ผลของสูตรการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

เพชรรัตน์ จี้เพชร

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชไร่
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2565

ผลของสูตรการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

เพชรรัตน์ จี้เพชร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชไร่
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2565

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลของสูตรการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช
ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

เพชรรัตน์ จี้เพชร

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชไร่

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก .....
(อาจารย์ ดร.จักรพงษ์ กางโสภา)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(อาจารย์ ดร.จุฑามาศ อาจนาเสียว)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธีระ เหิมฮึก)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ประธานอาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตร .....
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรนภา อินสลุด)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการรับรองแล้ว .....
(รองศาสตราจารย์ ดร.ญาณิน โอภาสพัฒนกิจ)
รองอธิการบดี
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง ผลของสูตรการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

ชื่อผู้เขียน นางสาวเพชรรัตน์ จี้เพชร

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก อาจารย์ ดร.จักรพงษ์ กางโสภา

บทคัดย่อ

เมล็ดผักกาดหอมเป็นเมล็ดที่มีขนาด และรูปร่างที่แบนบางและอาหารสะสมภายในเมล็ดน้อย ส่งผลให้การอนุบาลต้นกล้ามีความงอกต่ำ และมีการงอกที่ไม่สม่ำเสมอ อีกทั้งผู้บริโภคต้องการผลผลิตที่ปราศจากสารเคมี วิธีแก้ปัญหาดังกล่าวคือการประยุกต์ใช้เทคนิคการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช โดยใช้เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมสายพันธุ์เรดโอ๊คที่ผลิตแบบออร์แกนิก ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย 4 การทดลองคือ 1) การศึกษาหาสูตรสารพอกเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการพอกร่วมกับผักกาดหอม แบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อย คือ การทดสอบวัสดุประสาน ใช้วัสดุประสาน 2 ชนิด คือ Methylhydroxy ethylcellulose (MHEC) และ Carboxymethyl cellulose (CMC) ที่อัตรา 0.3%, 0.4%, 0.6%, 0.8% และ 1.0% การพอกร่วมกับ CMC 0.4% ทำให้ก้อนพอกมีความกร่อนต่ำ ละลายได้ช้า และทำให้มีความยาวต้นดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และ การทดสอบวัสดุพอก โดยมีวัสดุพอกทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ Calcium sulfate ($CaSO_4$) เพียงอย่างเดียว, $CaSO_4$ เป็นชั้นแรก และ Zeolite, Pumice, Bentonite, Talcum และ Diatomaceous earth เป็นชั้นที่สอง ผลการทดลองพบว่า การพอกด้วย $CaSO_4$-zeolite ทำให้ก้อนพอกมีความกร่อนต่ำ และทำให้มีความยาวต้นกล้าดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก จากนั้นนำผลที่ได้จากการศึกษามาใช้ในการทดลองที่ 2) คือ การศึกษาสูตรสารพอกเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมต่อการพอกร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช แบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อยคือ 2.1) การศึกษาชนิด และความสามารถของแบคทีเรีย ทั้งหมด 5 ชนิด ผลการทดลองพบว่า *Enterobacter* sp. สามารถผลิต IAA และละลายฟอตเฟสได้มากที่สุด ส่วนผลของการแช่เมล็ดร่วมกับแบคทีเรีย ในระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน พบว่า การแช่เมล็ดด้วย *Bacillus* MBI 600 $1x10^8$ CFU/ml, *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml, *Bacillus* sp. $1x10^6$ CFU/ml, *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml ทำให้เมล็ดมีดัชนีความงอก และความยาวต้นกล้าดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่แช่ จากนั้นนำแบคทีเรียทั้ง 5 อัตรามาใช้ในการทดลองที่ 2.2) คือ การศึกษาการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ผลการ

ทดลองพบว่าเมล็ดที่พอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. 1x10^7 CFU/ml, *Burkholderia* sp. 1x10^8 CFU/ml และ *Enterobacter* sp. 1x10^8 CFU/ml ทำให้เมล็ดมีความงอก ความแข็ง และการเจริญเติบโตของต้นกล้าที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก จากนั้นนำผลที่ได้จากการศึกษามาใช้ในการทดลองที่ 3) และ4) คือการศึกษาการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม เมื่อปลูกทดสอบในระบบการปลูกพืชไร้ดิน จากการศึกษาพบว่า การพอกเมล็ดร่วมกับ *Enterobacter* sp. 1x10^8 CFU/ml ทำให้เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมมีความงอก และการความยาวต้น ความยาวรากดีขึ้น เมื่อเพาะทดสอบในระบบไร้ดิน 45 วัน อีกทั้งเพิ่มน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งทั้งต้นและรากให้ดีกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก ส่วนการทดลองที่ 4) การประเมินความมีชีวิตของแบคทีเรียในเมล็ดพอก และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับแบคทีเรีย หลังผ่านการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน แบ่งออกเป็น 2 การทดลองย่อยคือ 4.1) การตรวจสอบความมีชีวิตของแบคทีเรียในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน พบว่าหลังจากเก็บรักษานานไว้ 2 เดือน เมล็ดที่พอกด้วย *Enterobacter* sp. 1x10^8 CFU/ml มีจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียคงเหลือมากที่สุด โดยการเก็บรักษาในสภาพควบคุม พบว่ามีอัตราการมีชีวิตรอดของแบคทีเรียมากกว่า เมื่อเก็บรักษาในสภาพที่ไม่ควบคุม ส่วนการทดลองย่อยคือ 4.2) คุณภาพเมล็ดพันธุ์เมื่อตรวจสอบหลังการเก็บรักษาในสภาพที่แตกต่างกัน 12 เดือน พบว่า การพอกเมล็ดร่วมกับ *Enterobacter* sp. 1x10^8 CFU/ml ทำให้เมล็ดมีความงอกและความแข็งแรงที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก อีกทั้งยังมีความยาวต้น และความยาวรากที่ดี ทั้งในการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมและไม่ควบคุม ดังนั้นว่าการพอกเมล็ดร่วมกับ *Enterobacter* sp. 1x10^8 CFU/ml สามารถเพิ่มคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมได้ดีที่สุด อีกทั้งยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้า และช่วยคงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ให้มีระยะเวลาในการเก็บรักษาได้นานขึ้น โดยเฉพาะเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุม

คำสำคัญ : การพอกเมล็ดพันธุ์, การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์, เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม, เมล็ดผักอินทรีย์

Title EFFECT OF SEED PELLETING FORMULAS WITH PLANT GROWTH PROMOTING BACTERIA ON LETTUCE SEED'S QUALITY AND LONGEVITY.

Author Miss Phetcarat Jeephet

Degree Master of Science in Agronomy

Advisory Committee Chairperson Dr. Jakkrapong Kangsopa

ABSTRACT

Lettuce seed is small thin and flat, which can result in low level of nutrient accumulation, causing lettuce seedlings to have low and irregular germination. In addition, recently consumers have higher demand for consumption of lettuce grown without the use of chemical substances. To address this problem, application of seed pelleting with plant growth promoting bacteria was examined. Experiments were conducted at the Seed Technology Laboratory and Biotechnology Laboratory, Agronomy Program, Faculty of Agricultural Production, Maejo University. Organically produced red oak lettuce seeds were used in all experiments. There were 4 experiments in this study. Experiment 1 aimed to find suitable types of filler and adhesive for the pelleting of lettuce seed. There will be 2 parts to this experiment as follows: 1.1) Evaluation of different adhesives. Two adhesive materials, namely Methylhydroxy ethylcellulose and Carboxymethyl cellulose, were tested at 5 different rates each, which are 0.3 %, 0.4 %, 0.6 %, 0.8 % and 1.0 %. It was found that pelleting with 0.4% CMC gave low friability, high dissolvability and high seedling length. 1.2) Evaluation of different fillers. Six types of pelleting methods, Calcium sulfate alone and Calcium sulfate as the 1st layer and Zeolite, Pumice, Bentonite, Talcum or Diatomaceous earth as the 2nd layer. This experiment indicated that Calcium sulfate and Zeolite combination was the most suitable pelleting material for giving low friability, fast dissolve, and longer seedlings. Experiment 2 aimed to find suitable formula for seed pelleting with plant growth promoting bacterial. This experiment was divided into 2 sub-experiments: 2.1) Screening 5 bacterial isolates for their plant growth

enhancing ability and their optimal concentrations. It was found that *Enterobacter* sp. with highest IAA production and phosphate solubilizing ability. It was found that soaking seed with *Bacillus* sp. at $1x10^8$ CFU/ml, *Stenotrophomonas* sp. at $1x10^7$ CFU/ml, *Bacillus sp*. at $1x10^6$ CFU/ml, *Burkholderia* sp. at $1x10^8$ CFU/ml, and *Enterobacter* sp. at $1x10^8$ CFU/ml resulted in better germination index and shoot length. These bacterial concentrations were used in experiment 2.2) Evaluating the effect of pelleting lettuce seed with plant growth promoting bacteria. It was revealed that pelleting with *Stenotrophomonas* sp. at $1x10^7$ CFU/ml, *Burkholderia* sp. at $1x10^8$ CFU/ml and *Enterobacter* sp. at $1x10^8$ CFU/ml yielded better germination rate, seedling vigor, and overall seedling growth. Results obtained from experiment 2 were then used in experiments 3) and 4) Evaluating the effect of seed pelleting with plant growth promoting bacteria on growth of lettuce seedlings when cultivating under a hydroponics system. The study found that pelleting with *Enterobacter* sp. at $1x10^8$ CFU/ml gave better germination rate and higher shoot and root length after 45 days in hydroponics system. The same pelleting treatment also increased fresh and dry weight of both the shoot and the root. For experiment 4) viability of plant growth promoting bacteria within the pelleted lettuce seeds and seed quality after being stored at different conditions were evaluated, which was divided into 2 sub-experiments. 4.1) Examining viability of bacteria in different storage conditions. It was found that after 2 months of storage, seeds pelleted with *Enterobacter* sp. at $1x10^8$ CFU/ml had the highest bacterial count when stored The temperature-controlled seeds had more colonies than the non- environmental conditions seeds. Sub-experiments: 4.2) Examining seed quality after 12 months of storage in different environmental conditions. It was found that seed pelleting with *Enterobacter* sp. at $1x10^8$ CFU/ml resulted in better germination rate, seedling vigor, and seedling shoot and root length than without pelleting, regardless of storage conditions. This study concluded that pelleting lettuce seed with *Enterobacter* sp. at $1x10^8$ CFU/ml was the best method for enhancing quality of lettuce seeds. This method of seed pelleting could also help to promote seedling growth, as well as extended storage time especially under temperature controlled conditions.

