Research Article

Received: October 30, 2019; Accepted: July 20, 2020

ผลของการเคลือบเมล็ดด้วย Metalaxyl, Captan และ Mancozeb หลังผ่านการทำไพรม์มิ่งต่อความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Effect of Seed Coating with Metalaxyl, Captan and Mancozeb after Primed on Germination and Seedling Growth of Field Corn Seeds

จักรพงษ์ กางโสภา* และเพชรรัตน์ จี้เพชร

สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

ตำบลหนองหาร อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290

Jakkrapong Kangsopa* and Phetcarat Jeephet

Department of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University,

Nongharn, Sansai, Chiang Mai 50290

บทคัดย่อ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นวัตถุดิบสำคัญสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ จึงมีความต้องการผลผลิตจำนวนมากเพื่อเข้าสู่ระบบอุตสาหกรรมการแปรรูปอาหารสัตว์ แต่ในกระบวนการผลิตยังคงประสบปัญหาของคุณภาพเมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพและการเข้าทำลายของราและโรคในระยะต้นกล้า จึงแก้ปัญหาด้วยการใช้เทคโนโลยีด้านการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์มาใช้เพื่อยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ให้ดีขึ้น งานทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังผ่านการไพรม์มิ่งด้วย KNO_3 และเคลือบเมล็ดร่วมกับสารเคมีป้องกันราในอัตราที่ต่างกัน โดยมีกรรมวิธีทดลองดังนี้ เมล็ดไม่เคลือบ (T1) การเคลือบเมล็ดด้วยพอลิเมอร์เพียงอย่างเดียว (T2) เมล็ดที่เคลือบด้วย Metalaxyl อัตรา 2, 4 และ 6 g.ai. (T3, T4 และ T5) และเมล็ดที่เคลือบด้วย Captan อัตรา 2, 4 และ 6 g.ai. (T6, T7 และ T8) และเมล็ดที่เคลือบด้วย Mancozeb อัตรา 2, 4 และ 6 g.ai. (T9, T10 และ T11) ดำเนินการทดลองที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ สาขาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยมีผลการทดลองดังนี้ การเคลือบเมล็ดด้วย Metalaxyl อัตรา 2, 4 และ 6 g.ai. มีการงอกของราก ความงอกเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และการเจริญเติบโตของต้นกล้าหลังตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ ส่วนการเคลือบเมล็ดด้วย Captan อัตรา 4 g.ai. มีการงอกของราก ความงอก

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** jakkrapong_ks@mju.ac.th

ของเมล็ด ความยาวลำต้นต้นกล้า ความยาวรากเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และเปอร์เซ็นต์การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้นดินของต้นกล้าดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบเมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง ส่วนการเคลือบเมล็ดด้วย Mancozeb อัตรา 4 g.ai. ทำให้เมล็ดมีความงอกและความยาวรากของต้นกล้าดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบและตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยสรุปได้ว่าเมล็ดที่ผ่านการทำไพรม์มิ่งด้วย KNO_3 แล้วนำมาเคลือบเมล็ดร่วมกับ Captan อัตรา 4 g.ai. ทำให้เมล็ดมีการงอกราก ความยาวลำต้นต้นกล้า และความยาวรากเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และความงอก ความงอกเร็วในการงอก การโผล่พ้นดิน และความเร็วในการโผล่พ้นดินของต้นกล้าเมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ

คำสำคัญ : การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์; การไพรม์เมล็ดพันธุ์; คุณภาพเมล็ดพันธุ์; สารเคมีป้องกันรา

Abstract

Field corn is an important raw material for animal feeds, making it as an extremely high demand in the animal feed processing industry. Nevertheless, in the manufacturing process of field corn, the problems of seed deterioration and the detection of fungi and diseases remain pervasive. The aforementioned problems can be solved through seed conditioning technology to encourage seed enhancement. The enhancement can be done by means of seed priming with a solution of KNO_3 and seed coating using different amounts of fungicide. An experiment was conducted at the Seed Technology Laboratory, Faculty of Agricultural Production, Maejo University. The results of the experiment are as follows. Coated seeds with 2, 4 and 6 g.ai. of Metalaxyl had the highest radicle emergence and germination in the laboratory condition. At the same time, the growth of the seedlings when compared to those of non-treated seeds was in the highest level when tested in an experimental greenhouse condition. Meanwhile, coated seeds with 4 g.ai. of Captan had better radicle emergence, seed germination, shoot and root length under laboratory condition. Additionally, the seeds had a higher rate of coleoptile emergence and higher speed of coleoptile emergence compared to those of non-treated seeds in the laboratory condition. Finally, when tested under laboratory conditions, coated seeds with 4 g.ai of Mancozeb had the highest germination rate and root length compared to non-treated seeds. To conclude, seed priming with KNO_3 solution and coating with 4 g.ai of Captan had the highest radicle emergence, shoot length, and root length under laboratory condition, and had the highest germination rate, speed of radicle emergence, coleoptile emergence, speed of coleoptile emergence under greenhouse condition compared to those of the non-treated field corn seeds.

