

ลักษณะทางกายภาพและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกด้วย วัสดุประสานและวัสดุพอกที่แตกต่างกัน

Physical properties and seed quality after pelleting with different binder and filler materials of lettuce seed (*Lactuca sativa* L.)

ศศิประภา บัวแก้ว¹ และ บุญมี สิริ^{1*}

Sasiphapa Buakaew¹ and Boonmee Siri^{1*}

บทคัดย่อ: เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมเป็นเมล็ดพันธุ์ขนาดเล็ก มีรูปร่างเรียวยาวแบน และอาหารสะสมในเมล็ดน้อย การพอกเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่สามารถทำให้เพาะกล้าได้สะดวกขึ้น ซึ่งวัสดุประสานและวัสดุพอกเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่จะทำให้การพอกเมล็ดพันธุ์ประสบความสำเร็จ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวัสดุประสานและวัสดุพอกที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม โดยทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ อาคารโรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรศาสตร์ และห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น แบ่งออกเป็น 2 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1 การศึกษาวัสดุประสาน ใช้วัสดุประสาน 4 ชนิด คือ methylhydroxy ethylcellulose (MHEC), hydroxylpropyl methylcellulose (HPMC), polyvinyl pyrrolidone (PVP-K90) และ polyvinyl alcohol (PVA) และใช้ calcium sulfate อัตรา 250 กรัม เป็นวัสดุพอกต่อเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม 10 กรัม การทดลองที่ 2 การศึกษาวัสดุพอก ใช้วัสดุพอก 6 ชนิด คือ talcum, calcium carbonate, calcium sulfate, calcium carbonate ร่วมกับ pumice, calcium carbonate ร่วมกับ bentonite และ calcium carbonate ร่วมกับ zeolite และใช้ methylhydroxy ethylcellulose อัตรา 0.5 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก เป็นวัสดุประสานต่อเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม 10 กรัม จากการตรวจสอบตรวจสอบลักษณะทางกายภาพเมล็ดพอก พบว่าเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่พอกด้วย MHEC และ calcium sulfate สามารถขึ้นรูปเมล็ดพอกได้ง่าย เมล็ดพอกมีความกรอบต่ำ และสามารถละลายน้ำได้ดี เมื่อตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการพอกพบว่า การใช้ MHEC เป็นวัสดุประสาน และ calcium sulfate เป็นวัสดุพอก ไม่มีผลต่อความงอกและความเร็วในการงอก นอกจากนี้ยังพบว่าการพอกเมล็ดพันธุ์ทุกกรรมวิธีทำให้ต้นกล้าผักกาดหอมมีรากยาวกว่าเมล็ดพันธุ์ไม่พอก

คำสำคัญ: การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์, แคลเซียมซัลเฟต, เมทิลไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลส

ABSTRACT: Lettuce seeds are small, flat shapes and less food accumulated in the seed. Seed pelleting as a way to raise the quality of the seed that suitable for planting. Binder and filler materials are key elements to make seed pelleting successfully. The objective of this research was to find types of suitable binder and filler materials for pelleting of lettuce seeds. The experiment was conducted at the Seed technology laboratory, Seed Processing Plant, Faculty of Agriculture and Pharmaceutical technology laboratory, Faculty of Pharmacy, Khon Kaen University. This experiment consisted of two parts. The first part was the study on four binder materials for seed pelleting including methylhydroxy ethylcellulose (MHEC), hydroxylpropyl methylcellulose

¹ สาขาวิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จ.ขอนแก่น 40002
Department of Plant science and Agricultural Resource Faculty of Agriculture, Khon Kaen University,
KhonKaen 40002, Thailand.

* Corresponding author: boonmee@kku.ac.th

(HPMC), polyvinyl pyrrolidone (PVP-K90) and polyvinyl alcohol (PVA). Calcium sulphate of 250 g was used as a filler per 10 g of lettuce seed. The second part was the study on six filler materials including talcum, calcium carbonate, calcium sulfate, calcium carbonate with pumice, calcium carbonate with bentonite and calcium carbonate with zeolite. Methylhydroxy ethylcellulose 0.5% (w/w) was used as a binder per 10 g of lettuce seed. Physical quality of pelleted seeds were subsequently tested. The results indicated that the pelleted seeds of lettuce with MHEC and calcium sulfate could be formed easily. The pelleted seeds had low friability than the other methods, but it was dissolved in water very well. The pelleted seeds with MHEC and calcium sulfate had not affect on germination and speed of germination. In addition, it also found that the seedling of pelleted seeds has longer roots length than the unpelleted seeds.

Keywords: seed enhancement, calcium sulfate, methylhydroxy ethylcellulose

บทนำ

ผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) เป็นพืชผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เนื่องจากมีการบริโภคตลอดทั้งปี และมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ สำหรับในประเทศไทยนั้นมีการนำเข้าเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมปริมาณ 40.82 ตัน คิดเป็นมูลค่า 24.89 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) ในกระบวนการผลิตผักกาดหอมเกษตรกรส่วนใหญ่จะประสบปัญหาในด้านการเพาะกล้า ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้า (Damrosch, 2012; Zareian et al., 2013) เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมเป็นเมล็ดพันธุ์ขนาดเล็ก มีรูปร่างแบน น้ำหนักเบา และมีอาหารสะสมในเมล็ดน้อย จึงทำให้เกษตรกรและฟาร์มผู้ผลิตในประเทศไทยต้องนำเข้าเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่ผ่านการพอกจากต่างประเทศ ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีราคาเพิ่มสูงขึ้น และเพิ่มต้นทุนการผลิตมากถึง 5 เท่าตัว (จักรพงษ์ และบุญมี, 2558) จากปัญหาดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมเพื่อใช้เองในประเทศไทย

การพอกเมล็ดพันธุ์ (seed pelleting) เป็นวิธีการปรับปรุงลักษณะเมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา หรือมีรูปร่างไม่แน่นอน โดยทำให้เมล็ดพันธุ์ถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุพอก หรือสารเติมเต็มชนิดต่างๆ ทำให้เมล็ดพันธุ์มีขนาดใหญ่ขึ้น มีน้ำหนักเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ทำให้มีขนาดและรูปร่างแน่นอนตามที่ต้องการ เพื่อความเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูก และสะดวกในการใช้กับเครื่องจักร (บุญมี, 2558;