Keywords : seed pelleting, seed enhancement, lettuce seed, organic seed

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความช่วยเหลือจากหลายบุคคลที่ข้าพเจ้าเคารพรัก แรกสุดข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.จักรพงษ์ กางโสภา อาจารย์ที่ปรึกษาที่ท่านได้สละเวลาในการสั่งสอนวิชาความรู้ ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางต่าง ๆ ช่วยตรวจ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ ซึ่งจากการกระทำดังกล่าวทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมทั้งสองท่าน อาจารย์ ดร. จุฑามาศ อาจนาเสียว และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุธีระ เหิมฮึก ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำ ตลอดจนแนวทางในการแก้ไขเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนการวิจัยและนวัตกรรม สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ภายใต้โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม ประจำปีงบประมาณ 2564 และบริษัท เซเรส อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ที่ได้สนับสนุนเงินทุนการวิจัยในครั้งนี้

ท้ายที่สุดนี้ข้าพเจ้าหวังอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสามารถสร้างประโยชน์ให้แก่ผู้อื่นในการนำไปศึกษาและต่อยอดงานไม่มากก็น้อย

เพชรรัตน์ จี้เพชร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ซ

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญภาพ ..... ฒ

บทที่ 1 บทนำ 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3

ขอบเขตของการศึกษา 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 4

ผักกาดหอม 4

การปลูกพืชในระบบไร้ดิน 5

แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช 8

Seed treatment 11

การคลุกเมล็ดพันธุ์ 12

การเคลือบเมล็ดพันธุ์ 13

การพอกเมล็ดพันธุ์ 14

การพอกเมล็ดร่วมกับจุลินทรีย์ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช 21

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์หลังการพอกเมล็ด 22

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 24

1. การศึกษาชนิดของวัสดุพอก วัสดุประสาน และสัดส่วนที่เหมาะสมของสารพอกสำหรับการพอกเมล็ดผักกาดหอม 26
2. การสร้างสูตรสารพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม 31
3. การศึกษาการเจริญเติบโตของผักกาดหอมในระบบการปลูกพืชไร้ดิน 33
4. การประเมินความมีชีวิตของแบคทีเรียในเมล็ดพอก และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับแบคทีเรีย หลังผ่านการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน 34

การวิเคราะห์ข้อมูล 34

บทที่ 4 ผลการวิจัยและวิจารณ์ 36

ผลการวิจัย 36

1. ผลของชนิดวัสดุพอก วัสดุประสาน และอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม 36
2. ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม 53
3. การเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม เมื่อเพาะทดสอบในระบบการปลูกพืชไร้ดิน 62
4. ผลของสูตรการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่เหมาะสมต่อความมีชีวิตของแบคทีเรีย และอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอก ในสภาพการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน 70

วิจารณ์ผลการทดลอง 82

1. ชนิดของวัสดุพอก วัสดุประสาน และอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ต่อการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม และคุณภาพเมล็ดหลังการพอก 82
2. ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม 85
3. ผลของการเพาะทดสอบในระบบการปลูกพืชไร้ดิน ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม 87

4. ผลหลังการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่พอกร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้า 89

บทที่ 5 สรุป และข้อเสนอแนะ 92

สรุปผลการทดลอง 92

ข้อเสนอแนะ 92

บรรณานุกรม 93

ภาคผนวก 104

ภาคผนวก ก สูตรสารพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม 105

ภาคผนวก ข สูตรสารละลาย การทดสอบในระบบการปลูกพืชไร้ดิน 106

ภาคผนวก ค ประวัติผู้วิจัย 107

ประวัติผู้วิจัย 108

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ชนิดวัสดุพอก (กรัม) และสัดส่วนสารพอกต่อเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม 10 กรัม..... 31

ตารางที่ 2 การละลายของแผ่นฟิล์ม น้ำหนักแผ่นฟิล์ม การขึ้นรูปของเมล็ดพอก ความกร่อนของเมล็ดพอก การละลายน้ำของเมล็ดพอก และความเป็นกรด-ด่างของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดด้วย MHEC และ CMC ในอัตราที่แตกต่างกัน โดยใช้ $CaSO_4$ เป็นวัสดุพอก เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 38

ตารางที่ 3 การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดด้วย MHEC และ CMC ในอัตราที่แตกต่างกัน โดยใช้ $CaSO_4$ เป็นวัสดุพอก เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 40

ตารางที่ 4 การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้นดิน ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดด้วย MHEC และ CMC ในอัตราที่แตกต่างกัน โดยใช้ $CaSO_4$ เป็นวัสดุพอก เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง 42

ตารางที่ 5 ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าของของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดด้วย MHEC และ CMC ในอัตราที่แตกต่างกัน โดยใช้ $CaSO_4$ เป็นวัสดุพอก เมื่อตรวจสอบ 44

ตารางที่ 6 การขึ้นรูปของเมล็ดพอก ความกร่อนของเมล็ดพอก การละลายน้ำของเมล็ดพอก และค่าความเป็นกรด-ด่างของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกที่แตกต่างกัน..... 47

ตารางที่ 7 การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกที่แตกต่างกัน ในการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ..... 49

ตารางที่ 8 การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้น ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกที่แตกต่างกัน ในการตรวจสอบสภาพเรือนทดลอง..... 50

ตารางที่ 9 ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกที่แตกต่างกัน ในการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และในสภาพเรือนทดลอง 52

ตารางที่ 10 การละลายฟอสเฟตและการผลิต IAA ของแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช 53

ตารางที่ 11 การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังแช่ร่วมกับแบคทีเรียที่ 3 ชั่วโมงในอัตราที่แตกต่างกัน จากการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 55

ตารางที่ 12 ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังแช่ร่วมกับแบคทีเรียที่ 3 ชั่วโมงในอัตราที่แตกต่างกัน จากการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 56

ตารางที่ 13 การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่สายพันธุ์แตกต่างกัน จากการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 58

ตารางที่ 14 การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้น ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่สายพันธุ์แตกต่างกัน จากการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง 59

ตารางที่ 15 ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าของผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่สายพันธุ์แตกต่างกัน จากการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และสภาพเรือนทดลอง 61

