

ผลของชนิดสารพอกเมล็ดต่อความงอก และความแข็งแรง ของเมล็ดพันธุ์ยาสูบ

Effects of seed pelleting formulae on seed germination and vigor of tobacco seeds (*Nicotiana tabacum* L.)

จักรพงษ์ กางโสภา¹ และ บุญมี สิริ^{1*}

Jakkrapong Kangsopa¹ and Boonmee Siri^{1*}

บทคัดย่อ: ยาสูบเป็นพืชที่มีเมล็ดขนาดเล็กมาก โดยมีขนาดประมาณ 0.4-1.3 มิลลิเมตร เมล็ดพันธุ์ยาสูบ 1 กรัม มีจำนวนเมล็ดประมาณ 10,000-12,000 เมล็ด ขนาดที่เล็กมากของเมล็ดยาสูบทำให้ไม่สะดวกต่อการเพาะกล้า วิธีการพอกเมล็ดสามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ เนื่องจากการพอกสามารถเพิ่มขนาดและน้ำหนักของเมล็ดพันธุ์ได้ ดังนั้นจึงได้ศึกษาหาตัวการพอกที่เหมาะสมต่อการพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบ ทำการทดลองที่โรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์มหาวิทยาลัยขอนแก่น ใช้แผนการทดลอง CRD จำนวน 4 ซ้ำ มีวิธีการพอกเมล็ดทั้งหมด 7 กรรมวิธี ได้แก่ calcium carbonate, talcum, lime stone, bentonite, zeolite, pumice และเมล็ดไม่พอก (วิธีควบคุม) โดยแต่ละกรรมวิธีใช้น้ำหนักของวัสดุพอกประมาณ 150 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์ 3 กรัม และใช้ hydroxylpropyl methylcellulose (HPMC) เป็นวัสดุประสานที่ระดับความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ โดยน้ำหนัก ผลการทดลองพบว่า เมล็ดพันธุ์ยาสูบที่พอกด้วย pumice มีลักษณะการขึ้นรูปและความสม่ำเสมอของก้อนพอกดีที่สุด และมีน้ำหนักของก้อนพอกเพิ่มขึ้นประมาณ 3.61% เมื่อเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้พอก มีจำนวนเมล็ดยาสูบภายในก้อนพอกประมาณ 1-2 เมล็ด และมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีอีกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่า มีเปอร์เซ็นต์การยึดเกาะติดกับวัสดุพอกดีที่สุด คือ 96-97% และมีค่าความพรุนของวัสดุพอกน้อยที่สุด คือ 0.57% มีเปอร์เซ็นต์ความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลองสูงกว่าการพอกด้วยสารพอกชนิดอื่นๆ แต่ไม่พบความแตกต่างทางกันสัดกับการพอกด้วย talcum และจากการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดด้วยวิธีการเร่งอายุ พบว่าเมล็ดที่พอกด้วย pumice มีเปอร์เซ็นต์ความงอกและความเร็วในการงอกสูงกว่าการพอกด้วยวัสดุพอกชนิดอื่นๆ จากการทดลองนี้สรุปได้ว่า pumice เป็นวัสดุพอกที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบและทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงดีกว่าการพอกด้วยวัสดุพอกชนิดอื่นๆ

คำสำคัญ: ความพรุน, วัสดุพอก, ภูมิ, ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์

ABSTRACT: The tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) seeds are very small: the size of seed is about 0.4-1.3 mm. One gram of tobacco seeds contains about 10,000-12,000 seeds. The very small size of tobacco seeds makes it so difficult to produce seedlings. The pelleting of seeds can solve this problem because it can improve a tobacco seed's size and weight. The objective of this experiment was to find out suitable methods and best formulations of seed pelleting for tobacco seeds. The experiment was conducted at the Seed Processing Plant, Faculty of Agriculture, Khon Kaen University; and was arranged in a completely randomized design with 4 replications. Seven formulations of seed pelleting were pelleted with tobacco seeds. Each formulation used 150 g of the following per 3 g of seeds: calcium carbonate, talcum, limestone, bentonite, zeolite, pumice and no pelleting (control). Hydroxylpropyl methylcellulose (HPMC)

¹ ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ขอนแก่น 40002

Department of Plant Science and Agricultural Resource Faculty of Agriculture, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand.

* Corresponding author: boonmee@kku.ac.th

was used as adhesive with concentration of 4 percent by weight. The results showed that seeds pelleted with pumice can form a suitable pellet with high seed uniformity. The pelleted seeds had about 3.61% more weight when compared with that non-pelleted seeds. After pelleting, the seeds with pumice contained 1-2 seeds per pellet, and had the best solubility in water when compared with that of other formulations. Moreover, pumice had the highest adhesive binding percentage of about 97 percent, and the lowest pelleting friability of about 0.57 percent. Concerning the quality of tobacco seeds after pelleting with pumice, they had higher germination percentages and speeds of germination under laboratory and greenhouse conditions than those of other treatments, but not significantly different from those of the seeds pelleted with talcum. After testing seed vigor of pelleted seeds by accelerated aging, pumice showed the highest germination percentages and speeds of germination in both conditions. In conclusion, this experiment showed that pumice is the most suitable material for pelleting tobacco seeds as they give the highest seed vigor and germination.

