วารสารผลิตกรรมการเกษตร
JOURNAL OF AGRICULTURAL PRODUCTION
MJU

ว. ผลิตกรรมการเกษตร 3(3):1-13
J. Agri. Prod. 2021

ผลของการพอกเมล็ดด้วยชนิดวัสดุพอกที่แตกต่างกันต่อลักษณะทางกายภาพและคุณภาพเมล็ดพันธุ์แครอท

Effects of Seed Pelleting with Different Filler Materials on Physical Characteristics and Seed Quality of Carrot (*Daucus carota* L.)

จักรพงษ์ กางโสภา* เพชรรัตน์ จี้เพชร อรัญญา สิงโสภา นรารัตน์ ทาวงศ์ และ สุรีมาศ จันต๊ะอินทร์

Jakkrapong Kangsopa* Phetcarat Jeephet Aranya Singsopha Nararat Thawong and Sureemard Chantain

สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ 50290
Division of Agronomy, Faculty of Agricultural Production, Maejo University, Chiang Mai 50290
* Corresponding author: jakkrapong_ks@mju.ac.th

(Received: 3 July 2021; Revised: August 2021; Accepted: 20 September 2021)

Abstract

The commercial cultivation, carrot seeds are pelleted and imported from foreign countries. As a result, farmers have to bear the high cost of the seeds. Therefore, this study was to the effects of seed pelleting with different filler materials on physical characteristics and seed quality of carrot. The Completely Randomized Design is used as the experimental design with 4 replications that consist of non-pelleted seeds and each group of 3 grams of seeds pelleted with 30 grams of calcium sulfate, or zeolite, or bentonite, or pumice. The results found that pelleting carrot seeds with calcium sulfate could help facilitate the forming of the pelleting substance around the seeds. Moreover, the pelleted seeds were found to dissolve in water well. Only the minority of the seeds became the abnormal seedlings when compared to seeds that were pelleted with other types of substances. At the same time, calcium sulfate had a 90% germination rate. The difference was statistically significant when compared to seeds that were not pelleted. Also, calcium sulfate enhanced the seedling growth. The calcium sulfate pelleted seeds

had higher shoot length, root length, and seedling length when compared to seeds pelleted with other types of substance and those that were not pelleted. It could be concluded that calcium sulfate is the most appropriate pellet substance for carrot seeds.
Keywords: Seed pelleting, seed quality, germination, filler material

บทคัดย่อ

การเพาะปลูกในเชิงการค้าส่วนใหญ่นำเข้าเมล็ดพันธุ์แครอทที่ผ่านการพอกเมล็ดจากต่างประเทศ จึงทำให้เกษตรกรมีต้นทุนการเพาะปลูกสูง ดังนั้น การศึกษานี้จึงได้ศึกษาผลของการพอกเมล็ดด้วยชนิดวัสดุพอกที่แตกต่างกันต่อลักษณะทางกายภาพและคุณภาพเมล็ดพันธุ์แครอท วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design จำนวน 4 ซ้ำ ประกอบด้วยกรรมวิธีดังนี้ เมล็ดไม่พอก, การพอกเมล็ดด้วย calcium sulfate, zeolite, bentonite และ pumice อัตรา 30 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์แครอท 3 กรัม ผลการทดลองพบว่า การพอกเมล็ดด้วย calcium sulfate สามารถขึ้นรูปก้อนพอกเมล็ดพันธุ์แครอทได้ง่าย อีกทั้งก้อนพอกสามารถละลายน้ำได้ดี และมีลักษณะของต้นกล้าผิดปกติเพียงเล็กน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกชนิดอื่น ๆ นอกจากนี้ calcium sulfate ยังมีความงอกสูงคือ 90 เปอร์เซ็นต์ และแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก อีกทั้ง calcium sulfate ยังมีแนวโน้มช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าคือ ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าสูงมากกว่าเมล็ดไม่พอกและการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกชนิดอื่น ๆ ดังนั้น calcium sulfate เป็นชนิดวัสดุพอกที่มีความเหมาะสมสำหรับการพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์แครอทมากที่สุด
คำสำคัญ: การพอกเมล็ดพันธุ์ คุณภาพเมล็ดพันธุ์ ความงอก วัสดุพอก

คำนำ

แครอทเป็นพืชที่อุดมไปด้วยสาร Beta carotene โดยเฉพาะบริเวณส่วนของเปลือกแก่ ซึ่งสามารถเปลี่ยนเป็นวิตามินเอสูง (11,000 IU) นอกจากนี้ยังมีวิตามินบี 1 บี 2 ช่วยทำให้ร่างกายมีภูมิต่อต้านโรคหวัด ป้องกันโรคมะเร็ง และป้องกันอาการผิดปกติในกระดูก เป็นต้น (Sharma, 2018) จากประโยชน์ดังกล่าวทำให้มีความต้องการแครอทสูง แต่การเพาะปลูกในเชิงการค้าส่วนใหญ่นำเข้าเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบหรือพอกเมล็ดจากต่างประเทศ เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับผลิตเมล็ดพันธุ์แครอทต้องมีสภาพหนาวเย็น อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 18-21 องศาเซลเซียส (Sharma, 2018) พื้นที่ส่วนใหญ่ของประเทศไทยจึงไม่เหมาะสมสำหรับผลิตเมล็ดพันธุ์ ทำให้ประเทศไทยยังนำเข้าเมล็ดพันธุ์แครอท โดยเฉพาะเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์คือ เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเคลือบและพอกเมล็ด เนื่องจากใช้ง่าย และมีคุณภาพความงอก ความแข็งแรงสูง โดยเมล็ดพันธุ์แครอทพอกมีราคาขายประมาณ 0.6-1 บาทต่อเมล็ด เกษตรกรจึงมีต้นทุนการเพาะปลูกสูง อย่างไรก็ตามจากการใช้เมล็ดพอก