ตารางที่ 16 การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก และความเร็วในการงอกของผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่สายพันธุ์แตกต่างกัน จากการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 63

ตารางที่ 17 การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้น ความงอก และความเร็วในการงอกของผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่สายพันธุ์แตกต่างกัน จากการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 64

ตารางที่ 18 ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าของผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่สายพันธุ์แตกต่างกัน จากการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และสภาพเรือนทดลอง 66

ตารางที่ 19 ความยาวต้นของผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่สายพันธุ์แตกต่างกัน ในการตรวจสอบในระบบปลูกไร้ดิน 68

ตารางที่ 20 น้ำหนักสดต้น น้ำหนักสดราก น้ำหนักแห้งต้น และน้ำหนักแห้งรากของผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่สายพันธุ์แตกต่างกัน ในการตรวจสอบในระบบปลูกไร้ดิน ที่อายุ 45 วันหลังเพาะทดสอบ 69

ตารางที่ 21 ความงอกราก ในสภาพห้องปฏิบัติการของต้นกล้าผักกาดหอม ที่พอกร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่ชนิดแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน 73

ตารางที่ 22 ความเร็วในการงอกราก ในสภาพห้องปฏิบัติการของต้นกล้าผักกาดหอม ที่พอกร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่ชนิดแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน 74

ตารางที่ 23 ความงอก ในสภาพห้องปฏิบัติการของต้นกล้าผักกาดหอม ที่พอกร่วมกับจุลินทรีย์ ในชนิดที่แตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน 76

ตารางที่ 24 ความเร็วในการงอกในสภาพห้องปฏิบัติการของเมล็ดผักกาดหอม ที่พอกร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่ชนิดแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน 77

ตารางที่ 25 ความยาวต้น ในสภาพห้องปฏิบัติการของต้นกล้าผักกาดหอม ที่พอกร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่ชนิดแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน 79

ตารางที่ 26 ความยาวราก ในสภาพห้องปฏิบัติการของต้นกล้าผักกาดหอม ที่พอกร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่ชนิดแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน 80

ตารางที่ 27 ความยาวต้นกล้า ในสภาพห้องปฏิบัติการของต้นกล้าผักกาดหอม ที่พอกร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่ชนิดแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน 81

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการดำเนินการทดลอง 25

ภาพที่ 3 ลักษณะของแผ่นฟิล์มที่ชนิดและอัตราของวัสดุประสานที่แตกต่างกัน 37

ภาพที่ 4 ลักษณะของต้นกล้าผักกาดหอมที่ผ่านการพอกร่วมกับ MHCE และ CMC ในอัตราที่แตกต่างกัน หลังผ่านการเพาะทดสอบในวันที่ 7 เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 43

ภาพที่ 5 ลักษณะของก้อนพอกหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกที่ชนิดแตกต่างกัน 46

ภาพที่ 6 ลักษณะของต้นกล้าผักกาดหอมที่ผ่านการพอกด้วย CMC อัตรา 0.4% ที่ได้จากการคัดเลือกและพอกร่วมกับวัสดุพอก หลังผ่านการเพาะทดสอบในวันที่ 7 เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ 51

ภาพที่ 7 ความมีชีวิตของแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือนในการเก็บรักษาสภาพควบคุม (6ก) และความมีชีวิตของแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือนในการเก็บรักษาสภาพไม่ควบคุม (6ข) 71

บทที่ 1
บทนำ

ผักกาดหอม (*Lactuca sativa*) เป็นผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีความต้องการบริโภคตลอดทั้งปีโดยเฉพาะช่วงเทศกาลต่าง ๆ จัดได้ว่าเป็นผักที่ตลาดต้องการสูง และมีแนวโน้มความต้องการปริมาณเพิ่มสูงขึ้น (สัมฤทธิ์, 2538) อีกทั้งยังเป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบด้วย วิตามินเอ วิตามินซี แคลเซียม เหล็ก โปรตีน และคาร์โบไฮเดรต เป็นต้น (สุนทร, 2540) โดยในปี 2564 มีการนำเข้าเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมปริมาณ 56.67 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 27.46 ล้านบาท (กรมวิชาการเกษตร, 2564) ซึ่งในระบบการผลิตผักกาดหอม การเพาะกล้าเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก เนื่องจากขนาดของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมมีขนาดเล็ก แบน และมีอาหารสะสมในเมล็ดน้อย ทำให้เมื่อนำไปเพาะต้นกล้ามีความงอก และความแข็งแรงต่ำ มีการเจริญเติบโตของต้นกล้าไม่สม่ำเสมอ จึงทำให้มีต้นทุนการอนุบาลต้นกล้าสูง (Damrosch, 2012) ทำให้เกษตรกร และฟาร์มผู้ผลิตผักระบบอุตสาหกรรมในประเทศไทย นำเข้าเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมชนิดต่าง ๆ ที่ผ่านการพอกจากต่างประเทศ ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีราคาสูง และเพิ่มต้นทุนการผลิตมากขึ้น 5 เท่าตัว (จักรพงษ์ และบุญมี, 2558)