Keywords: friability, filler material, pumice, seed vigor

บทนำ

ยาสูบเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย จากการรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2554) มีการส่งออกใบยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนียประมาณ 2,200 ตัน และใบยาสูบพันธุ์เบอร์เลย์ประมาณ 12,600 ตัน เป็นมูลค่ามากกว่า 350 และ 1,600 ล้านบาท ตามลำดับ แต่ในปี 2555 กลับพบว่า มีแนวโน้มในการส่งออกที่ลดต่ำลง โดยใบยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนียลดลงถึง 50 เปอร์เซ็นต์และพันธุ์เบอร์เลย์ลดลงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์ อาจเนื่องมาจากปัจจัยการผลิตในระดับเกษตรกรที่พบกับปัญหาของเมล็ดพันธุ์ยาสูบที่มีขนาดเล็กมาก โดยเฉลี่ยแล้วเมล็ดพันธุ์ยาสูบ 1 กรัม มีประมาณ 12,000 เมล็ด ทำให้เกิดปัญหาการเพาะชำต้นกล้า ซึ่งวิธีการอนุบาลต้นกล้าในปัจจุบันเกษตรกรใช้ขี้เถ้าผสมเมล็ดพันธุ์หรือผสมเมล็ดพันธุ์ในบัวรดน้ำแล้วหว่านและรดไปตามแปลงเพาะกล้าในอัตราประมาณ 1.5 กรัมต่อไร่ ซึ่งการเพาะกล้าด้วยวิธีเหล่านี้ทำให้การออกต้นกล้าไม่สม่ำเสมอ กระจ่ายตัวหนาแน่นไม่เท่ากันและการระบายอากาศไม่ดี ทำให้เชื้อสาเหตุโรคเข้าทำลายได้ง่าย จึงได้นำเทคโนโลยีการพอกเมล็ดพันธุ์ (seed pelleting) เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาดังกล่าว การพอกจะช่วยทำให้เมล็ดยาสูบมีขนาดรูปร่างใหญ่ขึ้น มีความสม่ำเสมอของเมล็ดเพิ่มขึ้นเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการเพาะปลูกมากขึ้น (Zenk, 2004) ซึ่งปัจจัยสำคัญในการเพิ่มขนาดเมล็ดคือวัสดุพอก (filler materials) โดยทั่วไปแล้ววัสดุที่นิยมนำมาใช้พอก คือ vermiculite, pumice, gypsum,

bentonite, dolomite, zeolite, ดินขาว (kaolin clay), หินปูน (limestone), ดินเบา (diatomaceous earth) และปุ๋ยคอก (Porter and Kaerwer, 1972; Kitamura et al., 1981) นอกจากเมล็ดพันธุ์ยาสูบแล้ว ยังมีเมล็ดพันธุ์ขนาดเล็กอีกหลายชนิดที่นิยมนำเทคนิคการพอกเข้ามาช่วยในการปรับปรุงคุณภาพ เช่น เมล็ดถั่วเขียว ลูกเดือย มะเขือเทศ ข้าว ผักกาดหอม หัวหอมใหญ่ และถั่วเหลือง เป็นต้น ซึ่งมีงานทดลองของ Veena (2007) ได้นำเมล็ดหัวหอมใหญ่ที่มีขนาดรูปร่างไม่เหมาะสม จากนั้นนำมาปรับปรุงคุณภาพเมล็ด โดยนำมาพอกร่วมกับ ขี้เถ้า ดินเหนียว และเบนโทไนต์ เพื่อเพิ่มขนาดเมล็ดและศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดหลังการเก็บรักษา ซึ่งเทคนิคของการพอกเมล็ดพันธุ์ยังสามารถเพิ่มเติมสารออกฤทธิ์ชนิดต่างๆ ร่วมกับการพอกได้อีก ดังนั้นจึงได้ทำการวิจัยการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานและวัสดุพอกชนิดต่างกัน เพื่อนำไปใช้ในการพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบ และเป็นแนวทางในการนำเทคนิคการพอกเมล็ดมาใช้ประโยชน์กับเมล็ดพันธุ์พืชชนิดอื่นๆ ในอนาคตต่อไป

วิธีการศึกษา

การทดลองนี้ทำการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการวิทยาการเมล็ดพันธุ์ อาคารปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ระหว่างเดือนพฤษภาคม – สิงหาคม 2556 โดยมีวิธีการศึกษาดังนี้

1. การพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบ

ใช้เมล็ดพันธุ์ยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนีย โดยได้รับการอนุเคราะห์จากสถานีวิจัยยาสูบแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่ มาพอกด้วยวัสดุพอกชนิดต่างๆ โดยแบ่งตามกรรมวิธีที่ศึกษา 7 วิธีการ ประกอบด้วย เมล็ดไม้ไผ่พอก (T1), เมล็ดที่พอกด้วย Calcium carbonate (T2), เมล็ดที่พอกด้วย Talcum (T3), เมล็ดที่พอกด้วย Lime stone (T4), เมล็ดที่พอกด้วย Bentonite (T5), เมล็ดที่พอกด้วย Zeolite (T6) และเมล็ดที่พอกด้วย Pumice (T7) โดยใช้วัสดุประสานชนิด Hydroxylpropyl methylcellulose (HPMC) 4% โดยน้ำหนัก ใช้เมล็ดพันธุ์ยาสูบจำนวน 3 กรัมต่อกรรมวิธีทดลอง จากนั้นทำการพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบด้วยเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์ รุ่น Model SKK11 แล้วนำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกมาลดความชื้น ด้วยเครื่องลดความชื้น SKK09 ให้มีความชื้นเท่ากับ ความชื้นของเมล็ดพันธุ์ก่อนพอก

2. การตรวจสอบคุณภาพทางด้านกายภาพหลังการพอกเมล็ด

ทำการสุ่มตัวอย่างเมล็ดหลังการพอกในแต่ละกรรมวิธี มาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่างๆ ดังนี้

2.1 การประเมินจำนวนเมล็ดยาสูบในก้อนพอก สุ่มเมล็ดพันธุ์หลังการพอกด้วยกรรมวิธีต่างกันจำนวน 10 ก้อนพอกต่อกรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ นำมาทดสอบด้วยแผ่นเหล็กรูปทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 1 เซนติเมตร น้ำหนัก 1 กิโลกรัม หลังจากนั้นตรวจนับจำนวนก้อนพอกที่ถูกกดทับให้แตก และนำมาตรวจสอบจำนวนเมล็ดยาสูบในก้อนพอกของแต่ละกรรมวิธีการพอก

2.2 การประเมินน้ำหนักเมล็ดพันธุ์หลังการพอก โดยสุ่มเมล็ดพันธุ์หลังพอก 1,000 ก้อนพอก/วิธีการ 4 ซ้ำ นำมาชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งละเอียด 3 ตำแหน่ง เพื่อหาน้ำหนักของก้อนพอกที่เพิ่มขึ้น โดยเทียบกับ น้ำหนักเมล็ดพันธุ์ยาสูบ 1,000 เมล็ด มีค่าเฉลี่ยจากการชั่งทดสอบ 4 ครั้งที่ 11.00 กรัม