Zenk, 2004; Gregg and Billups, 2010; Kubik, 2015) ซึ่งการพอกเมล็ดพันธุ์จะประสบความสำเร็จได้นั้นขึ้นอยู่กับชนิดและอัตราส่วนของวัสดุประสานและวัสดุพอก โดยวัสดุประสานจะทำหน้าที่เป็นกาวที่ยึดเกาะระหว่างผิวของเมล็ดพันธุ์ และอนุภาคของวัสดุพอกเองให้ติดกันไม่หลุดร่วงออกจากกัน ซึ่งกลุ่มของวัสดุประสานมีมากมายหลายประเภท มีทั้งสารเคมีสังเคราะห์ และวัสดุธรรมชาติ โดยส่วนใหญ่ที่นิยมกันมาก ได้แก่ methylcellulose (MC), hydroxypropyl methylcellulose (HPMC), hydroxyl cellulose (HPC), hydroxyethyl cellulose (HEC), polyethylene glycols (PEG), polyvinyl pyrrolidone (PVP) และ polyvinyl alcohol (PVA) เป็นต้น (พิสิทธิ, 2535; อรอนงค์, 2548; Taylor and Harman, 1990) ส่วนวัสดุพอก (filler materials) จะต้องมีความเหมาะสม เนื่องจากวัสดุพอกเป็นส่วนสำคัญในการเปลี่ยนแปลงขนาด รูปร่าง และน้ำหนักของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งวัสดุพอกที่ดีควรมีคุณสมบัติในการขึ้นรูปเมล็ดพอกได้ง่าย มีขนาดของอนุภาคที่สม่ำเสมอ ไม่ขัดขวางกระบวนการซึมผ่านของน้ำ ก๊าซออกซิเจน และที่สำคัญต้องไม่เป็นพิษหรือส่งผลเสียต่อคุณภาพและการงอกของเมล็ดพันธุ์ (Hill, 1999) โดยทั่วไปวัสดุพอกที่นิยมนำมาใช้ในการพอกเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ vermiculite, pumice, gypsum, bentonite, dolomite, zeolite, kaolin clay, limestone และ diatomaceous earth เป็นต้น (Porter and Kaerwer, 1972; Kitamura et al., 1981) จากการศึกษาการพอกเมล็ดพันธุ์ฝ้ายโดยใช้ carboxy methylcellulose เป็นวัสดุประสาน และใช้ vermiculite เป็นวัสดุพอกทำให้

ความงอกของเมล็ดพันธุ์ฝ้าย (*Gossypium hirsutum* L.) เพิ่มขึ้นร้อยละ 24.50 (Evlakova, 1985) และจากการวิจัยของ Gouda et al. (2008) ใช้ polyvinyl acetate และ gum arabic เป็นวัสดุประสานในการพอกเมล็ดพันธุ์หุ้มทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ สุริยา และบุญมี (2558) พบว่าการพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบด้วย hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) เป็นวัสดุประสาน และ talcum ร่วมกับ pumice เป็นวัสดุพอกทำให้ขึ้นรูปเมล็ดพอกได้ง่าย และทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกสูงที่สุด จะเห็นได้ว่าขนาดและรูปร่างของเมล็ดพันธุ์จะมีความจำเพาะต่อวัสดุประสานและวัสดุพอกที่แตกต่างกัน ซึ่งวิธีการพอกที่เหมาะสมจะช่วยให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพดีกว่าเมล็ดพันธุ์ไม่พอก อีกทั้งยังทำให้เมล็ดพอกมีความงอกที่สม่ำเสมอและช่วยให้ต้นกล้าเจริญเติบโตแข็งแรงเพิ่มมากขึ้น (Bruggink, 2005; Kim et al., 2005; Anbarasan et al., 2016) ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษานิดและอัตราส่วนของวัสดุประสานและวัสดุพอกที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอม เพื่อการพัฒนาวิธีการพอกเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอมสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ต่อไป

วิธีการศึกษา

ดำเนินการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ อาคารโรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรศาสตร์ และห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โดยได้รับความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอมพันธุ์ RUTLL 58-1 จากคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง ทำการวิจัยระหว่างเดือนมกราคม-มิถุนายน 2559 ดำเนินวิธีการทดลองดังนี้

1. การพอกเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอมด้วยวัสดุประสานที่มีชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน

นำเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอมมาพอก โดยจะใช้วัสดุประสาน 4 ชนิด คือ methylhydroxy ethylcellulose

(MHEC), hydroxypropyl methylcellulose (HPMC), polyvinyl pyrrolidone (PVP-K90) และ polyvinyl alcohol (PVA) และใช้ calcium sulfate อัตรา 250 กรัม เป็นวัสดุพอกต่อเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอม 10 กรัม โดยวิธีการพอกเมล็ดพันธุ์มี 9 กรรมวิธี ประกอบด้วย เมล็ดพันธุ์ไม่พอก (B0), เมล็ดพันธุ์ที่พอกด้วย MHEC และ HPMC แต่ละชนิดใช้อัตรา 0.3 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (B1, B2, B3 และ B4 ตามลำดับ), เมล็ดพันธุ์ที่พอกด้วย PVP-K90 และ PVA แต่ละชนิดใช้อัตรา 4 และ 5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (B5, B6, B7 และ B8 ตามลำดับ) โดยทำการพอกเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอมด้วยเครื่องพอกแบบถังหมุน (rotary drum) รุ่น SKK11 แล้วนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกมาลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นชนิดลมแห้งรุ่น SKK09 ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ให้มีความชื้นเท่ากับความชื้นของเมล็ดพันธุ์ก่อนการพอก (5%) หลังจากนั้นสุ่มตัวอย่างเมล็ดพอกมาตรวจสอบลักษณะทางกายภาพเมล็ดพอกและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่างๆ (รายละเอียดในข้อ 3)

2. การพอกเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอมด้วยวัสดุพอกที่มีชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน

นำเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอมมาพอก โดยใช้ methylhydroxy ethylcellulose (MHEC) อัตรา 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักเป็นวัสดุประสาน เนื่องจากวัสดุประสานชนิดนี้สามารถขึ้นรูปเมล็ดพอกได้ง่าย และไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอม (จากการทดลองที่ 1) และใช้วัสดุพอกต่างชนิดกัน มีวิธีการพอกเมล็ดพันธุ์ 7 กรรมวิธี ประกอบด้วย เมล็ดพันธุ์ไม่พอก (F0), เมล็ดพันธุ์ที่พอกด้วย talcum (F1), calcium carbonate (F2), calcium sulfate (F3), calcium carbonate ร่วมกับ pumice (F4), calcium carbonate ร่วมกับ bentonite (F5) และ calcium carbonate ร่วมกับ zeolite (F6) ต่อเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอม 10 กรัม โดยทำการพอกเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอมด้วยเครื่องพอกแบบถังหมุน (rotary drum) รุ่น SKK11 แล้วนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกมาลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นชนิดลมแห้งรุ่น SKK09 ที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ให้มีความชื้น

เท่ากับความเร็วของเมล็ดพันธุ์ก่อนการพอก (5%) หลังจากนั้นสุ่มตัวอย่างเมล็ดพอกมาตรวจสอบลักษณะทางกายภาพเมล็ดพอกและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่างๆ (รายละเอียดในข้อ 3)

3. การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการพอก

สุ่มตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอมหลังการพอก ร่วมกับวัสดุประสานและวัสดุพอกที่แตกต่างกัน มาตรวจสอบลักษณะทางกายภาพเมล็ดพอกและคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการพอก

3.1 การตรวจสอบกายลักษณะทางภาพเมล็ดพอก

1) การขึ้นรูปของเมล็ดพอก ในระหว่างการพอกเมล็ดพันธุ์จะมีการสังเกตสูตรสารพอกชนิดต่างๆ ที่สามารถยึดเกาะและคลุมผิวของเมล็ดพันธุ์ให้มีลักษณะกลมและสม่ำเสมอได้ง่าย โดยใช้ค่าคะแนน 1-5 ในการประเมินการขึ้นรูปเมล็ดพอก กำหนดให้ 1 = ยากมาก, 2 = ยาก, 3 = ปานกลาง, 4 = ง่าย และ 5 = ง่ายมาก

2) การตรวจสอบน้ำหนักเมล็ดพันธุ์หลังการพอก สุ่มเมล็ดพันธุ์หลังการพอกที่ค้างบนตะแกรงรูเปิดกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 2 มิลลิเมตร จำนวน 1,000 เมล็ด 4 ซ้ำ มาชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักของเมล็ดพันธุ์หลังพอกที่เพิ่มขึ้น

3) การตรวจสอบความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของเมล็ดพอก นำเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอมที่ผ่านการพอกกรรมวิธีละ 4 ซ้ำๆ ละ 3 กรัม ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ซึ่งมีน้ำปริมาตร 30 มิลลิลิตร เพื่อตรวจวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของเมล็ดพอกโดยใช้ Pen-type pH meter รุ่น PH-03 (II)

4) การตรวจสอบความกรอบของเมล็ดพอก สุ่มเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอมหลังพอกจำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ดพอก มาชั่งน้ำหนักก่อนทดสอบหลังจากนั้น นำเข้าเครื่องทดสอบความกรอบ Tablet Friability Tester รุ่น 45-2200 ที่ความเร็ว 25 รอบ/นาที เป็นเวลา 4 นาที (100 รอบ) แล้วชั่งน้ำหนักเมล็ดที่

เหลืออยู่ทั้งหมดหลังทดสอบ จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความกรอบ (คิดแปลงจาก ฐาน 100 และ คณณ, 2556)

5) การละลายของเมล็ดพอก ดัดแปลงจากวิธีของ Anderson et al. (1969) สุ่มเมล็ดพอกจำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 10 เมล็ดพอก แช่ในน้ำปริมาตร 10 มิลลิลิตร โดยแช่ที่ละเมล็ดพอกและบันทึกเวลาการละลายในน้ำของวัสดุพอก

3.2 การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์

1) ความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการ สุ่มเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการพอกและไม่พอกในแต่ละกรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด มาทดสอบความงอกโดยวิธี Top of Paper (TP) นำไปไว้ในตู้เพาะความงอกที่อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส แล้วตรวจนับความงอกจากวันที่ 4 หลังเพาะจนถึงวันที่ 7 หลังเพาะ โดยนำมาประเมินผลการตรวจสอบความงอกและความเร็วในการงอกตามวิธีของ ISTA (2010)

2) การเจริญเติบโตของต้นกล้าในสภาพห้องปฏิบัติการ สุ่มต้นกล้าฝักกาดหอมปกติที่อายุ 7 วันหลังเพาะ จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น มาวัดความยาวลำต้นและราก (เซนติเมตร) โดยความยาวลำต้นจะวัดตั้งแต่บริเวณโคนต้นจนถึงปลายใบ ซึ่งเป็นความยาวของลำต้นรวมกับความยาวของใบ และความยาวรากจะวัดจากโคนรากจนถึงปลายรากของต้นกล้า

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลผลของวัสดุประสานและวัสดุพอกต่างชนิดกันต่อลักษณะทางกายภาพเมล็ดพอกและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ตามแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แปลงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์เพื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี Arcsine transformation และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของวิธีการพอกโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์สถิติสำเร็จรูป

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. คุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการพอกด้วยวัสดุประสานที่แตกต่างกัน

1.1 ลักษณะทางกายภาพเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอมหลังการพอกด้วยวัสดุประสานที่แตกต่างกัน

หลังจากการพอกเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอมด้วยวัสดุประสานชนิดและอัตราแตกต่างกัน พบว่าการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วย MHEC และ HPMC สามารถขึ้นรูปเมล็ดพอกได้ง่าย ส่วนการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วย PVP-K90 และ PVA ไม่สามารถขึ้นรูปเมล็ดพอกได้อย่างสม่ำเสมอ เนื่องจาก PVP-K90 และ PVA มีความหนืดสูง เช่นเดียวกับสารเคลือบที่มีความหนืดสูงกว่า 300 cps จะทำให้เป็นอุปสรรคต่อกระบวนการเคลือบ (อรอนงค์, 2548) เนื่องจากขนาดหยดของสารเคลือบใหญ่ จะแพร่กระจายได้ช้ากว่าสารเคลือบที่มีความหนืดน้อย (กิตติวรรณ และบุญมี, 2557) การพอกเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอมทำให้เมล็ดพันธุ์มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากเดิม 22-26 กรัม เนื่องจากเทคโนโลยีการพอกเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการทำให้เมล็ดพันธุ์ถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุพอกและวัสดุ

ประสาน เพื่อให้มีน้ำหนักเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม มีขนาดและรูปร่างแน่นอนตามที่ต้องการ (นงนุช, 2557; บุญมี, 2558; Butler, 1993; Hill, 1999) เมื่อตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่างของเมล็ดพอก พบว่าเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอมที่พอกด้วยวัสดุประสานชนิดต่างๆ มีความเป็นกรดอ่อนๆ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 6.7-7.0 และการตรวจสอบความก่อกวนของเมล็ดพอกพบว่าการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วย PVP-K90 และ PVA มีเปอร์เซ็นต์ความก่อกวนน้อยกว่า 1% ส่วนการตรวจสอบการละลายน้ำของเมล็ดพอก พบว่าการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วย MHEC อัตรา 0.3 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (B1 และ B2) และ HPMC อัตรา 0.3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (B3) ทำให้เมล็ดพอกสามารถละลายน้ำได้ภายใน 2 นาที ซึ่งค่าละลายน้ำของเมล็ดพอกดังกล่าวไม่มีผลต่อการขัดขวางความสามารถในการดูดน้ำและการซึมผ่านของอากาศเข้าสู่เมล็ดพันธุ์หลังการพอก และไม่มีผลต่อกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์หลังการพอก (ศศิประภา และบุญมี, 2559; Vanangamudi et al., 2006; Peek et al., 2008) (Table 1)

Table 1 Physical properties of lettuce seeds pelleted with different types and concentrations of binder materials.

Treatments ^{1/}	Forming	1,000 seed weight of pelleted (g.)	pH of pelleted seed	Friability of pelleted seed (%)	Dissolution period of pelleted seed (min)
B0	-	0.81 ^{12/}	-	-	-
B1	5	25.36 ^c	6.79 ^e	6.24 ^b	0.41 ^c
B2	4	24.49 ^d	6.75 ^f	1.31 ^c	1.02 ^b
B3	5	23.32 ^h	6.99 ^{bc}	9.43 ^a	0.12 ^d
B4	4	24.18 ^f	7.01 ^b	1.35 ^c	> 2.00 ^{3/a}
B5	3	24.31 ^e	7.06 ^a	0.96 ^{cd}	> 2.00 ^a
B6	2	25.55 ^b	6.94 ^d	0.56 ^{de}	> 2.00 ^a
B7	2	23.89 ^g	6.97 ^{cd}	0.36 ^{de}	> 2.00 ^a
B8	1	26.30 ^a	6.94 ^d	0.05 ^e	> 2.00 ^a
F-Test	-	**	**	**	**
C.V. (%)	-	0.07	0.35	16.89	6.66

** : significantly different at P<0.01.

^{1/} B0 = unpelleted (control); B1 = pelleted seed with MHEC 0.3% (w/w); B2 = pelleted seed with MHEC 0.5% (w/w); B3 = pelleted seed with HPMC 0.3% (w/w); B4 = pelleted seed with HPMC 0.5% (w/w); B5 = pelleted seed with PVP-K90 4% (w/w); B6 = pelleted seed with PVP-K90 5% (w/w); B7 = pelleted seed with PVA 4% (w/w); B8 = pelleted seed with PVA 5% (w/w).

^{2/} Means with in a column followed by the same letter are not significantly at P ≤ 0.05 by DMRT.

^{3/} Pelleted seeds had not dissolve within 30 minutes.

1.2 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกด้วยวัสดุประสานที่แตกต่างกัน

ตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธีมีความเร็วในการงอกที่ต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ไม่พอก (B0) ซึ่งจะเห็นได้ชัดว่า เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกจะชะลอความเร็วในการงอกเล็กน้อย ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Zink (1954) พบว่าเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมไม่พอกจะมีความเร็วในการงอกสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่ผ่านการพอก แต่อย่างไรก็ตาม การพอกเมล็ดพันธุ์ด้วย MHEC อัตรา 0.3 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (B1 และ B2) และ HPMC อัตรา 0.3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (B3) มีความงอกและความเร็วในการงอกไม่แตกต่างจากเมล็ดพันธุ์ไม่พอก (B0) เนื่องจาก MHEC และ HPMC เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลส มีคุณสมบัติที่มีความเหนียวต่ำ ทำให้ลักษณะการขึ้นรูปเมล็ดพอกมีความสม่ำเสมอ อีกทั้งยังสามารถละลายน้ำได้ดี จึงไม่ขัดขวางการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ อีกทั้งรากที่งอกจากเมล็ดพันธุ์สามารถแทงรากผ่านวัสดุประสานและวัสดุพอกได้ง่าย (จักรพงษ์ และบุญมี, 2556; จักรพงษ์, 2557) ซึ่งคล้ายกับงานทดลองของ Evlakova (1985) รายงานว่า การพอกเมล็ดฝ้ายด้วย carboxy methylcellulose ทำให้ความงอกเพิ่มขึ้นจากเดิม 24.50% และ Lowther (1975) ที่ทำการพอกเมล็ด white

clover ด้วยปูนขาวต่อการเกิดปมและการเจริญเติบโต โดยใช้ methylcellulose เป็นวัสดุประสานพบว่าไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ความแข็งแรงของต้นกล้า แต่ Silva and Nakagawa (1998) รายงานว่า การพอกเมล็ดแตงกวาพันธุ์ rubi และเมล็ดผักกาดพันธุ์ Aurelia ด้วยวัสดุประสานที่เป็นองค์ประกอบของอนุพันธ์เซลลูโลส พบว่ามีผลทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลง แต่อย่างไรก็ตามยังคงมีการนำมาใช้ในการพอกเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากคุณสมบัติของวัสดุประสานที่มีองค์ประกอบของอนุพันธ์เซลลูโลสเป็นสารที่มีความเหนียวต่ำและเป็นสารยึดเกาะที่ดี เมื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าพบว่า การพอกเมล็ดพันธุ์ด้วยวัสดุประสานทุกกรรมวิธีมีผลทำให้ต้นกล้าผักกาดหอมมีความยาวลำต้นลดลง แต่ไม่มีผลต่อความยาวราก ซึ่งสอดคล้องกับ Selvaraju (1992) ได้พอกเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างด้วยวัสดุประสานที่ละลายน้ำได้ร่วมกับแร่ธาตุอาหารพบว่า ทำให้เมล็ดข้าวฟ่างมีความงอก ความแข็งแรง ความยาวราก ความยาวต้น และดัชนีความแข็งแรงสูงที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่า การพอกเมล็ดพันธุ์ทำให้ยาสูบมีความสามารถในการงอกและการเจริญเติบโตที่ของต้นกล้าดีกว่าเมล็ดพันธุ์ไม่พอก (สุริยา, 2559; วิชุดา และบุญมี, 2560; Suma et al., 2010; Geetha and Balamurugan, 2011; Guan et al., 2013) (Table 2)

Table 2 Germination percentage, speed of germination, shoot length and root length of lettuce seed pelleted with different binder materials tested under laboratory condition.