Keywords: seed enhancement; seed priming; seed quality; fungicide

1. บทนำ

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร [1] รายงานว่า ในปี พ.ศ. 2552-2556 ประเทศไทยมีการเพาะปลูกข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ประมาณ 7.1-7.5 ล้านไร่ คิดเป็นผลผลิตประมาณ 4.6 - 5.1 ล้านตัน แต่ยังคงมีปริมาณผลผลิตไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ [2] ทำให้ต้องนำเข้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จากประเทศเพื่อนบ้านและจากประเทศนอกอาเซียน เนื่องจากอุตสาหกรรมอาหารสัตว์มีแนวโน้มการเจริญเติบโตเพิ่มสูงขึ้นประมาณร้อยละ 7.27 ต่อปี จึงทำให้มีความต้องการเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เพิ่มขึ้น ขณะที่ผลผลิตภายในประเทศมีอัตราการเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 2.05 ต่อปีเท่านั้น โดยปัญหาสำคัญที่มีผลกระทบต่อผลผลิตของข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ คือ ขาดการใช้เทคโนโลยีการผลิตที่เหมาะสม ทั้งเทคโนโลยีพันธุวิศวกรรมและการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมก่อนนำไปใช้เพื่อการเพาะปลูก ทำให้เกิดปัญหาการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ การเข้าทำลายของโรคและแมลง อีกทั้งปัญหาสำคัญจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม

การปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์เพื่อให้เมล็ดมีประสิทธิภาพสูงที่สุดก่อนนำไปใช้เพาะปลูก คือ หนึ่งในวิธีการที่จำเป็นสำหรับการปลูกพืชในปัจจุบัน [3] อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับเมล็ดพันธุ์มีต้นทุนการผลิตที่สูง เนื่องจากเทคโนโลยีเหล่านั้นนำเข้ามาจากต่างประเทศ ทำให้การสร้างเทคโนโลยีเหล่านี้เกิดขึ้นในประเทศไทยมีความจำเป็น ซึ่งทำให้ต้นทุนการผลิตเมล็ดพันธุ์ภายในประเทศลดลง โดยเฉพาะการสร้างโปรโตคอล (protocol) ด้านการใช้เทคโนโลยีการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมต่อชนิดพืช [3] เป็นพื้นฐานสำคัญต่อการพัฒนาการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ขึ้นในประเทศไทย โดยเฉพาะวิธีการเตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยการทำไพรม์มิ่ง (seed priming) ซึ่งทำให้เมล็ดพันธุ์งอกเร็ว งอกสม่ำเสมอ และต้นกล้ามีพัฒนาการที่ดีขึ้น โดยเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการทำไพรม์มิ่งจะใช้ระยะเวลาในการงอกลดลงถึง 30 % เมื่อเปรียบเทียบกับการเพาะกล้าทั่วไป อีกทั้งสามารถเจริญเติบโตได้ดีแม้อยู่ในสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม [4,5] โดยการทำไพรม์มิ่งจะทำให้เมล็ดมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา มีพลังงานในเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้นจากกระบวนการหายใจ เมล็ดจึงอยู่ในสภาวะพร้อมงอกไปเป็นต้นกล้าปกติ [6]

นอกจากวิธีการทำไพรม์มิ่งเมล็ดพันธุ์ ยังได้เพิ่มคุณภาพเมล็ดพันธุ์ให้ดียิ่งขึ้นด้วยการนำเทคโนโลยีการเคลือบเมล็ดพันธุ์ (seed coating) มาสนับสนุนวิธีการทำไพรม์มิ่งในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยใช้พอลิเมอร์มาห่อหุ้มเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการเคลือบเมล็ดเพื่อปกป้องเมล็ดพันธุ์จากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่าง ๆ [7,8] ที่เป็นตัวเร่งให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพ ได้แก่ ความชื้น และอุณหภูมิ เป็นต้น นอกจากนี้การเคลือบเมล็ดพันธุ์ยังสามารถเพิ่มเติมสารออกฤทธิ์ที่ช่วยป้องกันโรคที่เกิดกับเมล็ดพันธุ์หรือในระยะต้นกล้า ได้แก่ Metalaxyl, Captan และ Mancozeb เป็นต้น [6] โดยสารเคมีป้องกันราถือได้ว่าเป็นปัจจัยภายนอกที่สำคัญต่อการป้องกันการเข้าทำลายของราสาเหตุโรคต่าง ๆ [9,10] โดยช่วยปกป้องเมล็ดในขณะงอก ทำให้ต้นกล้าปราศจากการเข้าทำลายของโรค ตลอดจนสามารถเจริญเติบโตและพัฒนาไปเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์แข็งแรงและให้ผลผลิตสูง

ดังนั้นงานทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเคลือบเมล็ดด้วย Metalaxyl, Captan และ Mancozeb ที่ผ่านการทำไพรม์มิ่ง และติดตามการเปลี่ยนแปลงความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อเป็นหนึ่งในวิธีการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ให้มีคุณภาพเพิ่มสูงขึ้น

2. อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ สาขาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ในทุกกรรมวิธีการทดลอง ระหว่างเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2562 ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินการทดลองดังนี้

2.1 การทำไพรม์มิ่งเมล็ดพันธุ์

การทำไพรม์เมล็ดพันธุ์ (seed priming) ทำโดยการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในสารละลาย 0.2 % KNO_3 เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 °C เมื่อครบกำหนดเวลานำเมล็ดพันธุ์ออกมาล้างด้วยน้ำเปล่า โดยล้างผ่านน้ำไหลเป็นเวลา 2 นาที จากนั้นซับน้ำที่ผิวเมล็ดและนำไปลดความชื้นโดยการผึ่งให้แห้งในสภาพอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง

2.2 การเคลือบเมล็ดพันธุ์ (seed coating)

นำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการทำไพรม์มิ่งจากหัวข้อที่ 2.1 มาใช้ในกรรมวิธีการทดลองที่ T2-T11 โดยเตรียมสารเคลือบ คือ 0.1 % carboxymethyl cellulose (CMC) แล้วนำมาผสมร่วมกับสารออกฤทธิ์ 3 ชนิด คือ Metalaxyl, Captan และ Mancozeb โดยมีกรรมวิธีทดลองดังนี้ เมล็ดไม่เคลือบ (T1) การเคลือบเมล็ดด้วยพอลิเมอร์เพียงอย่างเดียว (T2) เมล็ดที่เคลือบด้วย Metalaxyl อัตรา 2, 4 และ 6 g.ai. (T3, T4 และ T5 ตามลำดับ) และเมล็ดที่เคลือบด้วย Captan อัตรา อัตรา 2, 4 และ 6 g.ai. (T6, T7 และ T8 ตามลำดับ) และเมล็ดที่เคลือบด้วย Mancozeb อัตรา 2, 4 และ 6 g.ai. (T9, T10 และ T11 ตามลำดับ) จากนั้นนำไปเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แล้วลดความชื้นของเมล็ดหลังการเคลือบในสภาพอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำไปตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่าง ๆ

2.3 การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์

2.3.1 ความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการ

สุ่มเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการเคลือบและไม่เคลือบเมล็ด จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด มาทดสอบความงอกโดยวิธี between paper (BP) จากนั้นนำไปไว้ในตู้เพาะความงอกอุณหภูมิสลับ (8 ชั่วโมง 30 °C และ 16 ชั่วโมง 25 °C) แล้วตรวจนับความงอกหลังการเพาะครั้งแรกที่ 4 วัน (first count) และ 7 วันหลังเพาะ (final count) โดยนำมาประเมินผลการตรวจสอบความงอกตามวิธีของ ISTA [11]

ความงอก (%) = (จำนวนของเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ ÷ จำนวนเมล็ดที่เพาะ) × 100

2.3.2 ความงอกในสภาพเรือนทดลอง

สุ่มเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการเคลือบและไม่เคลือบ จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด มาทดสอบความงอกในถาดหลุมที่ใช้พีทมอส (peatmoss) เป็นวัสดุเพาะ แล้วประเมินผลการงอกที่ 4 และ 7 วัน เช่นเดียวกันกับการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

2.3.3 ความเร็วในการงอก

สุ่มเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการเคลือบและไม่เคลือบ จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด นับจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติและจำนวนวันที่งอกตั้งแต่เริ่มเพาะ (first count) จนถึงวันสุดท้าย (final count) แล้วนำผลการนับมาคำนวณหาความเร็วในการงอกตามหลักสากล [11]

ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน) = ผลรวมของ (จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน ÷ จำนวนวันหลังเพาะ)

2.3.4 การงอกของราก

สุ่มประเมินการงอกรากจากการเพาะทดสอบ จากนั้นนำจำนวนรากที่งอกในแต่ละกรรมวิธีทำ 3 ซ้ำ โดยเริ่มตรวจนับเมื่อเมล็ดมีการงอกของรากที่ความยาว 2 มิลลิเมตร แล้วนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์

การงอกราก

2.3.5 ความเร็วในการงอกราก

ตรวจนับทุกวันตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 3 หลังการเพาะ จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอกรากของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด

2.3.6 การโผล่พ้นดิน

สุ่มประเมินการงอกของ coleoptile ของต้นกล้าข้าวโพดที่โผล่พ้นดินขึ้นมาจากหลุมเพาะต้นกล้าในแต่ละกรรมวิธี ทำ 3 ซ้ำ จากนั้นนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การโผล่พ้นดินของต้นกล้าข้าวโพด

2.3.7 ความเร็วในการโผล่พ้นดิน

สุ่มตรวจนับการงอกของ coleoptile ของต้นกล้าข้าวโพดที่โผล่พ้นดินขึ้นมาทุกวันตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 3 หลังการเพาะ จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการโผล่พ้นดินของต้นกล้าข้าวโพด

2.3.8 ความยาวต้นและความยาวราก

ประเมินที่ 7 วัน หลังเพาะในสภาพห้องปฏิบัติการ ประเมินความยาวต้นและความยาวรากส่วนการเพาะตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองประเมินเฉพาะความยาวของต้นกล้า ทั้งหมดทำ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น จากนั้นนำต้นกล้าที่ได้จากการสุ่มมาประเมินตรวจวัดโดยใช้ไม้บรรทัดมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ตามลักษณะต่าง ๆ ใช้แผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกรรมวิธีการทดลองโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 การเปรียบเทียบคุณภาพการงอกราก ความงอก ความยาวต้น และความยาวรากของต้นกล้า โดยการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยแบบกลุ่มด้วยวิธีออร์โธโกนอล (orthogonal contrast comparison)

3. ผลการวิจัย

3.1 การงอกรากและความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังการเคลือบเมล็ด