2.3 การประเมินความสม่ำเสมอของก้อนพอก สุ่มเมล็ดพันธุ์หลังการพอก 100 ก้อนพอก 4 ซ้ำ ทำการ

ร่อนบนตะแกรงที่มีรูเปิดกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 และ 3 มิลลิเมตร จากนั้นนับจำนวนก้อนพอกที่ค้างบนตะแกรงรูเปิดกลมขนาด 2 มิลลิเมตร และนำมาประเมินหาเปอร์เซ็นต์ความสม่ำเสมอของก้อนพอก (ดัดแปลงจาก เชิดพันธุ์ และสุทธิศักดิ์, 2556) จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ก้อนพอกตกค้างบนตะแกรง} = \frac{(\text{น้ำหนักก้อนพอกในแต่ละตะแกรง}) \times 100}{\text{น้ำหนักก้อนพอกทั้งหมด}}$$

2.4 การประเมินคุณภาพการเกาะติดของวัสดุพอก ทำการสุ่ม 100 ก้อนพอก/วิธีการทดลอง 4 ซ้ำ คัดแยกโดยสังเกตก้อนพอกที่มีความสามารถในการยึดเกาะของวัสดุพอกที่ดี โดยมีรูปร่างกลม ขนาดเพิ่มขึ้น มีความสม่ำเสมอของก้อนพอก มีความแข็ง ลักษณะผิวเรียบเนียน และไม่มีการแตกร้าวของก้อนพอก จากนั้นทำการตรวจนับจำนวนก้อนพอกในแต่ละวิธีการที่คัดแยก นำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเกาะติดของวัสดุพอก

2.5 การประเมินความกร่อนของเมล็ดพอก โดยการสุ่มเมล็ดหลังการพอกจำนวน 4 ซ้ำ ละ 1,000 เมล็ด มาชั่งน้ำหนักก่อนทดสอบ จากนั้นนำมาปั่นเหวี่ยงโดยใช้เครื่องเคลือบรุ่น SKK10 ที่ความเร็ว 300 รอบ/นาที เป็นเวลา 3 นาที แล้วชั่งน้ำหนักเมล็ดทั้งหมดหลังการทดสอบ และนำมาประเมินหาเปอร์เซ็นต์ความกร่อนของก้อนพอกในแต่ละกรรมวิธีทดลอง (ดัดแปลงจากกุลทิกา และเกศรา, 2549) จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความกร่อนก้อนพอก} = \frac{(\text{น้ำหนักก้อนพอกก่อนทดสอบ} - \text{น้ำหนักก้อนพอกหลังทดสอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักก้อนพอกก่อนทดสอบ}}$$

2.6 การประเมินความสามารถการละลายน้ำของก้อนพอกโดยสุ่มซ้ำละ 20 ก้อนพอก/วิธีการ 4 ซ้ำ นำมาแช่ในแก้วขนาดปริมาตร 50 มิลลิลิตร ที่มีน้ำปริมาตร 10 มิลลิลิตร จากนั้นจับเวลาตรวจสอบระยะเวลาที่ก้อนพอกสามารถละลายในน้ำได้ (หน่วยเป็นวินาที) โดยสังเกตก้อนพอกเริ่มมีรอยปริแตก และ

นำมาคำนวณหาเวลาของความสามารถในการละลายน้ำได้ของก้อนพอก

3. การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการพอกเมล็ด

การประเมินคุณภาพความงอกของเมล็ดพอกโดยเฉพาะในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลองมีวิธีการดังนี้ คือ

3.1 ความงอกของก้อนพอกในสภาพห้องปฏิบัติการ สุ่มเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการพอกตามกรรมวิธีพอกต่าง ๆ จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ดมาทดสอบความงอกโดยวิธี Top of Paper (TP) นำไปไว้ในตู้เพาะความงอก (อุณหภูมิ 20-25 องศาเซลเซียส) แล้วตรวจนับความงอกหลังการเพาะที่ 7-16 วัน โดยนำมาประเมินผลการตรวจสอบความงอกตามวิธีของ ISTA (2004)

$$\text{ความงอกของก้อนพอกในห้องปฏิบัติการ (\%)} = \frac{(\text{จำนวนของก้อนพอกที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ})}{\text{จำนวนก้อนพอกที่เพาะ}} \times 100$$

3.2 ความงอกของก้อนพอกในสภาพเรือนทดลอง สุ่มเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการพอกตามกรรมวิธีต่างๆ จำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ดมาทดสอบความงอกในถาดหลุม ซึ่งใช้พีทมอสเป็นวัสดุเพาะต้นกล้า แล้วประเมินผลการงอกที่ 7-16 วัน และนำมาประเมินผลการตรวจสอบความงอก เช่นเดียวกับหัวข้อ 3.1

3.3 ความเร็วในการงอก ประเมินความเร็วในการงอกของเมล็ดตามกฎ ISTA (2004) แล้วตรวจนับจำนวนเมล็ดพอกที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ นับทุกวันเป็นเวลา 10 วัน ตั้งแต่วันที่ 7-16 วันหลังเพาะ จากนั้นนำผลการนับมาคำนวณหาความเร็วในการงอกของเมล็ดจากสูตร

$$\text{ความเร็วในการงอก} = \frac{\text{ผลรวมของ (จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน)}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

4. การประเมินความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีการเร่งอายุหลังการพอกเมล็ด

โดยการนำเมล็ดที่ผ่านการพอกและไม่พอก (ชุดควบคุม) ใส่ในถุงผ้าขนาด 10x20 เซนติเมตร วางลงบนตะแกรงที่อยู่ในกล่องเร่งอายุ ภายในกล่องมีน้ำปริมาณ 100 มิลลิลิตร โดยให้ระดับน้ำอยู่ต่ำกว่าตะแกรง 2 เซนติเมตร ปิดกล่องให้สนิทแล้วนำไปไว้ในตู้เร่งอายุเมล็ดพันธุ์ที่มีอุณหภูมิ 43 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นระยะเวลา 96 ชั่วโมง จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์มาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดในลักษณะต่างๆ คือ ความงอก และความเร็วในการงอกตามหัวข้อ 3.1-3.3