ทำให้การันตีคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่มีความงอก และสามารถเจริญเติบโตเป็นต้นกล้าได้มากถึง 90 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังสามารถช่วยให้เกษตรกรสามารถใช้เพาะปลูกร่วมกับเครื่องจักรกลทางการเกษตรได้ง่าย การสร้างสูตรสารพอกเมล็ดแครอทที่เหมาะสมจะสามารถนำไปใช้ยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตได้ในประเทศไทย ทั้งด้านคุณภาพและมูลค่าของเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากการพอกเมล็ดพันธุ์สามารถเพิ่มขนาด และน้ำหนักของเมล็ดพันธุ์ได้ (Zenk, 2004) โดยไม่มีผลขัดขวางต่อกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์ ดังนั้นชนิดของวัสดุพอกมีความสำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงขนาดเมล็ด เป็นกลุ่มสารที่ทำให้เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกแล้ว มีขนาดใหญ่ขึ้น เติมเต็มเมล็ดที่มีลักษณะบิดเบี้ยว เป็นร่อง เป็นรอยหยัก หรือมีรูปทรงเล็ก ให้มีรูปร่างกลมและแน่น เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้ววัสดุพอกที่นิยมนำมาใช้ในการพอกเมล็ด เป็นกลุ่มสารที่ไม่เป็นอันตรายต่อเมล็ดพันธุ์ ไม่ขัดขวางการซึมผ่านของน้ำ และง่ายต่อการนำไปใช้สำหรับขึ้นรูปเมล็ดพันธุ์ชนิดนั้น ๆ และวัสดุพอกที่ใช้กันมากในการพอกเมล็ดคือ talcum, limestone, calcium carbonate, vermiculite, pumice, gypsum, bentonite, dolomite, zeolite, ดินขาว (kaolin clay) หินปูน (limestone) ดินเบา (diatomaceous earth) และปุ๋ยคอก (Taylor *et al*., 1998) และวัสดุประสาน ซึ่งมีหน้าที่หลักสำคัญเพื่อช่วยให้วัสดุพอกและเมล็ดพันธุ์ยึดเกาะกันอย่างแน่นหนาโดยสารพอกไม่แตกแยกตัว หรือหลุดร่วงออกจากกัน ในปัจจุบันมีนักวิจัยทั่วโลกเลือกใช้วัสดุประสานแตกต่างชนิดกันออกไปสำหรับใช้ในการศึกษาการพอกเมล็ดพันธุ์ ยกตัวอย่างเช่น carboxymethyl cellulose, hydroxymethyl cellulose, methyl cellulose, commercial substances, carrageenan, chitosan, gum arabic, dextran, maida, polyacrylic acid, polyethylene glycol, polyacrylamide, polyvinyl acetate, polyvinyl alcohol, polyvinylpyrrolidone และ ca-alginate gels เป็นต้น (จักรพงษ์, 2563) ดังนั้นการพอกเมล็ดให้มีรูปร่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น เหมาะสมขึ้น เป็นการส่งเสริมการเพาะปลูกให้มีความสะดวกและรวดเร็วในการทำงานมากยิ่งขึ้น (Smith and Miller, 1987; Hill, 1999) ความเหมาะสมต่อการนำไปเพาะปลูก และยังช่วยปกป้องเมล็ดพันธุ์จากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ซึ่งเป็นการลดการสูญเสียความมีชีวิตของเมล็ดได้อีกวิธีหนึ่ง

ดังนั้นในการทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการพอกเมล็ดด้วยชนิดวัสดุพอกที่แตกต่างกันต่อลักษณะทางกายภาพและคุณภาพเมล็ดพันธุ์แครอท

อุปกรณ์และวิธีการ

ดำเนินการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ และโรงเรือนทดลอง สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ โดยใช้เมล็ดพันธุ์แครอททางการค้าเป็นเมล็ดพันธุ์ทดลอง ซึ่งดำเนินการวิจัยระหว่างเดือนมกราคม-พฤษภาคม 2564 ดังนี้

การพอกเมล็ดพันธุ์แครอท

คัดเลือกวัสดุพอก 4 ชนิดที่มีความเป็นไปได้สำหรับใช้พอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์แครอท ประกอบไปด้วย calcium sulfate, zeolite, bentonite และ pumice โดยใช้ Carboxylmethyl cellulose (CMC) อัตรา 0.1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (w/v) เป็นวัสดุประสาน ประกอบด้วย เมล็ดไม่พอก (T1), การพอกเมล็ดด้วย calcium sulfate (T2), zeolite