เมื่อพิจารณาตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ผ่านการทำไพรม์มิ่งเมล็ดพันธุ์ แล้วนำมาเคลือบเมล็ดร่วมกับสารป้องกันราด้วยชนิดและอัตราที่ต่างกัน แล้วนำไปตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย Captan 4 g.ai. (T7) และ Mancozeb 2 g.ai. (T9) มีการงอกรากของเมล็ดดีมากกว่า และแตกต่างในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ (T1) ส่วนการตรวจสอบความเร็วในการงอกรากของเมล็ดพันธุ์ พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย Captan 4 g.ai. (T7) มีการงอกรากได้ดีและแตกต่างกับเมล็ดไม่เคลือบ แต่ไม่พบความแตกต่างในทางสถิติกับการเคลือบเมล็ดด้วย Mancozeb 2 g.ai. (T9) เมื่อพิจารณาตรวจสอบความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ด พบว่าการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารป้องกันราทุกชนิดและอัตรามีความงอกสูงและแตกต่างในทางสถิติกับเมล็ดไม่เคลือบ ส่วนการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองพบว่าเมล็ดที่ผ่านการเคลือบด้วย Captan 4 g.ai. (T7) มีความงอกสูง คือ 98 % และแตกต่างในทางสถิติเมื่อปรียบเทียบกับเมล็ดไม่เคลือบ (T1) ส่วนการตรวจสอบความเร็วในการงอกพบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย Metalaxyl 4 g.ai. (T4) และ Captan 4 g.ai. (T7) มีความเร็วในการงอกมากกว่า คือ 24.13 และ 24.30 ต้นต่อวัน ตามลำดับ และแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดไม่เคลือบ (T1) (ตารางที่ 1) จากนั้นพิจารณาเปรียบเทียบแบบกลุ่มของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ไม่เคลือบและผ่านการเคลือบด้วยวิธีการต่างกัน พบว่าการงอกราก ความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการ และความงอกในสภาพเรือนทดลองมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน

(ตารางที่ 2) ซึ่งเมล็ดที่ผ่านการเคลือบทุกวิธีการทำให้เมล็ดสามารถงอกรากและเจริญเติบโตไปเป็นต้นกล้าปกติได้ดีและมากกว่าวิธีการที่ไม่เคลือบเมล็ด (รูปที่ 1) แต่เมื่อเปรียบเทียบกลุ่มของการเคลือบเมล็ดด้วย Metalaxyl, Captan และ Mancozeb พบว่าการงอกรากมีความแตกต่างกัน แต่ไม่พบความแตกต่างกันของความงอกเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ อย่างไรก็ตาม เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองกลุ่มของการเคลือบเมล็ดด้วย Metalaxyl, Captan และ Mancozeb มีความแตกต่างกันของความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ แต่เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบการใช้สารป้องกันราแต่ละชนิดในแต่ละอัตรา พบว่ากลุ่มของสารป้องกันราแต่ละอัตราไม่มีผลกระทบต่อการงอกรากของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ซึ่งไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติ แต่พบว่าความงอกของเมล็ดเมื่อใช้สารป้องกันราแต่ละชนิดในอัตราที่ต่างกัน ทำให้ความงอกของเมล็ดมีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อตรวจสอบทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง (ตารางที่ 2)

Table 1 Radicle emergence percentages, speed of radicle emergence percentages (SRE), germination percentages and speed of germination (SPG) of coated seeds tested under laboratory and greenhouse conditions.

Treatments[1]	Laboratory conditions				Greenhouse conditions	
	Radicle emergence (%)	SRE (roots/day)	Germination (%)	SPG (plants/day)	Germination (%)	SPG (plants/day)
T1	84 e[2,3]	41.44 d	89 c	21.88 c	87 d	20.89 d
T2	89 d	43.78 cd	95 b	23.49 b	92 cd	22.16 c
T3	95 ab	43.89 cd	97 ab	24.33 ab	96 a-c	23.78 ab
T4	91 b-d	44.11 c	98 ab	24.50 a	97 a-c	24.13 a
T5	91 a-d	44.56 c	98 ab	24.67 a	97 a-c	23.94 ab
T6	90 cd	44.44 c	98 ab	24.19 ab	96 a-c	23.40 ab
T7	95 a	48.89 a	98 ab	24.32 ab	98 a	24.30 a
T8	93 a-d	44.22 c	97 ab	24.27 ab	98 ab	23.99 ab
T9	95 a	47.67 ab	98 ab	24.67 a	93 b-d	22.86 bc
T10	92 a-d	45.56 bc	99 a	24.83 a	94 b-d	23.40 ab
T11	94 a-c	46.00 bc	98 ab	24.67 a	95 a-c	23.61 ab
F-test	**	**	**	**	**	**
C.V. (%)	3.43	3.19	5.24	2.00	5.48	2.63

** = significantly different at $p \leq 0.01$; [1]T1 = untreated; T2 = coating + polymer; T3 = coating + Metalaxyl 2 g.ai.; T4 = coating + Metalaxyl 4 g.ai.; T5 = coating + Metalaxyl 6 g.ai.; T6 = coating + Captan 2 g.ai.; T7 = coating + Captan 4 g.ai.; T8 = coating + Captan 6 g.ai.; T9 = coating + Mancozeb 2 g.ai.; T10 = coating + Mancozeb 4 g.ai.; T11 = coating + Mancozeb 6 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 $p \leq 0.05$ by DMRT.

Figure 1 Effect of seed coating with different rates of Metalaxyl, Captan and Mancozeb, radicle emergence 3 days after planting tested under laboratory condition. T1 = untreated; T2 = coating + polymer; T3 = coating + Metalaxyl 2 g.ai.; T4 = coating + Metalaxyl 4 g.ai.; T5 = coating + Metalaxyl 6 g.ai.; T6 = coating + Captan 2 g.ai.; T7 = coating + Captan 4 g.ai.; T8 = coating + Captan 6 g.ai.; T9 = coating + Mancozeb 2 g.ai.; T10 = coating + Mancozeb 4 g.ai.; T11 = coating + Mancozeb 6 g.ai., respectively.