จากปัญหาดังกล่าว การพอกเมล็ดจึงเป็นแนวทางการแก้ไขปัญหาในเรื่องของขนาดเมล็ดที่มีขนาดเล็กหรือความไม่สม่ำเสมอของเมล็ด โดยจะช่วยให้เมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้น มีรูปร่างกลมและสม่ำเสมอ ช่วยให้เมล็ดที่มีรูปร่างบิดงอ หรือมีขนาดของเมล็ดที่ไม่แน่นอน มีรูปร่าง และลักษณะที่มีความเหมาะสมต่อการนำไปเพาะปลูกได้มากยิ่งขึ้น และช่วยให้เมล็ดมีความเหมาะสมต่อการเพาะปลูกโดยการใช้เครื่องจักรทางการเกษตร ให้สะดวก และรวดเร็วต่อการเพาะปลูกได้ดีมากยิ่งขึ้น (Hill, 1999) อีกทั้งยังช่วยปกป้องเมล็ดจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญที่จะทำให้การพอกเมล็ดพันธุ์ประสบผลสำเร็จได้นั้น ขึ้นอยู่กับวัสดุพอก วัสดุประสาน และสารออกฤทธิ์ โดยวัสดุพอกที่ดีควรมีคุณสมบัติในการขึ้นรูปได้ง่าย มีขนาดของอนุภาคที่สม่ำเสมอ ไม่มีผลไปขัดขวางต่อกระบวนการซึมผ่านของน้ำ ก๊าซออกซิเจน และต้องไม่เป็นพิษหรือส่งผลเสียต่อคุณภาพและการงอกของเมล็ดพันธุ์ (Copeland and Miller, 1995) โดยทั่วไปวัสดุพอกที่นิยมนำมาใช้ในการพอกเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ calcium sulfate, pumice, bentonite, talcum, zeolite และ diatomaceous earth เป็นต้น ส่วนวัสดุประสานจะทำหน้าที่เป็นกาวที่ยึดเกาะระหว่างเมล็ดพันธุ์ และอนุภาคของวัสดุพอก โดยวัสดุประสานจะต้องมีความหนืดพอเหมาะ ละลายน้ำได้ง่ายเมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปปลูก และวัสดุประสานที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติที่ไม่ขัดขวางต่อกระบวนการซึมผ่านของน้ำ และอากาศเข้าสู่เมล็ดพันธุ์หลังการพอก โดยวัสดุประสานที่นิยมนำมาใช้ในการพอกเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ Hydroxypropyl

Methylcellulose (HPMC), Carboxymethyl Cellulose (CMC) และ Hydroxyethyl Methyl Cellulose (MHEC) เป็นต้น (จักรพงษ์, 2563)

นอกจากนี้การพอกเมล็ดพันธุ์ยังสามารถเพิ่มเติมสารออกฤทธิ์ให้ติดไปกับสารพอกเมล็ดพันธุ์ได้ โดยเฉพาะจุลินทรีย์ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เพื่อเป็นการลดการใช้สารเคมีที่จะติดไปกับเมล็ดพันธุ์โดยจุลินทรีย์เหล่านี้มีกลไกที่สำคัญ คือ สามารถผลิตฮอร์โมนพืชหรือสนับสนุนให้พืชหาอาหาร และดูดซึมจากดินผ่านกลไกต่าง ๆ มากขึ้น อีกทั้งจุลินทรีย์เหล่านี้ยังสามารถตรึงไนโตรเจนจากบรรยากาศ (Lakshminarayana et al., 1992) กระตุ้นการละลายของฟอสเฟตที่ไม่ละลายน้ำ (Kundu and Gaur, 1980) การสังเคราะห์สารประกอบธาตุเหล็ก (Glick et al., 2007) และการผลิตกรดอินทรีย์กรดอะมิโน (IAA) ซึ่งช่วยเพิ่มการเจริญของราก และลำต้นของต้นกล้าพืช (Oteino et al., 2015) เป็นต้น จักรพงษ์ และ บุญมี (2558) รายงานว่า เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Pseudomonas fluoresces* 31-12 มีความยาวต้น และรากที่ค่อนข้างดี อีกทั้งการพอกยังส่งผลให้ต้นกล้าผักกาดหอมอายุ 45 วัน มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งลำต้นดีมากที่สุด อีกทั้ง โชคชัย และคณะ (2559) รายงานผลของการแช่เมล็ดร่วมกับ *Enterobacter* sp. 903 มีน้ำหนักแห้งลำต้นสูงกว่ากลุมควบคุมมากกวา 1.5 เท่า นอกจากนี้ วาริณี และคณะ (2564) รายงานว่าการเคลือบเมล็ดผักกาดหอมร่วมกับ *Bacillus subtilis* มีความเร็วในการงอกรากของต้นกล้ามากกว่าวิธีการอื่น ๆ และยังส่งผลให้มีความยาวรากมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ และ ศศิพร และจุฑามาศ (2564) ได้ทำการแช่เมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 ร่วมกับแบคทีเรีย พบว่าแบคทีเรีย *Pseudomonas* sp. *Enterobacter* sp. และ *Burkholderia* spp. สามารถกระตุ้นการสร้าง crown root ในกล้าข้าวได้ และส่งผลให้มีน้ำหนักสดรากเพิ่มขึ้น

การพอกเมล็ดพันธุ์ ยังช่วยให้สามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้นานมากยิ่งขึ้น โดยมีการรายงานของ Yadav et al. (1998) ที่พอกเมล็ดพันธุ์ buffel grass (*Cenchrus ciliaris* L.) ด้วยดินเหนียวแล้วนำไปลดความชื้นโดยวิธีตากแดด หลังจากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ไปบรรจุในถุงพลาสติก แล้วนำไปเก็บรักษาในห้องที่ไม่ควบคุมสภาพแวดล้อม เป็นเวลา 1 ปี พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกมีความงอก 42.58% เมื่อเพาะในสภาพไร่ ซึ่งมากกว่าเมล็ดพันธุ์ไม่พอกที่มีความงอกเพียง 37.83 % และจากการรายงานของ Sujatha et al. (2005) ได้พอกเมล็ดพันธุ์ faba bean (*Vicia faba* L.) ด้วยขี้เลื่อยโดยใช้แป้งดัดแปรละลายน้ำเป็นวัสดุประสานร่วมกับ KH_2PO_4 และ $ZnSO_4$ ในอัตรา 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเมล็ดพันธุ์ นำไปเก็บรักษาในสภาพห้องที่ไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมเป็นเวลา 6 เดือน เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปเพาะปลูก พบว่า เมล็ดพันธุ์ที่พอกร่วมกับ KH_2PO_4 มีความงอกและผลผลิตมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่พอก