(T3), bentonite (T4) และ pumice (T5) โดยแต่ละกรรมวิธีใช้วัสดุพอกอัตรา 30 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์แครอท 3 กรัม จากนั้นนำวัสดุพอกแต่ละชนิดมาพอกเมล็ดพันธุ์แครอทตามแผนการทดลองด้วยเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์แบบถังหมุนรุ่น JK-01 แล้วนำเมล็ดที่ผ่านการพอกแต่ละกรรมวิธีมาลดความชื้นในสภาพอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จนความชื้นใกล้เคียงหรือเท่ากับความชื้นเมล็ดพันธุ์เริ่มต้น (7%±2)

การบันทึกข้อมูล

ลักษณะทางกายภาพของก้อนพอกเมล็ดพันธุ์แครอท

1) การละลายน้ำของก้อนพอกเมล็ด สุ่มคัดเลือกก้อนพอกเมล็ดพันธุ์แครอทในแต่ละกรรมวิธี จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ก้อนพอก จากนั้นนำก้อนพอกมาแช่ในน้ำปริมาตร 10 มิลลิลิตร โดยแช่ก้อนพอกทีละก้อน ให้หยุดเวลาเมื่อก้อนพอกเริ่มมีการปริแตกทันที จากนั้นบันทึกเวลาการละลายในน้ำของวัสดุพอก ดัดแปลงจาก Anderson *et al*. (1969)

2) ความยาก-ง่ายการขึ้นรูปก้อนพอกเมล็ด การขึ้นรูปของก้อนพอกเมล็ดพันธุ์แครอทในระหว่างการพอกเมล็ดจะสังเกตความยาก-ง่ายของการขึ้นรูปก้อนพอกของวัสดุพอกแต่ละชนิดที่สามารถยึดเกาะและคลุมเปลือกของเมล็ดพันธุ์ โดยใช้ค่าคะแนน 1-5 ในการประเมินการขึ้นรูปเมล็ดพอก กำหนดให้ 1 = ยากมาก, 2 = ยาก, 3 = ปานกลาง, 4 = ง่าย และ 5 = ง่ายมาก (สันติภาพ และบุญมี, 2562)

3) ความเป็นกรด-ด่างของก้อนพอกเมล็ด ตรวจสอบความเป็นกรด-ด่างของก้อนพอกที่ผ่านการพอกเมล็ด ทำ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 3 กรัม นำวัสดุพอกแต่ละชนิดใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ที่มีน้ำปริมาตร 30 มิลลิลิตร จากนั้นตรวจสอบความเป็นกรด-ด่างของเมล็ดพอก โดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรด-ด่างรุ่น Pen type pH meter รุ่น PH-03 (11)

คุณภาพเมล็ดพันธุ์ในสภาพห้องปฏิบัติการ

เพาะทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทั้งที่ผ่านการพอกและไม่พอกเมล็ดด้วยวิธี Top of paper (BP) ในกล่องพลาสติกใส (110 × 110 × 30 มิลลิเมตร, ยาว × กว้าง × สูง) ทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด จากนั้นนำไปไว้ที่ตู้เพาะความงอกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส แล้วประเมินผลความงอก โดยตรวจนับความงอกครั้งแรกในวันที่ 7 ของการเพาะเมล็ด (first count) และความงอกครั้งสุดท้ายเมื่อครบ 14 วันหลังเพาะ (final count) มาประเมินผลลักษณะต่าง ๆ ตามหลักสากล ISTA (2013) ดังนี้

1) เมล็ดแข็ง ประเมินลักษณะของเมล็ดที่มีชีวิต แต่ไม่สามารถดูดน้ำได้ เมล็ดอยู่ในสภาพสมบูรณ์ และไม่เน่าทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด แล้วประเมินหาเปอร์เซ็นต์เมล็ดแข็ง

2) ลักษณะต้นกล้าผิดปกติ ประเมินต้นกล้าที่ไม่สามารถเจริญเป็นต้นกล้าที่ปกติได้ หรือต้นกล้าที่มีรากและลำต้นไม่สมบูรณ์ ทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด แล้วคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ต้นกล้าผิดปกติ

3) การงอกราก โดยประเมินจากจำนวนรากที่งอกในแต่ละกรรมวิธีทดลอง ทำ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด โดยเริ่มนับเมื่อเมล็ดมีการงอกรากที่ความยาว 2 มิลลิเมตร ในวันที่ 1 และวันที่ 6 หลังจากการเพาะทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ จากนั้นนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอกราก ดังนี้

$$\text{การงอกราก (\%)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกราก}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

4) ความเร็วในการงอกราก ดำเนินการตรวจนับรากที่มีความยาว 2 มิลลิเมตร ในทุกวันตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 6 หลังการเพาะ ทำ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอกราก ดังนี้

$$\text{ความเร็วในการงอกราก (ราก/วัน)} = \frac{\text{ผลรวมของ [จำนวนรากที่งอกในแต่ละวัน]}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