Table 2 Comparison by orthogonal contrast of radicle emergence and germination percentages of coated seeds tested under laboratory and greenhouse conditions.

Treatments	Laboratory conditions		Greenhouse conditions
	Radicle emergence (%)	Germination (%)	Germination (%)
T1 vs (T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11)	**	**	**
(T3, T4, T5) vs (T6, T7, T8 vs T9, T10, T11)	**	ns	*
T3 vs T4 vs T5	ns	*	*
T6 vs T7 vs T8	ns	*	*
T9 vs T10 vs T11	ns	*	*
T3 vs T6 vs T9	**	**	**
T4 vs T7 vs T10	**	**	**
T5 vs T8 vs T11	**	**	**
C.V. (%)	2.48	2.02	2.26

ns, *, ** = not significantly difference, significantly different at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$ respectively; T1 = untreated; T2 = coating + polymer; T3 = coating + Metalaxyl 2 g.ai.; T4 = coating + Metalaxyl 4 g.ai.; T5 = coating + Metalaxyl 6 g.ai.; T6 = coating + Captan 2 g.ai.; T7 = coating + Captan 4 g.ai.; T8 = coating + Captan 6 g.ai.; T9 = coating + Mancozeb 2 g.ai.; T10 = coating + Mancozeb 4 g.ai.; T11 = coating + Mancozeb 6 g.ai.

Table 3 Shoot length, root length, coleoptile emergence percentages and speed of coleoptile emergence of coated seeds tested under laboratory and greenhouse conditions.

Treatments[1]	Laboratory conditions		Greenhouse conditions		
	Shoot length (mm)	Root length (mm)	Coleoptile emergence (%)	Speed of coleoptile emergence (roots/day)	Shoot length (mm)
T1	116.9 c[2]	138.8 d	10.00 d	3.67 c	119.6 e
T2	128.0 a-c	159.0 cd	18.00 cd	6.44 bc	137.8 d
T3	124.7 a-c	179.4 bc	25.33 bc	9.22 bc	178.1 a
T4	122.1 bc	203.9 ab	27.33 bc	10.22 bc	174.8 a
T5	131.4 a-c	157.7 cd	22.67 b-d	8.56 bc	162.8 b
T6	134.0 a-c	211.7 ab	25.33 bc	9.00 bc	141.3 cd
T7	142.4 a	234.2 a	50.00 a	18.78 a	149.0 c
T8	140.7 a	218.7 ab	36.00 ab	13.00 ab	140.9 cd
T9	130.7 a-c	210.2 ab	28.00 bc	10.11 bc	146.2 cd
T10	136.6 ab	220.4 a	28.67 bc	10.67 bc	143.3 cd
T11	128.2 a-c	205.3 ab	23.33 b-d	8.67 bc	145.2 cd
F-test	*	**	**	**	**
C.V. (%)	7.29	10.91	20.06	36.92	3.83

*, ** = significantly different at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$ respectively; [1]T1 = untreated; T2 = coating + polymer; T3 = coating + Metalaxyl 2 g.ai.; T4 = coating + Metalaxyl 4 g.ai.; T5 = coating + Metalaxyl 6 g.ai.; T6 = coating + Captan 2 g.ai.; T7 = coating + Captan 4 g.ai.; T8 = coating + Captan 6 g.ai.; T9 = coating + Mancozeb 2 g.ai.; T10 = coating + Mancozeb 4 g.ai.; T11 = coating + Mancozeb 6 g.ai.; [2]Means within a column followed by the same letter are not significantly at $p \leq 0.05$ by DMRT.

3.2 การเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารป้องกันรา

หลังการประเมินคุณภาพความงอกของเมล็ดพันธุ์แล้ว นำมาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ หลังผ่านการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารป้องกันราด้วยชนิดและอัตราต่างกัน แล้วนำมาตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย Captan อัตรา 4 (T7) และ 6 g.ai. (T8) มีความยาวของต้นกล้าดีมากกว่าและแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดไม่เคลือบ (T1) และเมื่อตรวจสอบความยาวรากพบว่าเมล็ดที่ผ่านการเคลือบด้วย Captan 4 g.ai. (T7) และ Mancozeb 4 g.ai. (T10) เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดไม่เคลือบ (T1) ส่วนการตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าในสภาพเรือนทดลองพบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย Captan อัตรา 4 g.ai. (T7) มีการโผล่พ้นดินได้ดีที่สุด (50 %) รองลงมา คือ การเคลือบเมล็ดด้วย Captan อัตรา 6 g.ai. (T8) (36 %) และแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดไม่เคลือบ และเมื่อพิจารณาตรวจสอบความเร็วในการโผล่พ้นดินของต้นกล้าพบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย Captan อัตรา 4 g.ai. (T7) ยังคงมีความเร็วใน

การโผล่พ้นดินดีที่สุด (18.78 ต้นต่อวัน) และแตกต่างในทางสถิติกับวิธีการอื่น ๆ ยกเว้นการเคลือบเมล็ดด้วย Captan อัตรา 6 g.ai. (T8) ที่ไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติกับ T7 แต่การตรวจสอบคามยาวของต้นกล้าพบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ผ่านการเคลือบเมล็ดด้วย Metalaxyl อัตรา 2 และ 4 g.ai. มีความยาวของลำต้นต้นกล้าสูงที่สุด (178.1 และ 174.8 มิลลิเมตร ตามลำดับ) และแตกต่างในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ (ตารางที่ 3)

