh weight (mg)				Shoot fresh weight (mg)			
	Storage period (months)							
	1	2	3	4	1	2	3	4
T1	7,106 b[2]	6,660	6,640 c	6,146 b	4,796	2,583	3,086 b	2,820 c
T2	7,003 b	7,533	7,313 b	6,320 ab	5,266	2,916	3,293 b	3,573 bc
T3	8,430 a	7,423	8,560 a	6,916 a	5,346	3,033	3,780 a	3,780 a
T4	8,226 a	7,226	7,716 b	6,870 a	5,083	2,830	3,983 a	3,680 a
F-test	**	ns	**	*	ns	ns	**	**
CV.(%)	5.82	5.22	4.48	4.29	7.77	7.34	5.87	5.97

ns, *, **: Not significantly difference, significantly different at P≤0.05 and P≤0.01 respectively.

[1] T1 = Untreated, T2 = coating with CMC, T3 = coating with captan 0.5 g.ai., T4 = coating with metalaxyl 0.5 g.ai.,

[2] Means within a column followed by the same letter are not significantly at P≤0.05 by DMRT05.

สรุปผลการวิจัย

เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ผ่านการเคลือบด้วย Captan และ Metalaxyl ที่อัตรา 0.5 g.ai. ไม่ทำให้คุณภาพความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลงตลอดการเก็บรักษานาน 4 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ แต่เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย Metalaxyl อัตรา 0.5 g.ai. ยังคงมีความงอกและความเร็วในการงอกดีกว่าการเคลือบเมล็ดด้วย Captan แต่เมื่อตรวจสอบการเปลี่ยนการเจริญเติบโตของต้นกล้าพบว่า หลังผ่านการเก็บรักษาไปแล้วนาน 4 เดือน การเคลือบเมล็ดด้วย Captan และ Metalaxyl ที่อัตรา 0.5 g.ai. ยังคงมีความยาวต้นและน้ำหนักสดลำต้นดีกว่าและแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบเมื่อตรวจสอบทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง

เอกสารอ้างอิง

จักรพงษ์ กางโสภา และบุญมี ศิริ. 2557. อิทธิของการพอกเมล็ดร่วมกับสารป้องกันเชื้อราต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ยาสูบ. วารสารแก่นเกษตร 42(พิเศษ 1): 110-116.

จักรพงษ์ กางโสภา ธิดารัตน์ ศิริบูรณ์ และเพชรรัตน์ จี้เพชร. 2563. อิทธิพลของการเคลือบเมล็ดด้วย Captan ต่อคุณภาพและการเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วเหลือง. วารสารแก่นเกษตร 48(พิเศษ 1): 445-452.

นภาพร เวชกามา และพีระยศ แข็งขัน. 2561. การปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ด้วยเทคนิค Seed priming. วารสารเกษตรพระวรุณ 15(1): 17-30.

บุญมี ศิริ. 2558. การปรับปรุงสภาพและการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์. คลังนานาวิทยา, ขอนแก่น.

พิสุทธิ์ เอกอำนวย. 2550. โรคและแมลงของพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ. อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ.

ภาณี ทองพำนัก วุฒิชัย ทองดอนแอ ประภาส ประสิทธิ์สูงเนิน กณิษฐา สังคะหะ ญาณี มั่นอ้น นันทนา ชื่นอิ่ม และบุญฤทธิ์ สายัมพล. 2541. การเคลือบเมล็ดพันธุ์พืช. รายงานการประชุมวิชาการเมล็ดพันธุ์แห่งชาติ ครั้งที่ 5, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

วรรณวิไล อินทนู จิระเดช แจ่มสว่าง ภาณี ทองพำนัก และวุฒิชัย ทองดอนแอ. 2544. การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *Gliocladium virens* ที่เคลือบเมล็ดผักคะน้าในการป้องกันโรคเน่าระดับดินของต้นกล้า. รายงานการประชุมวิชาการ ครั้งที่ 39, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 5-7 กุมภาพันธ์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สมาคมผู้ผลิตอาหารสัตว์ไทย. 2561. ประชากรสัตว์ความต้องการใช้อาหารสัตว์. แหล่งข้อมูล https://bit.ly/2UG88cr (20 กุมภาพันธ์ 2563).