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลของการพอกต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการพอก และผลของการพอกต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ ตามแผนการทดลอง Completely Randomized Design (CRD) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของวิธีการพอกโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. คุณภาพด้านกายภาพหลังการพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบด้วยวัสดุพอกชนิดต่างๆ

การพอกด้วยวัสดุพอกชนิด pumice มีจำนวนเมล็ดยาสูบในก้อนพอกเฉลี่ย 1.3 เมล็ด/ก้อนพอก ส่วนการพอกด้วยวัสดุพอกชนิด calcium carbonate และ lime stone มีจำนวนเมล็ดยาสูบในก้อนพอกเฉลี่ย 3 เมล็ด/ก้อนพอก และวัสดุพอกชนิด talcum, bentonite และ zeolite มีจำนวนเมล็ดยาสูบต่อก้อนพอกเฉลี่ย 2.5, 2.0 และ 2.0 เมล็ด/ก้อนพอกตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ชัดว่าการขึ้นรูปของการพอกเมล็ดยาสูบด้วย pumice ส่งผลต่อการขึ้นรูปของก้อนพอกต่อจำนวนเมล็ดยาสูบได้เหมาะสมกว่าวัสดุพอกชนิดอื่นๆ เนื่องจากก้อนพอกที่ดีควรมีจำนวนเมล็ดพันธุ์ยาสูบ 1-2 เมล็ด/ก้อนพอก นอกจากนี้พบว่า การใช้ bentonite และ pumice ทำให้น้ำหนัก 1,000 เมล็ดหลังการพอกเพิ่มสูงขึ้นเป็น 3.60

และ 3.61 เท่าตามลำดับจากน้ำหนักเดิม ส่วนการพอกด้วยวัสดุพอกชนิดอื่นๆ ทำให้น้ำหนักเมล็ดหลังการพอกเพิ่มขึ้นเฉลี่ยประมาณ 3 เท่าจากเดิมเช่นกัน (Table 1) จากการตรวจสอบความสม่ำเสมอหลังการพอกด้วย pumice จะทำให้เมล็ดพอกมีความสม่ำเสมอที่ดีที่สุด 96 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งการพอกเมล็ดด้วย calcium carbonate, talcum และ lime stone จะทำให้อ่อนพอกมีความสม่ำเสมอที่น้อยที่สุด เนื่องจากวัสดุพอกกลุ่มนี้มีลักษณะเป็นผงแป้ง ผิวมัน จึงมีความเหมาะสมน้อยมากเมื่อนำมาขึ้นรูปก่อนพอกให้มีความสม่ำเสมอ ซึ่งเห็นได้ชัดจากเปอร์เซ็นต์การเกาะติดของสารพอก

หลังจากนำมาคัดแยกโดยสังเกตเมล็ดที่มีความสามารถในการยึดเกาะที่ดี มีรูปร่างกลม ขนาดเพิ่มขึ้น มีความแข็ง และไม่มีการหลุดร่วงของวัสดุพอก พบว่า calcium carbonate, talcum และ lime stone มีเปอร์เซ็นต์การเกาะติดของวัสดุพอกน้อย ที่ระดับ 31, 27 และ 28 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่การพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกชนิด pumice และ zeolite ทำให้มีเปอร์เซ็นต์การเกาะติดของวัสดุพอกดีมากถึง 97 และ 91 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ เมื่อนำเมล็ดพอกด้วย talcum, lime stone, calcium carbonate และ pumice ใช้เวลาในการละลายน้ำของก้อนพอก 12, 30, 36 และ 54 วินาที ตามลำดับ เนื่องจากวัสดุพอกชนิดดังกล่าวมีลักษณะเป็นผงแป้งละเอียด ดูดซับน้ำมัน มีความมันวาวของอนุภาค (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, ม.ป.ป.) เมื่อน้ำแทรกซึมระหว่างอนุภาคจึงทำให้อ่อนพอกแยกตัวออกจากกันได้ง่ายกว่าวัสดุพอกชนิดอื่นๆ ส่วน zeolite และ bentonite ใช้เวลาการละลายน้ำ 306 และ 348 วินาที เนื่องจาก bentonite มีโครงสร้างผลึกเป็นแบบสามชั้น คือ มีชั้น almina octahedral sheet แทรกอยู่ระหว่าง silica tetrahedral 2 ชั้น โครงสร้างโดยทั่วไปคล้ายกับ Mica เมื่อดูดซับน้ำแล้วสามารถขยายการพองตัวได้ 15-20 เท่าจากปริมาตรเดิม (สรินทร, 2550) จึงส่งผลต่อการละลายน้ำที่ช้ามาก ส่วน zeolite มีลักษณะโครงสร้างเป็นรูพรุน ทำให้สามารถยึดเกาะกับวัสดุประสานได้เป็นอย่างดี ส่งผลต่อการละลายน้ำได้ช้าลง และเมื่อทำการทดสอบความกรอบของวัสดุพอกพบว่า การพอก

เมล็ดด้วย pumice ทำให้ยึดเกาะกับวัสดุประสานชนิด HPMC ได้เป็นอย่างดี โดยหลังการทดสอบมีความกรอบน้อยที่สุด 0.7 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจาก pumice มีพื้นผิวสัมผัสที่มีความพรุนโปร่ง คล้ายกับโครงสร้างของฟองน้ำ จึงสามารถดูดซับวัสดุประสานให้ยึดเกาะกันอย่างแน่นหนาได้ดี (จักรพงษ์ และบุญมี, 2556ก) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาชนิดของวัสดุประสานชนิดต่างๆ ที่มีความเหมาะสมต่อการพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบ พบว่าการใช้วัสดุพอกชนิด pumice สามารถยึดเกาะกับวัสดุประสานชนิด HPMC ได้ดีที่สุด และมีความกรอบหลังการพอกเมล็ดเพียง 0.57 เปอร์เซ็นต์ (จักรพงษ์ และบุญมี, 2556ข)