Treatments ^{1/}	Laboratory condition			
	Germination (%) ^{3/}	Speed of germination (plant/day)	Shoot length (cm)	Root length (cm)
B0	94 ^{a2/}	23.37 ^a	5.00 ^a	2.67 ^d
B1	90 ^{ab}	21.94 ^{ab}	4.63 ^{a-d}	2.83 ^{cd}
B2	94 ^a	22.67 ^a	4.33 ^{a-d}	2.68 ^d
B3	87 ^{ab}	21.28 ^{a-c}	4.53 ^{cd}	3.00 ^{b-c}
B4	82 ^{bc}	19.71 ^{cd}	4.60 ^{b-d}	3.27 ^{a-c}
B5	74 ^c	17.63 ^d	4.80 ^{a-c}	3.40 ^{ab}
B6	77 ^c	17.85 ^d	4.70 ^{a-d}	2.87 ^{cd}
B7	86 ^{ab}	20.58 ^{bc}	4.67 ^{a-d}	3.60 ^{cd}
B8	74 ^c	17.81 ^d	4.97 ^{ab}	3.23 ^a
F-Test	**	**	*	**
C.V. (%)	5.99	6.00	4.85	9.31

* **: significantly different at P<0.05 and P<0.01 respectively.

^{1/} B0 = unpelleted (control); B1 = pelleted seed with MHEC 0.3% (w/w); B2 = pelleted seed with MHEC 0.5% (w/w); B3 = pelleted seed with HPMC 0.3% (w/w); B4 = pelleted seed with HPMC 0.5% (w/w); B5 = pelleted seed with PVP-K90 4% (w/w); B6 = pelleted seed with PVP-K90 5% (w/w); B7 = pelleted seed with PVA 4% (w/w); B8 = pelleted seed with PVA 5% (w/w).

^{2/} Means with in a column followed by the same letter are not significantly at P ≤ 0.05 by DMRT.

^{3/} Data are transformed by the arcsine before statistical analysis.

2. คุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการพอกด้วยวัสดุพอกที่แตกต่างกัน

2.1 ลักษณะทางกายภาพเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอมหลังการพอกด้วยวัสดุพอกที่แตกต่างกัน

การพอกเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอมด้วย calcium carbonate (F2) และ calcium sulfate (F3) สามารถขึ้นรูปเมล็ดพอกได้ง่าย และผิวของเมล็ดพอกมีความสม่ำเสมอ ส่วนการพอกเมล็ดด้วย calcium carbonate ร่วมกับ bentonite (F5) ไม่สามารถขึ้นรูปเมล็ดพอกได้อย่างสม่ำเสมอ และมีผลทำให้ผิวของเมล็ดพอกไม่เรียบเนียน (Figure 1) เนื่องจาก bentonite มีโครงสร้างเป็นผลึก 3 ชั้น คือ almina octahedral sheet แทรกอยู่ระหว่าง silica tetrahedral 2 ชั้น (สรินทร, 2550) จากโครงสร้างที่เป็นผลึกจึงไม่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดเล็ก การพอกเมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอมทุกกรรมวิธีจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากเดิมประมาณ 30-50 เท่า ทำให้มีขนาดรูปร่างแน่นอนตามที่ต้องการ ผิวเมล็ดพอกสีนวลได้ดี ปลุกได้ง่าย และสะดวกในการใช้กับเครื่องจักรเพิ่มขึ้น (ธีระศักดิ์ และ บุญมี, 2554; บุญมี, 2558; Butler, 1993) จากการทดลอง Hill (1999) พบว่า การพอกเมล็ดพันธุ์หอยทำให้เมล็ดพอกมีขนาดเพิ่มขึ้นประมาณ 6 เท่า และ

จักรพงษ์ และบุญมี (2556) พบว่า การพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบทำให้เมล็ดพันธุ์มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นประมาณ 30 เท่า เมื่อตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่างของเมล็ดพอกพบว่า เมล็ดพันธุ์ฝักกาดหอมที่พอกด้วย calcium sulfate (F3) และ calcium carbonate ร่วมกับ bentonite (F5) มีความเป็นด่างอ่อนๆ โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 7.0-7.5 และจากการตรวจสอบความกร่อนของเมล็ดพอก พบว่าการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วย calcium carbonate ร่วมกับ pumice (F4) มีเปอร์เซ็นต์ความกร่อนน้อยที่สุด (0.42%) และไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่พอกด้วย calcium sulfate (F3) และ calcium carbonate ร่วมกับ bentonite (F5) ส่วนการตรวจสอบการละลายน้ำของเมล็ดพอก จะเห็นได้ว่าเมล็ดพันธุ์ที่พอกด้วย calcium carbonate (F2) และ calcium carbonate ร่วมกับ bentonite (F5) เมล็ดพอกสามารถละลายน้ำได้ดีที่สุด เนื่องจากวัสดุพอกสองชนิดนี้มีลักษณะเป็นผงแป้งละเอียด คุณสมบัติในการดูดซับความชื้นได้ดี สามารถแลกเปลี่ยนไอออนได้ (Hirota et al., 1989) เมื่อน้ำแทรกซึมระหว่างอนุภาคจึงทำให้เมล็ดพอกแยกตัวออกจากกันได้ง่ายกว่าวัสดุพอกชนิดอื่น (Table 3)