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาสูตรสารพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม ติดตามการเปลี่ยนแปลงของความงอก ตลอดจน

ติดตามการเจริญเติบโตเมื่อตรวจสอบการเพาะปลูกผักกาดหอมในระบบการปลูกพืชไร้ดิน และติดตามผลหลังการเก็บรักษาเมล็ดพอกในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นการยกระดับการเพาะปลูกผักกาดหอมให้มีประโยชน์สูงสุดในเชิงพาณิชย์ และการเพิ่มมูลค่าให้กับเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมอินทรีย์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอัตราส่วนของวัสดุพอก และวัสดุประสาน ที่เหมาะสมต่อการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม
2. เพื่อศึกษาสูตรการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้า
3. เพื่อศึกษาสูตรการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม เมื่อเพาะทดสอบในระบบการปลูกพืชไร้ดิน
4. เพื่อศึกษาสูตรการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่เหมาะสมต่อความมีชีวิตของแบคทีเรียและอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอก ในสภาพการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาอัตราส่วนส่วนของวัสดุพอก และวัสดุประสาน ที่เหมาะสมต่อการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม
2. หาอัตราของจุลินทรีย์ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโต ที่เหมาะสมต่อการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม
3. ศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ หลังผ่านการพอกร่วมกับจุลินทรีย์ เมื่อเพาะทดสอบในระบบการปลูกพืชไร้ดิน
4. ศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ หลังผ่านการพอกร่วมกับจุลินทรีย์ และอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้สูตรสารพอกที่เหมาะสมต่อการพอกกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม
2. ได้สูตรสารพอกร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโต ที่เหมาะสมต่อการพอกกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

ผักกาดหอม

1. ความสำคัญของผักกาดหอม

ผักกาดหอมเป็นผักที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่มีความต้องการบริโภคตลอดทั้งปี โดยเฉพาะช่วงเทศกาลต่าง ๆ โดยในปี 2564 มีการนำเข้าเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมปริมาณ 56.67 กิโลกรัม คิดเป็นมูลค่า 27.46 ล้านบาท (กรมวิชาการเกษตร, 2564) ซึ่งผักกาดหอมเป็นพืชในตระกูล Asteraceae มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lettuce sativa* มีถิ่นกำเนิดในทวีปเอเชียและยุโรป เป็นผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบด้วยวิตามินเอ วิตามินซี แคลเซียม เหล็ก โปรตีน คาร์โบไฮเดรต (สุนทร , 2540) และยังประกอบด้วยสาร antioxidant หลายชนิด ซึ่งสารเหล่านี้เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะทำหน้าที่จับอนุมูลอิสระที่ร่างกายได้รับจากสิ่งเป็นพิษในสภาพแวดล้อม โดยอนุมูลอิสระจะเข้าทำลายเซลล์จนเกิดความผิดปกติกลายเป็นเซลล์มะเร็ง ดังนั้นการบริโภคผักกาดหอมจะช่วยลดโอกาสที่จะเป็นมะเร็ง นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติทางเภสัชกรรมในด้านระงับความกระวนกระวาย การขับปัสสาวะ และเสมหะ (สัมฤทธิ์, 2538) คนไทยนิยมรับประทานผักกาดหอมเป็นผักสลัดหรือร่วมกับอาหารจำพวกยำต่าง ๆ สาคูหมูหรือข้าวเกรียบปากหม้อ และนิยมนำมาตกแต่งอาหารให้มีสีสันสวยงามน่ารับประทานมากขึ้น (สุนทร, 2540)

2. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของผักกาดหอม

2.1 ราก เป็นระบบรากแก้ว จะเจริญอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะเมื่อปลูกในดินร่วนปนทรายที่มีความชื้นเพียงพอ รากแก้วสามารถหยั่งลึกลงไปในดินได้ถึง 5 ฟุต หรือมากกว่า แต่รากแก้วมักได้รับความเสียหายในขณะที่ย้ายปลูก ดังนั้น รากที่เหลือจะเป็นรากแขนงซึ่งแผ่กระจายอยู่ใต้ดินประมาณ 1-2 ฟุต โดยรากจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มหนาแน่น (สุนทร, 2540)

2.2 ลำต้น มีลักษณะเป็นข้อสั้น ข้อที่เกิดของใบในระยะแรกมักจะมองไม่ค่อยเห็น เนื่องจากใบจะปกคลุมไว้จะเห็นชัดเมื่อระยะแทงช่อดอก ลำต้นจะตั้งตรง สูงชะลูดขึ้นจนสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน มีลักษณะอวบอ้วน ถ้าปลูกในที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ ลำต้นจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 2 นิ้ว (สุนทร, 2540)

2.3 ใบ แตกออกมาจากลำต้นโดยรอบ สีใบมีตั้งแต่เขียวอ่อน เขียวปนเหลือง จนถึงสีเขียวแก่ บางพันธุ์มีสีแดงหรือน้ำตาลปนอยู่ ทำให้มีสีแดงบรอนซ์หรือน้ำตาลปนเขียว พันธุ์ที่ห่อเป็นหัวจะมีใบ