ส่วนวัสดุพอกชนิด calcium carbonate, talcum และ lime stone มีเปอร์เซ็นต์ความกรอบมากที่สุด คือ 13.1, 10.3 และ 12.0 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งเห็นได้ชัดจากก้อนพอกที่มีความสม่ำเสมอต่ำ อีกทั้งเปอร์เซ็นต์การยึดเกาะของวัสดุพอกยังต่ำกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ในกลุ่มทดลอง จึงส่งผลต่อการมีเปอร์เซ็นต์ความกรอบของก้อนพอกสูงตามไปด้วย ทั้งนี้ลักษณะคุณสมบัติที่ดีของวัสดุพอก ต้องมีความเหนียวดี มีของแข็งที่มีความเข้มข้นสูง เป็นสารที่มีน้ำเป็นตัวกลาง สามารถปรับสมดุลได้เมื่อแห้งแล้ว (Copeland and McDonald, 1995) อีกทั้งต้องมีความเบาบาง ไม่เป็นพิษ ไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพและการออกของเมล็ดพันธุ์ และต้องไม่ขัดขวางกระบวนการดูดซับน้ำและอากาศของเมล็ด (Hill, 1999) โดยอัตราส่วนความเหมาะสมของการพอกเมล็ดจะแตกต่างกันไปตามชนิดพืช Ni (1907) และ Taylor et al. (1997) รายงานว่า ความเหมาะสมของปริมาณและจำนวนเมล็ดพันธุ์ (ปริมาตรต่อปริมาตร) ของเมล็ดผักกาดหอม หัวบีท และหอมหัวใหญ่ มีอัตราส่วน 17-35:1, 2:1 และ 4-9:1 ตามลำดับ ดังนั้นความเชื่อมโยงของการพอกเมล็ดพันธุ์ ต้องมีองค์ประกอบของการพอกเมล็ดเพื่อให้เกิดสมดุลและคงคุณภาพของเมล็ด และมีรายงานเพิ่มเติมว่าการพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบ เป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากในกระบวนการผลิตใบยาสูบ เพราะจะเป็นเทคนิคที่สร้างศักยภาพการเพาะชำกล้ายาสูบให้อยู่ในตำแหน่งที่ลึกเหนือผิวดินได้สม่ำเสมอ (Hutchens, 1999)

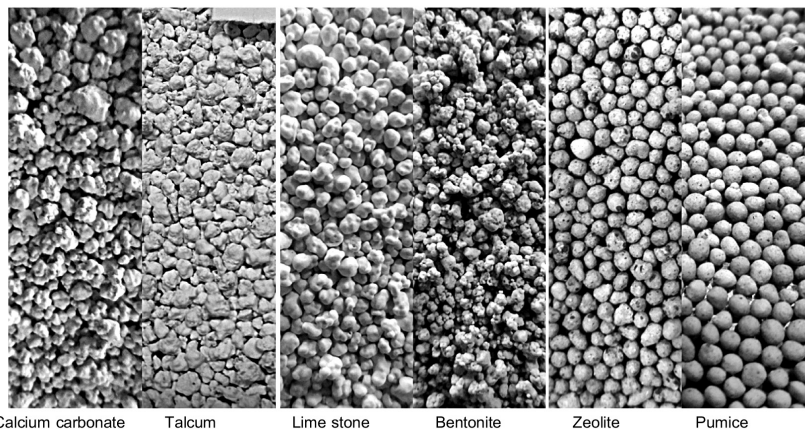
Table 1 Physical property of pelleted seed of pelleted tobacco seeds with different pelleting formulas after pelleting process.

Filler material	Number of seed in pellet (seed)	Pelleted 1,000 seed weight (g)	Uniformity (%)	Adhesiveness (%)	Dissolution period of pulled seed (second)	Friability (%)
T ₁	-	-	-	-	-	-
T ₂	3.2 a	3.01 d	30 d	31 c	36 b	13.1 a
T ₃	2.5 ab	3.20 bc	27 d	27 c	12 b	10.3 c
T ₄	3.0 a	3.10 cd	26 d	28 c	30 b	12.0 b
T ₅	2.0 ab	3.60 a	56 c	66 b	348 a	3.2 d
T ₆	2.0 ab	3.41 ab	90 b	91 a	306 a	3.1 d
T ₇	1.3 b	3.61 a	96 a	97 a	54 b	0.7 e
F-test	*	**	**	**	**	**
CV%	8.9	9.4	5.6	6.8	9.8	9.1

* = significantly different at $P \leq 0.05$, ** = significantly different at $P \leq 0.01$.

Means within a column followed by the same letter are not significantly different at $p \leq 0.05$ by DMRT

T₁ = unpelleting (control), T₂ = calcium carbonate, T₃ = talcum, T₄ = lime stone, T₅ = bentonite, T₆ = zeolite, T₇ = pumice

**Figure 1** Physical characteristics of tobacco seeds pelleted.

2. คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ยาสูบหลังการพอกด้วยวัสดุพอกชนิดต่างๆ

เปอร์เซ็นต์ความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการมีความแตกต่างกันในทางสถิติ โดยเมล็ดที่ผ่านการพอกด้วยวัสดุพอกชนิด pumice มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุด 96 เปอร์เซ็นต์ (Table 2) แต่การทดสอบความงอกในสภาพเรือนทดลองพบว่า วัสดุพอกชนิด talcum และ pumice มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าทุกๆ กรรมวิธีทดสอบ 94 เปอร์เซ็นต์เท่ากัน ส่วนความเร็วในการงอกทั้งสองสภาพการตรวจสอบ พบว่ามีความ