5) ความงอกของเมล็ดพันธุ์ จำนวนเมล็ดพันธุ์ที่งอกเป็นต้นกล้าปกติในวันที่ 7 และวันที่ 14 โดยทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด จากนั้นนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความงอก ดังนี้

$$\text{ความงอก (\%)} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

6) ความเร็วในการงอก ประเมินจำนวนเมล็ดพันธุ์ที่สามารถงอกเป็นต้นกล้าปกติในทุก ๆ วัน ตั้งแต่เริ่มเพาะครั้งแรกที่ 7 วัน (first count) จนถึงวันที่ 14 หลังเพาะ (final count) โดยทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอก (AOSA, 1983) ดังนี้

$$\text{ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)} = \frac{\text{ผลรวมของ [จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน]}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

7) ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้า ความยาวต้นและความยาวรากที่ 14 วันหลังเพาะ ทั้งหมดทำ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น โดยประเมินความยาวต้นวัดจากโคนลำต้นอ่อนจนถึงปลายใบ ส่วนความยาวรากวัดจากโคนรากแก้วจนถึงปลายราก ส่วนความยาวต้นกล้าตรวจวัดตั้งแต่ปลายรากจนถึงปลายใบ โดยใช้ไม้บรรทัดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

8) ดัชนีความแข็งแรง นำเปอร์เซ็นต์ความงอกที่ได้จากหัวข้อที่ 5) และความยาวของต้นกล้าที่ได้จากหัวข้อที่ 7) นำมาประเมินหาดัชนีความแข็งแรงทั้งหมดทำ 4 ซ้ำ ตามสูตร Abdul-Baki and Anderson (1973)

$$\text{ดัชนีความแข็งแรง} = \text{ความงอก (\%)} \times \text{ความยาวของต้นกล้า (เซนติเมตร)}$$

9) ดัชนีความงอก นำจำนวนเมล็ดที่งอกในแต่ละวันจากหัวข้อที่ 5) มาคำนวณหาดัชนีความงอก 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด แล้วประเมินผลดังนี้

$$\text{ดัชนีความงอก} = \frac{\text{ผลบวกของ (จำนวนเมล็ดที่งอกในแต่ละวัน)}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลผลของวัสดุพอกที่แตกต่างกันต่อลักษณะทางกายภาพและคุณภาพเมล็ดพันธุ์แครอท โดยวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 4 ซ้ำ โดยแปลงข้อมูลเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์เพื่อวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้วิธี Arcsine transformation และแปลงข้อมูลเมื่อมีค่าเป็น 0 โดยวิธี และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยโปรแกรม SAS (Version 9.1)

ผลการวิจัยและวิจารณ์

ลักษณะทางกายภาพของเมล็ดพันธุ์แครอทหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกชนิดที่แตกต่างกัน