อรนุช เดียมขุนทด. 2556. ผลของวิธีการให้ความชื้นและการให้สารเคมีชนิดต่างๆ ในการทำ seed priming ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

Baki, A. and J.D. Anderson. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. Crop Sci. 13: 630-633.

Bradford, K.J. 1995. Water relations in seed germination. pp. 351-396. *In*: Kigel, J., and G. Galili (eds.). Seed development and germination. Marcel Dekker, Inc., New York.

Dutta, P. 2018. Seed Priming: New Vistas and Contemporary Perspectives. pp. 3-22. *In*: Rakshit A., H. Singh (eds). Advances in Seed Priming. Springer, Singapore.

International Seed Testing Association (ISTA). 2018. International rules for seed testing, Edition 2018. International Seed Testing Association, Bassersdorf.

Jacob, S.R., M.B.A. Kumar, M. Gopal, C. Srivastava and S.N. Sinha. 2009. An analysis of the persistence and potency of film coated seed protectant as influenced byvarious storage parameters. Pest Manag. Sci. 65(7): 817-822.

Kavitha, M., V.K. Deshpande, B.S. Vyakaranahal, S. Awakkanavarj, Y. Hegde and J.C. Mathad. 2009. Seed pelleting with organic and inorganic inputs for vigour and viability in chilli seeds. Karnataka J. Agric. Sci. 22(2): 296-300.

Keawkham, T., B. Siri and R.K. Hynes. 2014. Effect of polymer seed coating and seed dressing with pesticides on seed quality and storability of hybrid cucumber. Aust. J. Crop Sci. 8(10): 1415-1420.

McCord, J.M. 2000. The evolution of free radicals and oxidative stress. Am. J. Med. 108(8): 652-659.

McDonald, M.B. 1999. Seed deterioration: Physiology, repair and assessment. Seed Sci. & Technol. 27: 177-237.

Mcdonald, M.B. 2000. Seed priming. pp. 287-326. *In*: Seed technology and its biology basis. Black, M., and J.D. Bewley (eds.). Sheffield Academic Press, Sheffield, England.

Narvaey-Vasquez, J., J. Florin-Christensen and C.A. Ryan. 1999. Positional specificity of a phospholipase an activity induced by wounding systemic and oligosaccharide elicitors in tomato leaves. Plant Cell 11: 2249-2260.

Pedrini, S., D.J. Merritt, J. Stevens and K. Dixon. 2017. Seed coating: Science or marketing spin?. Trends Plant Sci. 22(2): 106-116.

Petit, A., F. Fontaine, P. Vatsa, C. Clément and N. Vaillant-Gaveau. 2012. Fungicide impacts on photosynthesis in crop plants. Photosynth. Res. 111: 315-326.

Priestley, D.A. 1986. Seed aging: Implications of seed storage and persistence in the

soil. Cornell University Press, Ithaca, New York.

Rosslenbroich, H.J. and D. Stuebler. 2000. *Botrytis cinerea*-history of chemical control and novel fungicides for its management. Crop Prot. 19(8): 557-561.

Thobunluepop, P., C. Jatisatienr, E. Pawelzik and S. Vearasilp. 2009. In vitro screening of the antifungal activity of plant extracts as fungicides against rice seed borne fungi. Acta Horticulturae 837: 223-228.

Van Iersel, M.W. and B. Bugbee. 1996. Phytotoxic effects of fungicides on bedding plants. J. Am. Soc. Hort. Sci. 121: 1095-1102.

Waqas, M., N.E. Korres, M.D. Khan, A.S. Nizami, F.D., I. Ali and H. Hussain. 2019. Advances in the Concept and Methods of Seed Priming. pp. 11-41. *In*: Hasanuzzaman M., and V. Fotopoulos (eds). Priming and Pretreatment of Seeds and Seedlings. Springer, Singapore.