แตกต่างกันในทางสถิติ ซึ่งในสภาพห้องปฏิบัติการกรรมวิธีการพอกด้วย pumice จะทำให้มีความเร็วในการงอกดีที่สุด 13.6 ต้น/วัน และในสภาพเรือนทดลองพบว่า การพอกด้วยวัสดุพอกชนิด talcum และ pumice มีความเร็วในการงอกสูงที่สุด 13.2 ต้น/วัน จากผลการตรวจสอบพบว่า วัสดุพอกชนิด pumice มีคุณสมบัติทางกายภาพที่เหมาะสมต่อการขึ้นรูปก้อนพอก อีกทั้งไม่ขัดขวางต่อกระบวนการดูดซึมน้ำของเมล็ดภายในก้อนพอก (บุญมี, 2552) จึงทำให้ความงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดดีกว่าการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกชนิดต่างๆ

เนื่องจาก pumice มีองค์ประกอบพวกสารแก้ว ซิลิคอนชนิด SiO_2 และ Al_2O_3 รวมทั้งมีออกไซด์ของ Fe K Ca Mg และ Na ปะปนอยู่ด้วย นอกจากนี้ ลักษณะโครงสร้างของ pumice ยังมีความโปร่งพรุน คล้ายฟองน้ำ มีช่องว่างขนาดเล็กจำนวนมาก จึงมีผลให้สามารถกักเก็บน้ำและสารเคมีรวมทั้งธาตุอาหารพืช หลายๆ ชนิดได้ดีกว่าวัสดุพอกชนิดอื่นๆ จึงทำให้ก้อนพอกชนิด pumice สามารถกักเก็บน้ำได้ดี ทำให้เมล็ดดูดซึมน้ำได้ไวและงอกเร็ว สอดคล้องกับงานทดลองของ จักรพงษ์ และบุญมี (2556ข) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการพอกเมล็ดยาสูบด้วยวัสดุพอก 3 ชนิด คือ pumice zeolite และ bentonite พบว่าการพอกเมล็ดด้วย pumice มีผลเสียต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์น้อยกว่าการพอกด้วยวัสดุพอกชนิด zeolite และ bentonite ส่วนวัสดุพอกชนิด talcum เป็นสารอนินทรีย์ ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มแร่ดินเหนียว ส่วนประกอบหลักๆ คือ Magnesium Silicate Hydroxide ซึ่งมีอนุภาคขนาดเล็ก มีคุณสมบัติดูดซับความชื้นได้ดี จึงมีผลต่อการดูดซับน้ำได้ไวกว่าวัสดุพอกชนิด calcium carbonate limestone bentonite และ zeolite ซึ่งจากคุณสมบัติดังกล่าวของผงแป้ง talcum จึงได้นำมาใช้เป็นวัสดุพอก ในเมล็ดหลายๆ ชนิด เช่นการศึกษาของ Bonfim

et al. (2010) ได้ทำการทดสอบความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม (*Lactuca sativa* L.) โดยการพอกเมล็ดเพื่อศึกษาระดับความเป็นพิษของ aluminum ที่ติดกับเมล็ด พบว่าการพอกเมล็ดโดยใช้สารพอกที่ไม่เหมาะสม จะมีความเป็นพิษของ aluminum ส่งผลกระทบต่อคุณภาพความงอก และความยาวรากของเมล็ดผักกาดน้อยกว่าการทดสอบความเป็นพิษด้วยกรรมวิธีการอื่นๆ อีกทั้งการศึกษากการพอกเมล็ดพันธุ์ของพืชตระกูลหญ้าด้วยปูนขาว ทำให้เมล็ดพอกที่ได้มีรูปร่างและลักษณะที่ดีมาก โดยมีความหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร เนื่องจากปูนขาวสามารถเกาะติดกับเมล็ดพันธุ์ได้มากถึง 71% (Hathcock et al., 1984) นอกจากนี้ยังมีการพอกเมล็ด white clover โดยใช้ lime เป็นวัสดุพอกเพื่อศึกษาความสัมพันธ์และการเจริญเติบโตอีกด้วย (Lowther, 1975) และ Brown and Revell (2007) ได้แนะนำปริมาณของวัสดุพอกที่เหมาะสมต่อการพอกร่วมกับเชื้อราสายพันธุ์ต่างๆ ตามขนาดของเมล็ด เช่นในกลุ่มของเมล็ดขนาดเล็ก clover และ lucerne ใช้เมล็ด 25 กิโลกรัม ต่อวัสดุพอกชนิด lime 2-3 กิโลกรัม และใช้วัสดุประสาน 1 ลิตรที่ระดับความเข้มข้น 1.5-2%

Table 2 Seed germination and speed of germination under laboratory and greenhouse conditions of pelleted tobacco seed pelleted by different pelleting materials.

Method/ filler material	Germination ^{2/3} (%)		Speed of Germination (plants/day)	
	Laboratory	Greenhouse	Laboratory	Greenhouse
T ₁	94 a	90 d	13.4 ab	12.7 bc
T ₂	92 b	92 bc	13.0 b	13.0 ab
T ₃	94 a	94 a	13.5 ab	13.2 a
T ₄	87 c	90 cd	12.4 c	12.8 bc
T ₅	84 d	85 e	11.9 d	12.0 d
T ₆	86 cd	89 d	12.2 cd	12.6 c
T ₇	96 a	94 a	13.6 a	13.2 a
F-test	**	**	**	**
CV%	2.0	1.4	2.1	1.3

** = significantly different at $P \leq 0.01$.

²Means within a column followed by the same letter are not significantly at $p \leq 0.01$ by DMRT

³Data are transformed by the arcsine before statistical analysis and back transformed data are presented.