การพอกเมล็ดแครอทด้วย calcium sulfate สามารถขึ้นรูปก้อนพอกได้ง่ายมากกว่าการใช้วัสดุพอกชนิดอื่น ๆ อีกทั้งรูปร่างก้อนพอกมีลักษณะเรียบเนียน (Figure 1) และก้อนพอกสามารถละลายน้ำได้ในเวลา 7 วินาที สอดคล้องกับการรายงานของ สันติภาพ และบุญมี (2562) ที่พบว่าการพอกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วย calcium sulfate อัตรา 100 กรัมต่อเมล็ด 15 กรัม ทำให้ก้อนพอกมะเขือเทศมีรูปร่างเรียบเนียน ความกร่อนเล็กน้อย และสามารถละลายน้ำได้ในเวลา 4.85 วินาที นอกจากนี้ ศศิประภา และบุญมี (2561) พบว่าเมื่อพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมด้วย calcium sulfate อัตรา 350 กรัมต่อเมล็ด 10 กรัม รูปร่างก้อนพอกมีลักษณะเรียบเนียน ความกร่อนเล็กน้อย และสามารถขึ้นรูปก้อนพอกได้ง่าย โดย calcium sulfate มีคุณสมบัติดูดซึมน้ำได้ดี และมีอนุภาคลื่นไหลปานกลาง ทำให้เมื่อนำไปพอกเมล็ดจึงเกิดการรวมตัวระหว่าง calcium sulfate วัสดุประสานและเมล็ดอย่างช้า ๆ จนกลายเป็นก้อนพอกเมล็ดที่มีรูปร่างเรียบเนียน และสวยงาม (Saint-Gobain Formula, 2009) ส่วนการพอกเมล็ดด้วย zeolite และ pumice สามารถขึ้นรูปก้อนพอกได้ระดับปานกลาง แต่การพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกทั้ง 2 ชนิด ทำให้ลักษณะของก้อนพอกมีผิวขรุขระ ไม่เรียบเนียน อีกทั้งก้อนพอก pumice และ zeolite สามารถละลายน้ำได้เมื่อผ่านไป 9 และ 8 วินาที ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม สันติภาพ และบุญมี (2562) รายงานว่าเมื่อพอกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วย pumice ยังคงทำให้ก้อนพอกมีรูปร่างเรียบ และก้อนพอกสามารถละลายน้ำได้ใน 7.37 วินาที แต่การพอกเมล็ดมะเขือเทศด้วย zeolite พบว่า รูปร่างก้อนพอกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมีรูปร่างไม่เรียบเนียน มีผิวก้อนพอกขรุขระเล็กน้อยคล้ายกับการพอกเมล็ดพันธุ์แครอท และก้อนพอกมะเขือเทศสามารถละลายน้ำได้ในเวลา 6.51 วินาที ส่วนการพอกเมล็ดพันธุ์แครอทด้วย bentonite แสดงให้เห็นว่ามีรูปร่างบิดเบี้ยว ไม่เรียบเนียน ก้อนพอกส่วนใหญ่มีขนาดเล็กใหญ่ไม่สม่ำเสมอ จึงทำให้ก้อนพอกเมล็ดละลายน้ำได้เร็วที่สุดคือ 4 วินาที และแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ สอดคล้องกับการรายงานของ จักรพงษ์ และบุญมี (2557) พบว่า การพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบด้วย bentonite ทำให้วัสดุพอกไม่ยึดเกาะกับเมล็ดยาสูบ อีกทั้ง 1 ก้อนพอกยังมีเมล็ดยาสูบมากกว่า 1 เมล็ดต่อก้อนพอก และก้อนพอกไม่มีความสม่ำเสมอ อีกทั้งยังมีความกร่อนของก้อนพอกสูง ทั้งนี้ bentonite มีโครงสร้างผลึกเป็นแบบสามชั้น คือมีชั้น alumina octahedral sheet แทรกอยู่ระหว่าง silica tetrahedral 2 ชั้น โครงสร้างโดยทั่วไปคล้ายกับ mica แรงยึดระหว่าง sheet ของโครงสร้างแต่ละชั้นจะมีค่าน้อย ทำให้น้ำหรือของเหลวสามารถแทรกเข้าไปอยู่ระหว่าง sheet ได้ (สันติภาพ และบุญมี, 2562) ดังนั้นในกระบวนการพอกเมล็ด เมื่อให้สารเชื่อมยึดจึงเกิดการรวมตัวกันเองของ bentonite มากกว่าการรวมตัวระหว่างเมล็ดและ bentonite จึงทำให้ก้อนพอกเมล็ดมีรูปร่างไม่เรียบเนียน และมีเหลี่ยมมุม ทำให้การใช้ bentonite จึงมีความเสี่ยงสูง ที่ 1 ก้อนพอกจะมีเมล็ดพันธุ์พืชมากกว่า 1 เมล็ด ส่วนการตรวจสอบความเป็นกรด-ด่างของวัสดุพอกพบว่า วัสดุพอกทุกชนิดมีค่าเป็นกลาง โดย bentonite จะมีความเป็นกลางจนถึงด่างปานกลาง ส่วน calcium sulfate, zeolite และ pumice มีค่าเป็นกลางจนถึงด่างอ่อน

ที่ใกล้เคียงกัน (Table 1) ซึ่งการตรวจสอบความเป็นกรด-ด่างของวัสดุพอกเป็นการประเมินคุณสมบัติของวัสดุพอก หากวัสดุพอกมีความเป็นกรดหรือด่างสูงเกินไป อาจทำให้เมล็ดสูญเสียคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการพอกเมล็ดได้ ยกตัวอย่างเช่น เมื่อวัสดุพอกห่อหุ้มรอบ ๆ เมล็ด อาจมีผลกระทบต่อความแข็งแรงของเยื่อหุ้มเซลล์ จึงทำให้คุณสมบัติในการควบคุมของเยื่อเลือกผ่านบกพร่อง การทำงานของเอนไซม์หลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการช่วยเคลื่อนย้ายน้ำตาลและการย่อยสลายแป้งลดลง (บุญมี, 2558) ทำให้เมล็ดพันธุ์สูญเสียคุณภาพความงอกและความแข็งแรงได้

Table 1 Physical characteristics of pelleted carrot seeds with different types of filler materials

Treatment	Forming	Dissolution period of pelleted (second)	pH
Pelleted + calcium sulfate	4[1]	7 b[2]	7.63 c
Pelleted + zeolite	3	8 ab	7.67 b
Pelleted + bentonite	2	4 c	7.90 a
Pelleted + pumice	3	9 a	7.64 bc
F-test	-	**	**
CV.(%)	-	12.52	0.44

**: Significantly different at P≤0.01.

[1] The forming scores for the seed pelleting: 1 = very hard, 2 = difficult, 3 = medium, 4 = easy, and 5 = very easy.

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

Figure 1 Physical characteristics of lettuce seeds pelleted with different filler materials. T1 = Control, T2 = pelleted seed + calcium sulfate, T3 = pelleted seed + zeolite, T4 = pelleted seed + bentonite and T5 = pelleted seed + pumice.