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบแบบกลุ่มของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ไม่เคลือบและผ่านการเคลือบเมล็ดด้วยวิธีการต่างกัน พบว่าความยาวลำต้นและความยาวรากของต้นกล้าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ (ตารางที่ 4) แต่พบความแตกต่างในทางสถิติของความยาวลำต้นเมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง ซึ่งการเคลือบเมล็ดด้วย Metalaxyl อัตรา 2 และ 4 g.ai. มีความยาวต้นกล้าสูงที่สุด (ตารางที่ 3) ส่วนการตรวจสอบกลุ่มของสารป้องกันราแต่ละชนิด พบว่าความยาวลำต้นและความยาวรากมีความแตกต่างกันในทางสถิติทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง ซึ่งผลการทดลอง (ตารางที่ 3) แสดงให้เห็นว่าการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารป้องกันรามีแนวโน้มของความยาวลำต้นและความยาวรากดีมากกว่าเมล็ดไม่เคลือบ ส่วนการเปรียบเทียบแบบกลุ่มของสารป้องกันราในแต่ละอัตรา พบว่าไม่ทำให้ความยาวลำต้นของต้นกล้าต่างกัน แต่พบความแตกต่างกันของการเปลี่ยนแปลงความยาวรากเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้สารป้องกันราชนิดต่างกันในอัตราที่เท่ากันทำให้มีความแตกต่างกันด้านความยาวลำต้นของต้นกล้าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Table 4 Comparison by orthogonal contrast of shoot length and root length of coated seeds tested under laboratory and greenhouse conditions.

Treatments	Laboratory conditions		Greenhouse conditions
	Shoot length (mm)	Root length (mm)	Shoot length (mm)
T1 vs T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11	ns	ns	**
T3, T4, T5 vs T6, T7, T8 vs T9, T10, T11	*	**	**
T3 vs T4 vs T5	ns	ns	*
T6 vs T7 vs T8	ns	ns	*
T9 vs T10 vs T11	ns	ns	*
T3 vs T6 vs T9	ns	**	**
T4 vs T7 vs T10	ns	**	**
T5 vs T8 vs T11	ns	**	**
C.V. (%)	2.48	2.02	2.26

ns, *, ** = not significantly difference, significantly different at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$ respectively; T1 = untreated; T2 = coating + polymer; T3 = coating + Metalaxyl 2 g.ai.; T4 = coating + Metalaxyl 4 g.ai.; T5 = coating + Metalaxyl 6 g.ai.; T6 = coating + Captan 2 g.ai.; T7 = coating + Captan 4 g.ai.; T8 = coating + Captan 6 g.ai.; T9 = coating + Mancozeb 2 g.ai.; T10 = coating + Mancozeb 4 g.ai.; T11 = coating + Mancozeb 6 g.ai.

4. วิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการทดลองเห็นได้ชัดเจนว่าการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารป้องกันรามีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในทางที่ดีเพิ่มมากขึ้นจากเดิม ทั้งนี้ก่อนการนำเมล็ดพันธุ์มาเคลือบร่วมกับสารป้องกันราได้ผ่านการทำไพรม์มิ่งเมล็ดพันธุ์ (seed priming) ร่วมกับ KNO_3 ทำให้เมล็ดสามารถงอกอย่างรวดเร็วและงอกสม่ำเสมอ [6] นอกจากนี้เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ผ่านการทำไพรม์มิ่งด้วย KNO_3 ก่อนนำมาเคลือบเมล็ด จะมีกลไกการแตกตัวของ KNO_3 ได้ K^+ และ NO_3^- โดยไนโตรเจนที่เป็นส่วนประกอบของโปรโตพลาสซึมและผนังของเซลล์พืชจะอยู่ในรูป NO_3^- พืชจะต้องรีดิวซ์ NO_3^- ให้เป็น NH_4^+ แล้วนำ NH_4^+ ไปใช้สร้างกรดอะมิโนต่อไป ซึ่งไนโตรเจน (N) เป็นองค์ประกอบของสารชีวโมเลกุลมากมายในเซลล์พืช [12-15] ทำให้เมล็ดเมื่อดูดไนเตรทเข้าไปจะช่วยให้เมล็ดสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้น จึงส่งผลโดยตรงทำให้เมล็ดมีพัฒนาการการงอกและการเจริญเติบโตที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการทำไพรม์มิ่ง [6,16-18] หลังจากที่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ถูกเตรียมการงอกให้อยู่ในสภาพพร้อมงอก จากนั้นถูกนำมาเคลือบร่วมกับสารป้องกันรา 3 ชนิด ด้วยอัตราที่ต่างกัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการงอกราก ความเร็วในการงอกราก ความงอก และความเร็วในการงอกของต้นกล้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ มีการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางที่ดีมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้ผ่านการทำไพรม์มิ่งและไม่ได้เคลือบร่วมกับสารป้องกันรา