T₁ = unpelleting (control), T₂ = calcium carbonate, T₃ = talcum, T₄ = lime stone, T₅ = bentonite, T₆ = zeolite, T₇ = pumice

3. ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ยาสูบจากวิธีการเร่งอายุหลังการพอกด้วยเมล็ดวัสดุพอกชนิดต่างๆ

การประเมินความแข็งแรงของเมล็ดหลังการพอกพบว่าความงอกในห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (Table 3) ซึ่งการพอกด้วยวัสดุพอกชนิด calcium carbonate และ pumice มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุดเท่ากับ 90 และ 92 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ส่วนวัสดุพอกชนิด talcum, lime, bentonite และ zeolite ยังคงมีคุณภาพหลังการเร่งอายุดีกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอก เมื่อนำไปทดสอบความงอกในเรือนทดลองพบว่า การพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกชนิด calcium carbonate, talcum, lime และ pumice มีเปอร์เซ็นต์ความงอกใกล้เคียงกัน และจากการตรวจสอบความเร็วในการงอกของก้อนพอกยาสูบในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่าการพอกเมล็ดยาสูบด้วย pumice ทำให้มีความเร็วในการงอกสูงสุด 13.6 ต้น/วัน และแตกต่างในทางสถิติกับเมล็ดที่พอกด้วย lime stone, bentonite และ zeolite ส่วนความเร็วในการงอกในสภาพเรือนทดลองพบว่าการพอกเมล็ดด้วย pumice มีความเร็วในการงอกดีที่สุด 12.3 ต้น/วัน จากการวัดความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งเสนอโดย Delouche and Baskin (1973) เพื่อประเมินความสามารถในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ (seed storability) ซึ่งการพอกเมล็ดพันธุ์นั้นเป็นการห่อหุ้มเมล็ดด้วยวัสดุพอกเปรียบเสมือนการสวมชุดเกาะให้กับเมล็ดพันธุ์จึงช่วยป้องกันการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมต่างๆ รอบๆ เมล็ด (Gwande et al., 1980) และเห็นได้ชัดว่าการพอกเมล็ดจะมีความงอกดีกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอก (Table 3) และกรรมวิธีของการพอกเมล็ดด้วย pumice นอกจากจะช่วยปกป้องเมล็ดพันธุ์จากสภาพ

แวดล้อมต่างๆ ที่เป็นอันตรายต่อเมล็ดพันธุ์แล้ว ยังเป็นวัสดุพอกที่ไม่ขัดขวางต่อกระบวนการงอกและการละลายน้ำของวัสดุประสาน แม้ถูกนำไปอยู่ในสภาพควบคุมปัจจัยต่างๆ ในตู้เร่งอายุ

อาจเนื่องมาจาก pumice มีคุณสมบัติลดการสูญเสียไอน้ำได้ดี อีกทั้งช่วยให้ซิลิกาที่อยู่ในดินเปลี่ยนเป็นรูปที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ เพิ่มประสิทธิภาพการละลายเร็วของปุ๋ย แต่ช่วยลดการสูญเสียปุ๋ยด้วยในขณะเดียวกันเมื่อเกิดการชะล้างจากน้ำจากปัจจัยต่างๆ และสามารถดักกรองและจับตรึงแก๊สต่างๆ ได้ดี (สรินทร, 2550) สอดคล้องจากการรายงานการศึกษาการพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบด้วยวัสดุพอกชนิด bentonite, pumice และ zeolite พบว่าเมล็ดยาสูบที่ผ่านการพอกหรือถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุพอก ทำให้มีเปอร์เซ็นต์ความงอกดีกว่าเมล็ดยาสูบที่ไม่ได้พอก (จักรพงษ์ และ บุญมี, 2556ข) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับวิธีการประเมินคุณภาพโดยการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ในเมล็ดชนิดอื่นๆ อีก เช่น Torres et al. (2003) พบว่าช่วงอุณหภูมิและช่วงเวลาของการเร่งอายุ มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ความมีชีวิตและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ลดลงต่ำลง และ Gidrol et al. (1990) รายงานเพิ่มเติมว่าเมื่อนำเมล็ดทานตะวันมาเร่งอายุจะทำให้เมล็ดพันธุ์สูญเสียความมีชีวิตได้ ซึ่งวิธีการเร่งอายุนอกจากทำให้เมล็ดมีความแข็งแรงลดต่ำลงยังส่งผลไปถึงสรีระของต้นกล้าหลังการงอกอีกด้วย เช่นการศึกษาการเร่งอายุในหัวหอมจะทำให้มีความยาวรากเพียง 1.7 เซนติเมตร มีความเร็วในการงอก 6.68 ต้น/วัน และพบความงอกลดต่ำลงถึง 43 เปอร์เซ็นต์ (Mumtaz et al., 2004)

Table 3 Seed germination and speed of germination under laboratory and greenhouse conditions of seed tobacco after accelerated aging.

Method/ filler material	Germination ^{2/3/} (%)		Speed of Germination (plants/day)	
	Laboratory	Greenhouse	Laboratory	Greenhouse
T ₁	84 c	85 bcd	12.7 ab	11.5 c
T ₂	90 a	88 ab	12.8 ab	12.2 ab
T ₃	90 ab	89 a	12.7 ab	12.2 ab
T ₄	89 ab	88 ab	12.8 ab	12.0 abc
T ₅	87 bc	81 d	12.1 c	11.4 c
T ₆	90 ab	84 cd	12.6 b	11.7 bc
T ₇	92 a	88 abc	13.1 a	12.3 a
F-test	**	**	**	**
CV%	2.3	2.6	1.4	3.3

** = significantly different at $P \leq 0.01$ respectively.

^{2/}Means within a column followed by the same letter are not significantly at $p \leq 0.01$ by DMRT

^{3/} Data are transformed by the aresine before statistical analysis and back transformed data are presented.

T₁ = unpelleting (control), T₂ = calcium carbonate, T₃ = talcum, T₄ = lime stone, T₅ = bentonite, T₆ = zeolite, T₇ = pumice

สรุป

การพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบด้วย pumice ทำให้คุณภาพด้านกายภาพการพอกดีที่สุด สามารถขึ้นรูปเมล็ดพันธุ์ยาสูบเป็นก้อนพอกได้ดี มีจำนวนเมล็ดยาสูบ 1-2 เมล็ด/ก้อนพอก เมล็ดยาสูบมีขนาดใหญ่ขึ้นและสม่ำเสมอ เมล็ดหลังการพอกมีน้ำหนักเพิ่มสูงขึ้น มีเปอร์เซ็นต์การเกาะติดของสารพอกดี มีความสม่ำเสมอของก้อนพอกสูง เวลาในการละลายน้ำของก้อนพอกน้อย ละลายได้เร็ว รวมทั้งมีเปอร์เซ็นต์ความกรอบของก้อนพอกต่ำ จึงทำให้เมล็ดพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์การงอกและความเร็วในการงอกจากการตรวจสอบทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลองดีกว่า calcium carbonate, talcum, lime stone, bentonite และ zeolite และหลังจากการตรวจสอบความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์โดยวิธีการเร่งอายุ พบว่าเมล็ดพันธุ์ยาสูบที่พอกด้วย pumice มีเปอร์เซ็นต์การงอกและความเร็วในการงอกดีกว่าการพอกด้วยวัสดุพอกชนิดอื่นๆ