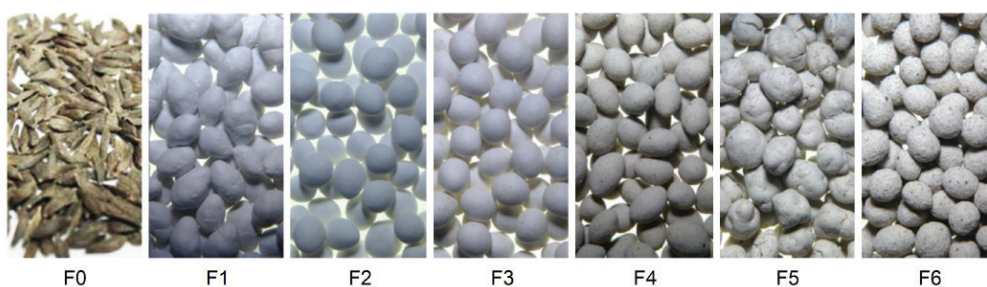


Figure 1 Physical characteristics of lettuce seeds pelleted with different filler materials; unpelleted (F0), pelleted seed with talcum 350 g. (F1), pelleted seed with calcium carbonate 350 g. (F2), pelleted seed with calcium sulfate 350 g. (F3), pelleted seed with calcium carbonate 50 g. and pumice 300 g.(F4), pelleted seed with calcium carbonate 50 g. and bentonite 300 g. (F5), pelleted seed with calcium carbonate 50 g. and zeolite 300 g. (F6).

Table 3 Physical properties of lettuce seeds pelleted with different types of filler materials.

Treatments ^{1/}	Forming	1,000 seed weight of pelleted (g.)	pH of pelleted seed	Friability of pelleted seed (%)	Dissolution period of pelleted (min)
F0	-	0.81 ^{12/}	-	-	-
F1	3	34.70 ^c	8.92 ^b	52.33 ^a	> 2.00 ^{3/a}
F2	5	39.11 ^b	9.05 ^a	30.33 ^b	0.17 ^c
F3	5	39.70 ^a	7.45 ^e	1.21 ^d	1.27 ^b
F4	4	32.55 ^d	8.49 ^c	0.42 ^d	1.24 ^b
F5	2	38.92 ^b	7.16 ^f	2.68 ^d	0.17 ^c
F6	1	28.22 ^e	8.09 ^d	11.38 ^c	0.44 ^c
F-Test	-	**	**	**	**
C.V. (%)	-	0.65	0.53	23.77	42.88

** : significantly different at $P < 0.01$.

^{1/} F0 = unpelleted (control); F1 = pelleted seed with talcum 350 g.; F2 = pelleted seed with calcium carbonate 350 g.; F3 = pelleted seed with calcium Sulfate 350 g.; F4 = pelleted seed with calcium carbonate 50 g. and pumice 300 g.; F5 = pelleted seed with calcium carbonate 50 g. and bentonite 300 g.; F6 = pelleted seed with calcium carbonate 50 g. and zeolite 300 g.

^{2/} Means with in a column followed by the same letter are not significantly at $P \leq 0.05$ by DMRT.

^{3/} Pelleted seeds had not dissolve within 30 minutes.

2.2 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกด้วยวัสดุพอกที่แตกต่างกัน

การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกด้วยวัสดุพอกที่แตกต่างกัน พบว่าการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมด้วย calcium sulfate (F3) มีความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการสูงที่สุด (94%) แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมล็ดพันธุ์ไม่พอก (F0) และเมล็ดพันธุ์ที่พอกด้วย calcium carbonate (F2) ซึ่งสอดคล้องกับงานทดลองของ Coraspe et al. (1993) พบว่าการทดสอบความงอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมในห้องปฏิบัติการไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างเมล็ดพันธุ์ไม่พอกและเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอก ส่วน Kiran et al. (2014) พบว่าการพอกเมล็ดพันธุ์ทานตะวันทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ไม่พอก และการศึกษาการพอกเมล็ดพันธุ์งา พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกนั้นจะมีความงอกสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ไม่พอก (Tuna and Ahmet, 2009) แต่การพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมด้วย calcium sulfate (F3) มีความเร็วในการงอกต่ำกว่าเมล็ดพันธุ์ไม่พอก (F0) แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่ผ่าน

การพอกถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุพอกจึงทำให้เมล็ดพันธุ์มีความสามารถในการงอกสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ไม่พอก (Soulange and Levantard, 2008) เมื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม พบว่าการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมทุกกรรมวิธีมีความยาวลำต้นไม่แตกต่างกัน แต่มีผลต่อความยาวรากของต้นกล้าผักกาดหอม โดยการพอกเมล็ดพันธุ์การพอกเมล็ดพันธุ์ทำให้ต้นกล้าผักกาดหอมมีความยาวรากยาวขึ้นถึง 0.63-1.78 เซนติเมตร (25-70%) จากการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วยวัสดุพอกที่แตกต่างกัน ทำให้ต้นกล้าผักกาดหอมมีความยาวของรากเพิ่มขึ้นและแตกต่างจากเมล็ดพันธุ์ไม่พอกอย่างชัดเจน และการทดลองของ Shashibhaskar et al. (2011) ได้ทำการศึกษาการพอกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศพันธุ์ CV.PKM-1 ด้วย zinc sulfate พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกมีการเจริญเติบโต และผลผลิตสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ไม่พอก นอกจากนี้ Soulange and Levantard (2008) รายงานว่า ในระหว่างการทดสอบความงอก สังเกตเห็นได้ว่า เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ผ่านการพอกต้นกล้าจะมีใบสีเขียว และมีขนาดใหญ่กว่าต้นกล้าที่เกิดจากเมล็ดพันธุ์ไม่พอก (Table 4)

Table 4 Germination percentage, speed of germination, shoot length and root length of lettuce seed pelleted with different filler materials tested under laboratory condition.

Treatments ^{1/}	Laboratory condition			
	Germination (%) ^{3/}	Speed of germination (plant/day)	Shoot length (cm)	Root length (cm)
F0	93 ^{a2/}	21.60 ^a	4.99	2.57 ^d
F1	74 ^c	17.22 ^c	4.92	3.60 ^b
F2	92 ^a	20.87 ^a	4.86	4.10 ^a
F3	94 ^a	21.41 ^a	4.76	3.20 ^c
F4	69 ^c	16.31 ^c	4.77	4.19 ^a
F5	81 ^b	18.70 ^b	4.59	3.60 ^b
F6	82 ^b	19.45 ^b	4.57	4.35 ^a
F-Test	**	**	ns	**
C.V. (%)	4.50	4.00	7.44	6.07

ns, *, **: nonsignificantly, significantly different at $P < 0.05$ and $P < 0.01$ respectively.