คุณภาพเมล็ดพันธุ์แครอทหลังการพอกเมล็ดด้วยชนิดวัสดุพอกที่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาคุณภาพเมล็ดพันธุ์แครอทหลังการพอกเมล็ดด้วยชนิดวัสดุพอกที่แตกต่างกัน พบว่า การพอกเมล็ดและเมล็ดไม่พอกไม่พบเมล็ดเน่า แต่การพอกเมล็ดด้วย bentonite มีต้นกล้าผิดปกติสูงมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติกับการพอกเมล็ดด้วย calcium sulfate และ zeolite ส่วนการพอกเมล็ดด้วย pumice พบว่า มีเมล็ดแข็งมากที่สุดคือ 15 เปอร์เซ็นต์ โดยการพอกเมล็ดด้วย zeolite และ bentonite มีเมล็ดแข็งน้อยที่สุดคือ 5 เปอร์เซ็นต์เท่ากัน (Table 2) ส่วนการตรวจสอบการงอกรากพบว่า เมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอกมีการงอกรากและความเร็วในการงอกรากสูงมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ อย่างไรก็ตาม เมื่อตรวจสอบความงอกพบว่า การพอกเมล็ดด้วย calcium sulfate, zeolite และ bentonite มีความงอกสูงคือ 90, 92 และ 93 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และมีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ ส่วนการพอกเมล็ดด้วย zeolite และ bentonite ทำให้เมล็ดมีความเร็วในการงอกสูงมากกว่าคือ 6.54 และ 6.64 ต้นต่อวัน ตามลำดับ และแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ ส่วนการตรวจสอบดัชนีความงอกพบว่า เมล็ดไม่พอกมีดัชนีความงอกสูงมากกว่าและแตกต่างกันกับกรรมวิธีอื่น ๆ และเมื่อตรวจสอบดัชนีความแข็งแรงพบว่า เมล็ดไม่พอกและการพอกเมล็ดด้วย calcium sulfate, zeolite และ bentonite มีดัชนีความแข็งแรงสูงและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการพอกเมล็ดด้วย pumice (Table 3)

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า เมล็ดไม่พอกจะสามารถงอกรากได้เร็วในช่วงระยะเวลา 7 วันหลังเพาะ แต่เมื่อผ่านไป 14 วันแล้วประเมินผลความงอกพบว่า เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย calcium sulfate, zeolite และ bentonite มีความงอกสูงมากกว่าเมล็ดไม่พอกและการพอกเมล็ดด้วย pumice ซึ่ง calcium sulfate นิยมใช้เป็นสารปรับปรุงดิน และสามารถเพิ่มธาตุอาหารรองให้แก่พืชได้คือ แคลเซียม และซัลเฟอร์ (Kirkpatrick and Bailey, 2007) จึงช่วยส่งเสริมให้เมล็ดแครอทมีความงอกเพิ่มขึ้น ส่วนวัสดุพอกชนิด zeolite มีคุณสมบัติในการดูดน้ำและการแลกเปลี่ยนไอออนได้ดี จึงสามารถอุ้มน้ำได้สูง ซึ่ง zeolite เป็นหินที่ผ่านความร้อนจากภูเขาไฟทำให้มีโครงสร้างเป็นรูพรุน มีความสามารถในการจับ ดูดซึมและปลดปล่อยธาตุอาหารซิลิก้าที่สำคัญกับพืชด้วย (Ramesh and Reddy, 2011) ส่วน bentonite เป็นวัสดุพอกที่มีคุณสมบัติสามารถดูดซับน้ำได้ดี จึงนิยมนำไปใช้เป็นสารปรับปรุงดิน เนื่องจาก bentonite มีลักษณะโครงสร้างเป็นรูพรุน ทำให้สามารถกักเก็บสารอาหารได้และแลกเปลี่ยนประจุบวกของไอออนต่าง ๆ ได้ดีด้วยคุณสมบัติดังกล่าวจึงช่วยให้เมล็ดพันธุ์แครอทดูดซับน้ำได้ดีและส่งเสริมการงอกของเมล็ดแครอทได้เพิ่มขึ้น (Bouabid *et al*., 1991) จึงส่งผลให้เมล็ดมีลักษณะของเมล็ดแข็งน้อยกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอก อย่างไรก็ตามในทางตรงกันข้ามกลับพบว่า การพอกเมล็ดด้วย bentonite ทำให้เมล็ดแครอทมีลักษณะของต้นกล้าผิดปกติมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ซึ่งเนื่องมาจาก bentonite มีคุณสมบัติการดูดซับที่ดีรวมไปถึงการดูดซับสารประกอบซีโนไบโอติก (xenobiotic compound) (Davies

and Jabeen, 2002; Genç and Dogan, 2013) ที่อยู่รอบ ๆ เมล็ดขณะเพาะทดสอบ เช่น ความเป็นกรด-ด่างของกระดาษเพาะทดสอบความงอก เป็นต้น จึงอาจเป็นสาเหตุทำให้การพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกชนิด bentonite มีผลกระทบต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์แครอท จึงแสดงอาการต้นกล้าผิดปกติ 7 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ การพอกเมล็ดพันธุ์แครอทด้วย pumice แสดงให้เห็นว่า เมล็ดพันธุ์แครอทมีความงอกน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุพอกชนิดอื่น ๆ โดย pumice มีคุณสมบัติพื้นผิวพรุนและโปร่ง คล้ายกับโครงสร้างของฟองน้ำ (Sahin *et al*., 2005) ทำให้เมื่อรวมตัวกับวัสดุประสานชนิด Carboxylmethyl cellulose (CMC) ที่เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลส จึงทำให้ก้อนพอกมีความแข็งและทำให้มีลักษณะของเมล็ดแข็งสูงมากถึง 15 เปอร์เซ็นต์ และทำให้เมล็ดแครอทหลังพอกงอกรากได้ช้า และมีความงอกเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ

Table 2 Abnormal seedling and hard seed (%) of pelleted carrot seed with different pelleting materials after tested under laboratory condition

Treatment	Laboratory condition	
	Abnormal seedling (%)	Hard seed (%)
Control	5 ab [1, 2]	9 b
Pelleted + calcium sulfate	2 b	8 b
Pelleted + zeolite	3 b	5 c
Pelleted + bentonite	7 a	5 c
Pelleted + pumice	6 ab	15 a
F-test	*	**
CV.(%)	47.50	24.39

*, **: Significantly different at P≤0.05 and P≤0.01 respectively.

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

[2] Data are transformed by $\sqrt{x+0.5}$ before statistical analysis.

Table 3 Radicle emergence, speed of radicle emergence, germination, speed of germination, germination index and vigour index of pelleted carrot seed with different pelleting materials after tested under laboratory condition

Treatment[1]	Laboratory condition					
	Radicle emergence (%)	Speed of radicle emergence (root/day)	Germination (%)	Speed of germination (plant/day)	Germination index	Vigour index
T1	84 a[2, 3]	6.96 c	86 b	6.14 b	13.10 a[2]	751 a
T2	43 b	3.54 b	90 a	5.96 b	10.52 b	776 a
T3	18 c	1.50 a	92 a	6.54 c	8.04 c	780 a
T4	47 b	3.88 b	93 a	6.64 c	9.51 b	800 a
T5	12 c	0.96 a	79 c	5.61 a	6.60 d	608 b
F-test	**	**	**	**	**	*
CV.(%)	17.83	22.09	3.19	2.75	7.31	10.22

*, **: Significantly different at P≤0.05 and at P≤0.01 respectively.

[1] T1 = Control, T2 = pelleted seed + calcium sulfate, T3 = pelleted seed + zeolite, T4 = pelleted seed + bentonite and T5 = pelleted seed + pumice.

[2] Means within 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 and back transformed data are presented.

การเจริญเติบโตของต้นกล้าแครอทหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกชนิดที่แตกต่างกัน

การพอกเมล็ดด้วย calcium sulfate ทำให้ต้นกล้ามีความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าสูงมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติกับการพอกเมล็ดด้วย pumice แต่ไม่แตกต่างกันกับ zeolite, bentonite และ เมล็ดไม่พอก (Table 4) จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การพอกเมล็ดด้วย calcium sulfate ซึ่งเป็นแร่ชนิดหนึ่งที่มีธาตุอาหารรองสะสมอยู่ร่วมด้วยคือ แคลเซียม และกำมะถัน โดยแคลเซียมมีบทบาทในการสร้าง Ca, pectate และเกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์โปรตีนส่งเสริมให้เมล็ดดูด NO_3-N อีกทั้งมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์บางชนิด และทำให้โปรตีนใน mitochondria เกิดและเพิ่มขึ้น (Liu *et al*., 2011) นอกจากนี้กำมะถันยังมีบทบาทต่อการสร้างโปรตีน ช่วยในกระบวนการหายใจ และการสังเคราะห์อาหาร (Barker and Pilbeam, 2007) ทำให้เมล็ดสามารถย่อยสลายอาหารและได้พลังงานออกมาใช้ในกระบวนการเมแทบอลิซึมต่าง ๆ ของเซลล์ได้ง่ายขึ้น จึงส่งผลทำให้ต้นกล้าสามารถขยายขนาดของเซลล์ทั้งส่วนของ เซลล์ลำต้น และรากได้เพิ่มขึ้นมากกว่า

เดิม สอดคล้องกับการรายงานของ ศศิประภา และบุญมี (2561) พบว่าการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมด้วย calcium sulfate ช่วยทำให้รากของต้นกล้าผักกาดหอมยาวเพิ่มขึ้น 25 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้พอก

Table 4 Shoot length, root length and seedling length of pelleted carrot seed with different pelleting materials after tested under laboratory condition

Treatment	Laboratory condition		
	Shoot length (cm)	Root length (cm)	Seedling length (cm)
Control	3.53 ab[1]	5.21 ab	8.74 ab
Pelleted + calcium sulfate	3.88 a	5.42 a	9.30 a
Pelleted + zeolite	3.64 ab	4.91 ab	8.55 ab
Pelleted + bentonite	3.78 ab	4.81 ab	8.59 ab
Pelleted + pumice	3.32 b	4.38 b	7.70 b
F-test	*	*	*
CV.(%)	8.32	11.62	9.44

*: Significantly different at P≤0.05.