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.) ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณโรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนในด้านสถานที่และวัสดุอุปกรณ์ในการทำงานทดลองในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. มปป. การใช้ประโยชน์แคลเซียมคาร์บอเนต. แหล่งข้อมูล: <http://www.dpim.go.th/>. ค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2556.
 ฤกษ์ทิศา คารังพรชาญ และเกศรา ชูคำสัตย์. 2549. อิทธิพลของพลาสติกไซเซอรต์ต่อการปลดปล่อยยาที่ละลายน้ำได้ดีจากเม็ดยาออสโมติกปั๊มชนิดรูพรุน. โครงการพิเศษปริญญาเภสัชศาสตรบัณฑิต, คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

- จิตรกร บุรณะชนอาภา. 2546. การพัฒนาการเคลือบฟิล์มยาเม็ดโดยใช้ไคโตซานเป็นสารกักฟิล์ม. การศึกษาอิสระปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- จักรพงษ์ กางโสภา และบุญมี ศิริ. 2556ก. ผลของการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานชนิดต่างกัน ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนีย. เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 10 ณ โรงแรม HANSA JB Hotel จังหวัดสงขลา ระหว่างวันที่ 20-24 พฤษภาคม 2556.
- จักรพงษ์ กางโสภา และบุญมี ศิริ. 2556ข. ผลของการพอกเมล็ดด้วย pumice zeolite และ bentonite ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนีย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 41(1)(พิเศษ): 257-262.
- บุญมี ศิริ. 2552. วิทยาการเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- เชิดพันธุ์ อมรกุล และสุทธิศักดิ์ ศรีลัมพ์. 2556. การร่อนผ่านตะแกรง. แหล่งข้อมูล: <http://www.gerd.eng.ku.ac.th>. ค้นเมื่อ 7 มีนาคม 2556.
- สรินทร ลิ้มปนาท. 2550. ดินเบนโทไนต์. แหล่งข้อมูล: <http://goo.gl/KLFJD6>. ค้นเมื่อ 25 กุมภาพันธ์ 2555.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. สถิติการส่งออก. แหล่งข้อมูล: <http://www.oae.go.th>. ค้นเมื่อ 7 มีนาคม 2556.
- Bonfim. F.P.G, R.G.R. Does., E.R. Martins., and V.W.D. Casali. 2010. Germination and vigor of lettuce seeds (*Lactuca sativa* L.) pelleted with homeopathic preparations Alumina and Calcarea carbonica subjected to toxic levels of aluminum. Int J High Dilution Res. 9: 138-146.
- Copeland, O.L., and B.M. Miller. 1995. Principles of Seed Science and Technology. 3rd ed. Chapman, New York.
- Delouche, J.C., and C.C. Baskin. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. Seed Sci. Tech. 1: 427-452.
- Gawande, M., S.C. Mohapatra, and W.H. Johnson. 1980. Effect of seed size and pelletization on tobacco seed germination under varying temperature regimes. Tob. Sci. 24: 49-52.
- Gidrol, X., P.A. Sabelli, Y.S. Fern, and A.K. Kush. 1990. Annexin-like protein from *Arabidopsis thaliana* rescues delta oxyR mutant of *Escherichia coli* from H₂O₂ stress. Proc Natl Acad Sci. 93: 11268-73.
- 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.
- Hathcock, A. L., P. H. Dernoeden, J. J. Murray, and D. J. Wehner. 1984. Seed germination of tall fescue and Kentucky bluegrass as affected by adhesives. JASHS. 19(3): 442-443.
- 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. Conference paper Proceedings of the XVI International Grassland Congress, 4-11 October 1989, Nice, France.
- Huthchens, T.W. 1999. Tobacco seed. p. 66-9. In: D.L. Davis and M.T. Nielsen (ed.) Tobacco: Production, chemistry, and technology. Blackwell Science, London, UK.
- Khan M. Mumtaz, M. Javed Iqbal, M. Abbas, H. Raza, R. Waseem, and Arshad Ali. 2004. Loss of Vigour and Viability in Aged Onion (*Allium cepa* L.) Seeds. IJAB. 6: 708-711.
- Ni, B.R. 1997. Seed coatings, film coating and pelleting in Chinese Association of Agricultural Sciences. pp. 737-747. In: DOA, Ministry of Agriculture, PR China and China National Seed Group Corporation (eds.), *Seed industry and agricultural development*. Beijing China Agricultural Press, China.
- ISTA. 2004. International Rules for Seed Testing. Seed Science and technology. Glattbrugg, Switzerland.
- Porter, F. E., and H. E. Kaerwer. 1972. Coated seeds and methods. United States Patent 3,808,740. May 7.
- Salvador, B.T., and J.M. Filho. 2003. Accelerated aging of melon seeds. Scientia Agricola. 60: 77-82.
- Sandra, B., and C. Revell. 2007. Inoculating and Lime Pelleting Pasture Legumes. Farmnote Reviewed October 2007. Department of Agriculture; John Howieson, Murdoch University.
- Taylor, A. G., and G. E. Harman. 1990. Concepts and technologies of selected seed treatments. *Annual Review of Phytopathology*. 28: 321-339.
- Veena, M. Gouda. 2007. Studies on seed pelleting in onion (*allium cepa* l.). Master of science (agriculture) seed science and technology. Department of seed science and technology college of agriculture, dharwad university of agricultural sciences.
- Lowther, W. L. 1974. Interaction of lime and seed pelleting on the nodulation and growth of white clover, N Z J Agric Res. 17: 317-323.
- Zenk, P. 2004. Seed coatings get serious. Available: <http://farmindustrynews.com/mag>. Accessed Feb. 1, 2004.