^{1/} F0 = unpelleted (control); F1 = pelleted seed with talcum 350 g.; F2 = pelleted seed with calcium carbonate 350 g.; F3 = pelleted seed with calcium Sulfate 350 g.; F4 = pelleted seed with calcium carbonate 50 g. and pumice 300 g.; F5 = pelleted seed with calcium carbonate 50 g. and bentonite 300 g.; F6 = pelleted seed with calcium carbonate 50 g. and zeolite 300 g.

^{2/} Means with in a column followed by the same letter are not significantly at $P \leq 0.05$ by DMRT.

^{3/} Data are transformed by the arcsine before statistical analysis.

สรุป

1. การพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมด้วย methylhydroxy ethylcellulose และ calcium sulfate ทำให้คุณภาพด้านกายภาพของเมล็ดพอกดีที่สุดสามารถขึ้นรูปเมล็ดพอกได้ง่าย ผิวของเมล็ดพอกเรียบเนียน ไม่มีรอยแตกกร้าว เมล็ดพอกมีความกรอบน่ำ สามารถละลายน้ำได้ดี

2. วัสดุประสาน methylhydroxy ethylcellulose และวัสดุพอก calcium sulfate ไม่ขัดขวางความสามารถในการดูดน้ำและการซึมผ่านของอากาศเข้าสู่เมล็ดพันธุ์หลังการพอก และไม่มีผลต่อความงอกและความเร็วในการงอก

3. การพอกเมล็ดพันธุ์ทุกกรรมวิธีทำให้ต้นกล้าผักกาดหอมมีรากยาวกว่าเมล็ดพันธุ์ไม่พอก

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) และห้างหุ้นส่วน ยูฟาร์ม จำกัด

ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัย และขอขอบคุณอาคารโรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ และห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนในด้านสถานที่และวัสดุอุปกรณ์ในการทำงานทดลองในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- กิตติวรรณ กล้ารอด และ บุญมี ศิริ. 2557. การเปรียบเทียบชนิดของสารเคลือบต่อการเคลือบเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม. เกษตร. 41(ฉบับพิเศษ 1): 97-103.
- จักรพงษ์ กางโสภา และ บุญมี ศิริ. 2556. ผลของการพอกเมล็ดด้วย pumice zeolite และ bentonite ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนีย. เกษตร. 41(ฉบับพิเศษ 1): 257-262.
- จักรพงษ์ กางโสภา และ บุญมี ศิริ. 2558. ศักยภาพของการใช้ carboxymethyl cellulose และ hydroxypropyl methylcellulose เป็นวัสดุประสาน สำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม. เกษตร. 43(ฉบับพิเศษ 1): 268-273.

- จักรพงษ์ กางโสภา. 2557. ผลของสูตรตำรับและวิธีการพอกเมล็ดด้วยสารเคมีป้องกันโรคเน่าคอดินต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ยาสูบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ญานิศา บุญวัชรพันธ์, แสงระวี สุทธิปริญยานนท์ และ ผดุงขวัญ จิตโรภาส. 2556. การศึกษาความเป็นไปได้ของแป้งข้าวเจ้าตัดแปรด้วยด่างในแอลกอฮอล์เพื่อใช้เป็นสารช่วยแตกตัวในยาเม็ด. ใน: การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 15 ณ วิทยาลัยการปกครองท้องถิ่น.
- ธีระศักดิ์ สาขามูละ และ บุญมี ศิริ. 2554. ผลของขนาดเมล็ดต่อความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวโพด. แก่นเกษตร. 39(ฉบับพิเศษ): 98-103.
- นงนุช แสงหิน. 2557. ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไร่ขนาดเล็กด้วยฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ การเจริญเติบโตของต้นกล้าและผลผลิต. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- บุญมี ศิริ. 2558. การปรับปรุงสภาพและการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์. โรงพิมพ์คลังนานา, ขอนแก่น.
- พิสิทธิ สุทธิอารมณ และ ภาณุณี ถนอมเกียรติ. 2535. Tablet Coating. แผนกวิชาเภสัชอุตสาหกรรม คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- วิชุดา คะสีทอง และ บุญมี ศิริ. 2560. ผลของการเคลือบก่อนพอกด้วยสารป้องกันโรคพืชที่มีต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของต้นกล้ายาสูบ. แก่นเกษตร. 45(ฉบับพิเศษ 1): 217-223.
- ศศิประภา บัวแก้ว และ บุญมี ศิริ. 2559. ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วย Methylhydroxy Ethylcellulose และ Polyvinyl pyrrolidone เป็นวัสดุประสานต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม. แก่นเกษตร. 44(ฉบับพิเศษ 1): 356-361.
- สรินทร ลิ้มปนาท. 2550. ดินเบนโทไนต์. แหล่งที่มา: <https://goo.gl/4thbDk>. ค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2559.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2559. สถิติการส่งออก-นำเข้า. แหล่งที่มา: <http://www.oae.go.th>. ค้นเมื่อ 18 กรกฎาคม 2559.
- สุริยา ตราชู และ บุญมี ศิริ. 2558. การพอกเมล็ดด้วย pumice talcum และ green cal ที่มีผลต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ยาสูบเวอร์จิเนีย. แก่นเกษตร. 41(ฉบับพิเศษ 1): 83-88.
- สุริยา ตราชู. 2559. ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วยธาตุอาหารพืชที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ยาสูบ. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- อรอนงค์ กิตติพงษ์พัฒนา. 2548. สารเคลือบ: เอกสารคำสอนระดับปริญญาตรี ภาควิชาสารช่วยสำหรับรูปแบบยาเตรียมของแข็ง. สายวิชาวิทยาศาสตร์เภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- Anbarasan, R., P. Srimathi, and A. Vijayakumar. 2016. . Influence of nutrient pelleting on seed quality improvement in redgram (*Cajanus cajan* L.). India Legume Research. 39: 584-589.
- Anderson, R.A., H.F. Conway, V.F. Pfeifer, and E.L. Griffin. 1969. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. Cereal Science Today. 14: 4-12.
- Bruggink, G.T. 2005. Flower Seed priming, Pregermination, Pelleting and Coating. McDonald, M.B. and Kwong, F.Y. (eds). pp. 249-262. In: Flower seed biology and technology. CABI publishing, USA.
- Butler, R. 1993. Coatings films and treatments. Seed World October. pp. 19-24.
- Coraspe, H.M., H.G. Idiarte, and K. Minami. 1993. Avaliacao do efeito da peletizacao sobre o vigor de sementes de alface (*Lactuca sativa* L.). Scientia Agricola, Piracicaba. 50: 349-354.