เมื่อพิจารณาการเคลือบเมล็ดด้วย Metalaxyl แสดงให้เห็นว่าทุกอัตราไม่ทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์แย่ลง โดย Metalaxyl เป็นสารเคมีป้องกันราชนิดดูดซึม (systemic fungicide) เมื่อเมล็ดดูดซึมเข้าไปภายในเซลล์หรือดูดซึมในขณะที่ต้นกล้างอกจะทำให้ Metalaxyl เคลื่อนย้ายไปตามส่วนต่าง ๆ ของต้นกล้าพืช [19] ดังนั้นเมื่อใช้ Metalaxyl ในอัตรา 2, 4 และ 6 g.ai. จึงเป็นอัตราที่เหมาะสมสำหรับใช้เคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ อีกทั้งด้วยลักษณะการออกฤทธิ์ของ Metalaxyl เป็นไปอย่างช้า ๆ จึงไม่มีผลต่อความงอกและเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ในทางตรงกันข้าม Keawkham [20] รายงานการเคลือบเมล็ดร่วมกับเมล็ดพันธุ์แตงกวาลูกผสม พบว่าการเคลือบเมล็ดด้วย Metalaxyl 1 และ 2 เท่า มีผลทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์แตงกวาลดลงจากเดิม 4 % เท่ากันทั้ง 2 อัตรา

ส่วนผลของการเคลือบเมล็ดร่วมกับ Captan แสดงให้เห็นว่ามีผลส่งเสริมการงอกรากและความเร็วในการงอกรากค่อนข้างดีมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เคลือบ โดย Captan เป็นสารเคมีป้องกันราชนิด Phthalimide ซึ่งเป็นสารป้องกันกำจัดราชนิด dicarboximide มีผลออกฤทธิ์ในทางป้องกันแบบสัมผัสตาย (protectant) หรือก่อนที่เมล็ดจะติดเชื้อโรคชนิดต่าง ๆ จึงมีสมบัติออกฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตและการสร้างสปอร์ของราบริเวณที่ Captan สัมผัสโดยตรง ซึ่งสมบัติการออกฤทธิ์ด้วยการสัมผัสโดยตรงดังกล่าว อาจมีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถ้าเลือกใช้ในอัตราที่ไม่เหมาะสม [19] โดยกลไกการออกฤทธิ์ของ Captan จะมีประสิทธิภาพใช้งานได้ดีเมื่อละลายในน้ำ โดยจะปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ออกมาในรูป tetrahydrophthalimide, tetrahydrophthalic acid และ 3 โมเลกุลของคลอไรด์ (Cl^-) ทำให้การปลดปล่อยสารทั้ง 3 ชนิด ของ Captan เหล่านี้ จึงมีผลต่อการแพร่ผ่านเข้าไปในเซลล์เมล็ดเมื่อถูกดูดซึม ส่งผลให้เกิดกระบวนการเป็นพิษต่อเซลล์ภายในเมล็ดพันธุ์ได้ [21] อย่างไรก็ตาม การเลือกใช้ Captan ในอัตรา 2, 4 และ 6 g.ai. เคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ไม่ทำให้คุณภาพด้านการงอกราก ความงอก ความเร็วในการงอก ความยาวต้นกล้า และความยาวรากของต้นกล้าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ

ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบด้วย Mancozeb มีผลการทดลองเป็นไปในทิศทางที่ดีเช่นเดียวกันกับการเคลือบเมล็ดร่วมกับสารป้องกันราชนิดอื่น ๆ โดย Mancozeb เป็นสารป้องกันราชนิดออกฤทธิ์สัมผัสตายเช่นเดียวกันกับ Captan โดยมีการออกฤทธิ์แบบสัมผัส ทั้งป้องกัน และรักษา ซึ่งมีผลต่อการเข้าไปยับยั้งการงอกของโคนิเดียมของรา มีฤทธิ์อยู่ได้นาน ใช้ในการควบคุมโรคพืชที่เกิดจากราหลายชนิด [19,22] อย่างไรก็ตาม Mancozeb เป็นสารป้องกันราที่มีฤทธิ์ต่อการทำลายของราสูง ทำให้การเลือกอัตราสำหรับใช้ร่วมกับการเคลือบเมล็ดพันธุ์จึงเป็นความจำเป็นอย่างสูง ทั้งนี้ในประเทศไทยยังไม่พบการรายงานทางวิชาการถึงอัตราที่เหมาะสมสำหรับการเลือกใช้เพื่อเคลือบร่วมกับเมล็ดพันธุ์พืช แต่จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการเคลือบ Mancozeb ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์อัตรา 2, 4 และ 6 g.ai. ไม่ทำให้คุณภาพด้านความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าเสียหาย ในทางตรงกันข้ามยังทำให้เมล็ดมีความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม Anitha และ Savitha [23] รายงานการคลุกเมล็ดข้าวร่วมกับ Mancozeb ในอัตราที่ต่างกัน พบว่า การใช้ Mancozeb ในอัตรา 9 และ 12 มิลลิกรัม มีผลกระทบเล็กน้อยต่อเปอร์เซ็นต์การงอก ดัชนีค่าการนำไฟฟ้า คลอโรฟิลล์เอ คลอโรฟิลล์บี ผลรวมคลอโรฟิลล์ และสารประกอบฟีนอลิกในเมล็ดข้าว แต่การใช้ Mancozeb ในอัตรา 1, 3 และ 6 มิลลิกรัม ไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าว

5. สรุป

5.1 การเคลือบเมล็ดด้วย Metalaxyl อัตรา 2, 4 และ 6 g.ai. มีเปอร์เซ็นต์การงอกราก ความงอก เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และการเจริญเติบโตของต้นกล้าดีที่สุดเมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง ซึ่งดีมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ

5.2 การเคลือบเมล็ดด้วย Captan อัตรา 4 g.ai. มีการงอกรากและความงอกของเมล็ดเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และความยาวลำต้น ความยาวรากเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และเปอร์เซ็นต์การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้นดินของต้นกล้าดีมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ

5.3 การเคลือบเมล็ดด้วย Mancozeb อัตรา 4 g.ai. ทำให้เมล็ดมีความงอกและความยาวรากของต้นกล้าดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบและตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

โดยสรุปได้ว่าเมล็ดที่ผ่านการทำไพรม์มิ่งด้วย KNO_3 แล้วนำมาเคลือบเมล็ดร่วมกับ Captan อัตรา 4 g.ai. ทำให้เมล็ดมีการงอกราก ความยาวลำต้นต้นกล้าและความยาวรากเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและความงอก ความงอกเร็วในการงอก การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้นดินของต้นกล้า เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลองดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ

6. References

[1] Agricultural Research Development Agency, 2016, Maize, Soybean, Mung Bean and Peanut, Direction of Thai Economic Crops in Asean, Pornsup Printing Co., Ltd., Bangkok. (in Thai)

[2] Suttitham, W., Prempridi, T., Prakobkarn, K., Srichana, D., Panja, P. and Konisranukul, W., 2010, Production of agricultural by-product corn silage, Thai Sci. Technol. J. 18(4): 12-23. (in Thai)

[3] Pedrini, S., Bhalsing, K., Cross, A.T. and Dixon, K.W., 2018, Protocol development

tool (PDT) for seed encrusting and pelleting, Seed Sci. Tech. 46: 393-405.

[4] Bradford, K.J., Steiner, J.J. and Trawatha, S.E., 1990, Seed priming influence and emergence of pepper seed lots, Crop Sci. 30: 718-721.

[5] McDonald, M.B., 2000, Seed Priming, pp. 287-325, In Black, M. and Bewley, J.D. (Eds.), Seed Technology and Its Biological Basis, Sheffield Academic Press, Sheffield, England.

[6] Siri, B., 2015, Seed Conditioning and Seed Enhancements, Klungnanawitthaya Priting, Khon Kaen, 239 p. (in Thai)

[7] Taylor, A.G., Allen, P.S., Bennett, M.A., Bradford, K.J., Burris, J.S. and Misra, M.K., 1998, Seed enhancements, Seed Sci. Res. 8: 245-256.

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

[9] Flexer, J. and Belnavis, D., 2000, Microbial Insecticides, pp. 35-62. In Rechcigl, J.E. and Rechcigl, N.A. (Eds.), Biological and Biotechnological Control of Insect Pest, Lewis Publishers, Boca Raton, FA.

[10] Inglis, G.D., Goettel, M.S., Butt, T.M. and Strasser, H., 2006, Use of Hyphomycetous Fungi for Managing Insect Pests, pp. 23-70. In Butt, T.M., Janckson, C. and Magan, N. (Eds.), Fungi as Biocontrol Agents Progress, Problems and Potential, CABI Publishing, London.

[11] ISTA, 2013, International Rules for Seed Testing, ISTA, Bassersdorf.

[12] Theerakulpisut, P., 1997, Plant Physiology, Department of Biology, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen. (in Thai)

[13] Bunnag, S., 1999, Introduction to Plant Physiology, Department of Biology, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen. (in Thai)

[14] Dhiumkhunthod, O., 2013, Effect of Moisture and Different Chemical Application by Seed Priming Method on Quality Changes and Longevity of Hybrid Tomato Seeds, Master Thesis, Khon Kaen University, Khon Kaen. (in Thai)

[15] Barker, A.V. and Pilbeam, D.J., 2007, Handbook of Plant Nutrition, Taylor & Francis, Boca Raton.

[16] Kaewnaree, P., 2010, The Biological Changes During an Accelerated Aging and Priming Processes in Sweet Pepper (*Capsicum annuum* L.) Seeds, Doctoral Dissertation, Khon Kaen University, Khon Kaen.

[17] Kaewnaree, P., Vichitphan, S., Vichitphan, K., Siri, B. and Klanrit, P., 2011, Effect of accelerate aging process on seed quality and biochemical changes in sweet pepper (*Capsicum annuum* Linn.) seeds, Biotechnology 10: 1682-296.

[18] Krainart, C., Siri, B. and Vichitphan, K., 2015, Effects of accelerated aging and subsequent

priming quality and biochemical change of hybrid cucumber (*Cucumis sativa* Linn.) seeds, J. Agric. Technol. 11(1): 165-179.

[19] Ek-Amnuay, P., 2007, Plant Diseases and Insect Pests of Economic Crops, Siam Insect Zoo, Chiang Mai, 379 p. (in Thai)

[20] Keawkham, T., Siri, B. and Hynes, R.K., 2014, Effect of polymer seed coating and seed dressing with pesticides on seed quality and storability of hybrid cucumber, AJCS 8: 1415-1420.

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

[22] Moros, J., Armenta, S., Garrigues, S. and Guardia, M., 2007, Comparison of two vibrational procedures for the direct deter mination of Mancozeb in agrochemicals, Talanta 72: 72-79.

[23] Anitha, S.R. and Savitha, G., 2015, Impact of mancozeb stress on seedling growth, seed germination, chlorophyll and phenolic contents of rice cultivars, Int. J. Sci. Res. 4: 292-296.