หนา เนื้อใบอ่อนนุ่ม ใบจะห่อหัวอัดแน่นคล้ายกะหล่ำปลี บางชนิดมีใบม้วนงอเปราะ มีเส้นใบเห็นได้ชัด ขอบใบมีลักษณะเป็นหยัก ขนาดและรูปร่างของใบจะแตกต่างกันตามชนิด (สุนทร, 2540)

2.4 ช่อดอก ดอกมีลักษณะเป็นช่อแยกแขนง ประกอบด้วยกลุ่มของดอกที่เป็นกระจุกตรงยอด แต่ละกระจุกประกอบไปด้วย ดอกย่อย 15-25 ดอก หรือมากกว่า ก้านช่อดอกจะยาวประมาณ 2 ฟุต ช่อดอกอันแรกเกิดที่ยอดก่อน จากนั้นจะเกิดช่อดอกข้างตรงมุมใบ ช่อดอกที่เกิดจากส่วนยอดโดยตรงมีอายุมากที่สุด ส่วนช่อดอกอื่น ๆ มีอายุรองลงมา ดอกเป็นดอกสมบูรณ์เพศ กลีบดอกสีเหลืองตรงโคนเชื่อมติดกัน รังไข่มี 1 ห้อง เกสรตัวเมียมี 1 อัน มีลักษณะ เป็น 2 แฉก เกสรตัวผู้ 5 อัน รวมกันเป็นยอดยาวห่อหุ้มก้านเกสรตัวเมียและยอดเกสรตัวเมียไว้ (สุนทร, 2540)

2.5 เมล็ด เมล็ดผักกาดหอมเป็นชนิดเมล็ดเดียว (achene) ซึ่งเจริญมาจากรังไข่อันเดียว มีเปลือกหุ้มเมล็ดบาง จะไม่แตกเมื่อเมล็ดแห้ง เมล็ดมีลักษณะแบนยาว หัวท้ายแหลมเป็นรูปหอก มีเส้นเล็ก ๆ ลาดยาวไปตามด้านยาวของเมล็ดที่ผิวเปลือกหุ้มเมล็ด เมล็ดมีสีเทาปนครีม ความยาวของเมล็ดอยู่ที่ประมาณ 4 มิลลิเมตร และกว้างประมาณ 1 มิลลิเมตร (สุนทร, 2540)

การปลูกพืชในระบบไร้ดิน

การปลูกพืชในสารละลายไฮโดรโปนิกส์เป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการปลูกผักเพื่อให้ได้คุณภาพและช่วยประหยัดทรัพยากร ซึ่งในปัจจุบันการผลิตผักเพื่อการค้านิยมใช้ระบบการปลูกนี้มากขึ้น เนื่องจากช่วยทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ลดปัญหาการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสามารถปลูกได้ทุกสถานที่ (อารักษ์, 2544) โดยการปลูกพืชแบบไฮโดรโปนิกส์เป็นวิธีการปลูกพืชที่ใช้หลักการแบบวิทยาศาสตร์สมัยใหม่ด้วยการเลียนแบบการปลูกพืชบนดิน แต่ไม่นำดินมาใช้เป็นวัสดุในการ ปลูก หลักการพื้นฐานในการทำให้พืชเจริญเติบโตคือ ใช้น้ำที่มีการเติมธาตุอาหารต่าง ๆ ทดแทนธาตุอาหารที่มีอยู่ในดิน (นพดล, 2538) ธาตุอาหารที่ให้นั้นควรมีอัตราที่เหมาะสมต่อความต้องการของพืช ซึ่งในการดูดธาตุอาหารเข้าสู่พืชเป็นรูปไอออน เช่นเดียวกับการปลูกพืชในดินแต่ต่างกันตรงที่พืชปลูกในดินจะต้องอาศัยจุลินทรีย์มาเปลี่ยนรูปของธาตุให้มาอยู่ในรูปไอออนก่อนที่พืชจะดูดเข้าไป (มนูญ, 2544) ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบปลูกหลายรูปแบบตั้งแต่การปลูกในพื้นที่กว้างจนถึงการปลูก พืชในระบบไร้ดินในสภาพเรือนทดลอง

1. วิธีการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืช

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ การปลูกพืชโดยใช้วัสดุปลูก โดยหน้าที่ของวัสดุปลูกนี้จะช่วยให้รากพืชมีที่ยึดเกาะ การเลือกวัสดุปลูกจึงต้องเหมาะสมกับสภาวะที่พืชต้องการ และการปลูกพืชลงในสารละลายธาตุอาหารพืชโดยตรง ซึ่งรากพืชไม่มีสิ่งใดสัมผัสเกาะยึดสามารถเคลื่อนไหวไปมาได้ รากจะทำหน้าที่ 3 รูปแบบ คือ ดูดออกซิเจน ดูดน้ำ และธาตุอาหาร จึงต้องให้ส่วนโคนรากมีช่องว่างสำหรับให้รากหายใจเอาออกซิเจนเข้าไป และส่วนปลายจะทำหน้าที่ดูดน้ำและธาตุอาหาร (อารักษ์, 2544) ซึ่งการปลูกพืชในสารละลายธาตุอาหารพืช สามารถแบ่งเป็น 2 วิธี คือ

1.1 แบบสารละลายหมุนเวียน ความสำคัญของการทำงานในระบบนี้ขึ้นอยู่กับการใช้ปั๊มในการผลักดันให้สารละลายเกิดการไหลเวียน โดยข้อดีของระบบ คือ สามาถเพิ่มออกซิเจนแก่รากพืชได้โดยตรง ยังเป็นการช่วยให้สารละลายเกิดการเคลื่อนไหวช่วยไม่ให้ธาตุอาหารเกิดการตกตะกอน ซึ่งต้นพืชจะได้รับอาหารได้อย่างเต็มที่ โดยเป็นแบบที่ใช้ได้ผลสำเร็จในเชิงการค้า (อารีย์, 2540)