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

สรุปผลการวิจัย

การพอกเมล็ดพันธุ์แครอทด้วย calcium sulfate อัตรา 30 กรัมต่อเมล็ดพันธุ์แครอท 3 กรัม เป็นชนิดวัสดุพอกที่มีความเหมาะสมในการพอกเมล็ดพันธุ์แครอท โดย calcium sulfate ทำให้ขึ้นรูปก้อนพอกเมล็ดพันธุ์แครอทได้ง่าย และสามารถละลายน้ำได้ดี ส่วนคุณภาพเมล็ดพันธุ์พบว่า เมล็ดมีลักษณะของต้นกล้าผิดปกติเพียงเล็กน้อยเมื่อเปรียบเทียบกับการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกชนิดอื่น ๆ อีกทั้งมีความงอกสูงมากกว่าเมล็ดไม่พอก 4 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้การพอกเมล็ดด้วย calcium sulfate ยังมีความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าสูงมากกว่าเมล็ดไม่พอกและการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกชนิดอื่น ๆ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนนักวิจัยบุคลากรประเภทสายวิชาการ ประจำปีงบประมาณ 2564 คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ให้งบประมาณสนับสนุนการวิจัย และขอขอบคุณห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ สาขาวิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่ได้ให้การสนับสนุนสถานที่ดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จักรพงษ์ กางโสภา และบุญมี ศิริ. 2557. ผลของชนิดสารพอกเมล็ดต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ยาสูบ. วารสารแก่นเกษตร 42(3): 283-292.

จักรพงษ์ กางโสภา. 2563. วัสดุประสานสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์. วารสารแก่นเกษตร 48(1): 119-130.

บุญมี ศิริ. 2558. การปรับปรุงสภาพและการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์. คลังนานาวิทยา, ขอนแก่น.

ศศิประภา บัวแก้ว และบุญมี ศิริ. 2561. ลักษณะทางกายภาพและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกด้วยวัสดุประสานและวัสดุพอกที่แตกต่างกัน. วารสารแก่นเกษตร 46(3): 469-480.

สันติภาพ ไชยสาร และบุญมี ศิริ. 2562. ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วยวัสดุพอกที่แตกต่างกันต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์และลักษณะทางกายภาพของก้อนพอกมะเขือเทศลูกผสม. วารสารแก่นเกษตร 47(3): 467-478.

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.

Abdul-Baki, A.A. and J.D. Anderson. 1973. Vigor determination in soybean seed by multiple criteria. Crop Sci. 13(6): 630-633.

AOSA. 1983. Seed vigor testing handbook. Association of Official Seed Analysts, New York.

Barker, A.V., and D.J. Pilbeam. 2007. Handbook of plant nutrition. Taylor & Francis, Boca Raton.

Bouabid, R., M. Badraoui, and P.R. Bloom. 1991. Potassium fixation and charge characteristics of soil clays. Soil Sci. Soc. Am. J. 55: 1493-1498.

Davies, J.E.D., and N. Jabeen. 2002. The adsorption of herbicides and pesticides on clay minerals and soils. Part 1. Isoproturon. J. Incl. Phenom. Macrocycl. Chem. 43: 329-336.

Genç, N., and E.C. Dogan. 2013. Adsorption kinetics of the antibiotic ciprofloxacin on bentonite, activated carbon, zeolite, and pumice. Desalin. Water Treat. 53: 785-793.

Hill, H.J. 1999. Advances in seed technology. Original of new seeds. The Haworth Press, Inc., Philadelphia, Pennsylvania.

ISTA. 2013. International rules for seed testing, Edition 2003. International Seed Testing Association, Bassersdorf.

Kirkpatrick, T., and J.S. Bailey. 2007. Calcium sulphate versus lime as fertilizer filler: Effects on ammonium and nitrate uptake by perennial ryegrass. Commun. in Soil Sci. Plant Anal. 37(5): 733-750.

Konstantinov, G. 1983. Transplantless growing of cv. Drouzhba tomatoes using pelleted seeds. Gradinarska Ii Lozarska Nauka. 20(4): 53-57.

Liu, T.W., F.H. Wu, W.H. Wang, J. Chen, Z.J. Li, X.J. Dong, J. Patton, Z.M. Pei, and H.L. Zheng. 2011. Effects of calcium on seed germination, seedling growth and photosynthesis of six forest tree species under simulated acid rain. Tree Physiol. 31(4): 402-413.

Ramesh, K., and D.D. Reddy. 2011. Zeolites and their potential uses in agriculture. pp. 219-241. In: Sparks, D.L. (eds). Advances in Agronomy Vol.113. Elsevier, Amsterdam.

Sahin, U., O.R.S. Selda, S. Ercisli, O. Anapali, and A. Esitken. 2005. Effect of pumice amendment on physical soil properties and strawberry plant growth. J. Cent. Eur. Agric. 6(3): 361-366.

Saint-Gobain Formula. 2009. The benefits of calcium sulfate use in soil & agriculture. Available: http://goo.gl/E7OI27. (May 1, 2016).

Sharma, H.K. 2018. Carrots production, processing, and nutritional quality. pp. 589-608. In: Siddiq, M. and M.A. Uebersax (eds). Handbook of Vegetables and Vegetable Processing, Second Edition. John Wiley & Sons Ltd., New Jersey.

Smith, A.E., and R. Miller. 1987. Seed pellets for improved seed distribution of small seeded forages crops. J. Seed Technol. 11: 42-51.

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

Zenk, P. 2004. Seed coatings get serious. Available: http://goo.gl/zpRR8j (February 1, 2004).