- Damrosch, B. 2012. Why you should try pelleted seeds. Available: <https://goo.gl/XgvEMS>. Accessed Aug. 18, 2016.
- Evlakova, E.S. 1985. Effect of concentration of physiologically active compounds on germination of pelleted cotton seeds. Materialy-republicans-koi-nauchno teoreticheskoi konferentsii molodykh-uchenykh-i-spektialistov tadjikskoi SSR-sektsiya-biology. 35: 50-55.
- Geetha, V.V., and P. Balamurugan. 2011. Organic Seed Pelleting in Mustard. Research Journal of Seed Science. 4: 174-180.
- Gouda, V.M., S.N. Vasudevan, M.B. Kurdikeri, N. Basavaraj, and B.B. Channappagoudar. 2008. Influence of seed pelleting on storability of onion (*Allium cepa* L.) Seeds. Karnataka Journal of Agricultural Sciences. 21: 206-211.
- Gregg, B.R., and G. L. Billups. 2010. Seed Conditioning Volume Two Technology Part-A. Science Publishers, New York.
- Guan, Y., J. Wang, J. Hu, Y. Li, W. Ma, W. Hu, and S. Zhu. 2013. Pathway to keep seed security: The application of fluorescein to identify true and fake pelleted seed in tobacco. Industrial Crops and Products. 45: 367-372.
- Hill, H.J. 1999. Advances in Seed Technology. Original of New seeds. The Haworth Press, Inc 1(1).
- Hirota, H., M. Fukuyama, and T. Kanno. 1989. Improving seed pellets for grassland renovation. pp. 541-542. In: Conference paper Proceedings of the XVI International Grassland Congress, 4-11 October 1989, Nice, France.
- ISTA. 2010. International Rules for Seed testing. Seed Science and Technology. Glattbrugg, Switzerland.
- Kim, J.D., C.H. Kwon, S.G. Kim, J.K. Kim, and S.N. Hur. 2005. Development of seed pelleting Technique for surface sowing of alfalfa. Affiliation Cheonan Yonam College, Sunghwan, Cheonan-Si 330-709, Korea Republic, Jouenal of Animal Science and Technology. 47: 475-480.
- Kiran, S.P., R. Paramesh, G.K. Nishanth, Channakeshava, and B. Niranjana Kumara. 2014. Influence of Seed Pelleting on Seed Quality of Sunflower hybrid seed production of KBSH-53 (*Helianthus annuus* L.). International Journal of Advances in Pharmacy. Biology and Chemistry. 3: 2277-4688.
- Kitamura, S., M. Watanabe, and M. Nakazama. 1981. Sumitomo Chemical Company, assignee. Process for producing coated seed. United States Patent 4,250,660. Feb, 17.
- Kubik, K. 2015. Putting pellets around seed: a science and an art, newsletter-6. Available: <https://goo.gl/WgLpDx>. Accessed May 13, 2016.
- Lowther, W.L. 1975. Interaction of lime and seed pelleting on the nodulation and growth of white clover. New Zealand Journal of Agricultural Research. 18: 357-360.
- Peek D.R., T.D. Reed, C.S. Johnson, P.J. Semtner, and C.A. Wilkinson. 2008. Burley Tobacco Production Guide. Virginia Cooperative Extension, Virginia State University.
- Porter, F.E., and H.E. Kaerwer. 1972. Coated seeds and methods. United States Patent 3,808,740. May 7.
- Selvaraju, K. 1992. Studies on certain aspects of seed management practices for seed production under moisture stress conditions in sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). M.Sc. (Agri.) Thesis, Tamil Nadu Agri. Univ., Coimbatore.

- Shashibhaskar, M.S., S.N. Vasudevan, S.N. Nagabhushan, and V. Ramanjinappa. 2011. Effect of seed pelleting treatment on growth, seed yield and quality of tomato (*Lycopersicum esculentum* mill.) CV.PKM-1. Plant Archives. 11: 443-445.
- Silva, J.B.C., and J. Nakagawa. 1998. Methods for evaluating cements for seed pelleting. Journal Horticulture Brasileira. 16: 31-37.
- Soulange, J.G., and M. Levantard. 2008. Comparative studies of seed priming and pelleting on percentage and meantime to germination of seeds of tomato (*Lycopersicon esculentum* mill.). African Journal of Agricultural Research. 3: 725-731.
- Suma, N., P. Srimathi, and S.Sumathi. 2010. Influence of nutrient pelleting on seed quality of sesame (*Sesamum indicum* L.). Madras Agric Journal. 97: 23-24.
- Taylor, A.G., and G.E. Harman. 1990. Concepts and technologies of selected seed treatments. Annual Review of Phytopathology. 28: 321-339.
- Tuna, D., and Z. Ahmet. 2009. Improving the traditional sesame seed planting with seed pelleting. African Journal. 8: 6120-6126.
- Vanangamudi, K., K. Natarajan, T. Saravanan, R. Renuka, N. Natarajan, R. Umarani, and A. Bharathi. 2006. Seed hardening, pelleting and coating: Principles and Practices. Satish Serial Publishing House, India.
- Zareian, A., A. Hamidi, H. Sadeghi, and M.R. Jazaeri. 2013. Effect of seed size on some germination characteristics, seedling emergence percentage and yield of three wheat (*Triticumaestivum* L.) cultivars in laboratory and field. Middle-East Journal of Scientific Research. 13: 1126-1131.
- Zenk, P. 2004. Seed coatings get serious. Available: <http://farmindustrynews.com/mag>. Accessed Feb. 1, 2016.
- Zink, F.W. 1954. Studies with pelleted lettuce seed. American Society for Horticultural Science, Davis. 15: 335-341.