1.2 แบบสารละลายไม่หมุนเวียน สามารถทำได้โดยเตรียมภาชนะปลูกที่ไม่มีรอยรั่วซึมนำสารละลายที่เตรียมไว้เติมลงในระดับที่พอเหมาะ แล้วนำตะแกรงหรือแผ่นโฟมเจาะรูวางทาบที่ปากภาชนะ เพื่อช่วยในการพยุงต้นพืชให้ทรงตัวได้ หลังจากนั้นนำต้นกล้าที่เพาะบนฟองน้ำมาสอดเข้าไว้ในรูโฟม และเป็นการช่วยปกป้องมิให้แสงสว่างสอดส่องลงมาในสารละลายได้สิ่งที่ต้องคำนึงถึงประการสำคัญ คือ การเว้นช่องว่างระหว่างพื้นผิวสารละลายกับแผ่นโฟมเพื่อช่องว่างนี้จะเป็นพื้นที่สำหรับให้ออกซิเจนแก่รากพืช และการปลูกแบบสารละลายไม่หมุนเวียนนี้สามารถทำได้สองวิธี คือ

1.2.1 ชนิดไม่เติมอากาศ เป็นระบบที่สารละลายไม่มีการถ่ายเท ไม่ต้องให้ออกซิเจน และไม่ต้องมีอุปกรณ์ปั๊มอากาศ นิยมใช้กับพืชที่มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น

1.2.2 ชนิดเติมอากาศให้แก่รากพืชโดยใช้ปั๊มในการปั๊มลม เป็นวิธีที่เหมาะสำหรับผู้เริ่มทดลองหรือปลูกเป็นงานอดิเรกเพราะใช้ต้นทุนต่ำ ติดตั้งง่าย สามารถใช้งานได้เร็ว และสามารถควบคุมโรคที่มาจากการไหลเวียนของน้ำได้ง่าย (ฐิติพันธุ์, 2542) และในงานทดลองครั้งนี้ระบบที่เลือกใช้ คือ แบบการปลูกในสารละลายไม่หมุนเวียนชนิดเติมอากาศ

2. ข้อดีของการปลูกพืชในสารละลายไฮโดรโปนิกส์ (ศูนย์วิทยาศาสตร์เพื่อการศึกษาขอนแก่น, 2563)

1. เหมาะสมในกรณีที่อาศัยอยู่ในชุมชนเมืองที่สามารถปลูกบนดาดฟ้า ข้างทางเดิน บริเวณหลังบ้านบริเวณใกล้หน้าต่าง หลังคา

2. ใช้ทดแทนการปลูกพืชในดินที่มีปัญหา เช่น ดินเค็ม ดินกรด และดินด่าง เป็นต้น

3. ควบคุมปัญหาโรคพืชและแมลงได้ง่าย ปกติดินที่ใช้เพาะปลูกอาจมีเชื้อโรค และยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยของแมลงชนิดต่าง ๆ จากการที่ไม่ต้องใช้ดินในการปลูกพืช จึงเป็นข้อได้เปรียบอย่างหนึ่ง แต่ก็ยังมีปัญหาของแมลงและโรคต่าง ๆ ที่แพร่กระจายอยู่ในอากาศทั่วไป ซึ่งสามารถเลี่ยงการใช้ยาฆ่าแมลงได้ด้วยการใช้ตาข่ายป้องกัน พืชผักที่ปลูกโดยวิธีนี้จึงปลอดภัยจากสารเคมีกำจัดโรคและแมลง และไม่ก่อให้เกิดปัญหาสารพิษตกค้างในอาหารแก่ผู้บริโภค นอกจากนี้ผลทางอ้อมยังเป็นการรักษาระบบนิเวศ ป้องกันการทำลายสภาพแวดล้อมอันเนื่องมาจากการใช้สารเคมีในยาฆ่าแมลง

4. ควบคุมสภาพแวดล้อมที่เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตได้โดยเฉพาะในระดับรากพืช ได้แก่ ธาตุอาหาร กรด-ด่าง อุณหภูมิ และความเข้มข้นของออกซิเจน เป็นต้น ซึ่งการปลูกพืชบนดินทำได้ยาก การปลูกพืชผักแบบนี้อาจทำให้พืชเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ผลผลิตสูงกว่าในดินและมีคุณภาพสม่ำเสมอ อีกทั้งยังไม่ต้องใช้ระบบการปลูกพืชหมุนเวียน เช่น ที่ปลูกในดิน ปลูกพืชได้ไม่เจาะจงฤดูกาล และเพียงพอต่อความต้องการของตลาด

5. ดินส่วนมากมักขาดธาตุอาหารที่จำเป็นสำหรับพืช ซึ่งสามารถเติมธาตุอาหารได้แต่ไม่สามารถทราบสัดส่วนในการเติมเพื่อที่จะให้ได้พอเหมาะกับความต้องการของต้นพืช และอาจถูกน้ำชะล้างทิ้งไปหรือจมลึกลงในดิน ส่วนการปลูกพืชไม่ใช้ดิน ส่วนประกอบธาตุอาหารของพืชจะจัดเตรียมให้มีสัดส่วน และปริมาณพอเหมาะกับที่พืชที่ต้องการได้

6. สามารถใช้น้ำและธาตุอาหารพืชอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ใช้น้ำลดลงไม่ต่ำกว่า 10 เท่าของการปลูกพืชแบบธรรมดา

7. ไม่เกิดปัญหาในกรณีของการให้น้ำมากเกินไปเหมือนเช่นที่ปลูกในดิน

8. ประหยัดเวลา แรงงานและค่าใช้จ่ายในการเตรียมดิน และกำจัดวัชพืช

9. ใช้พื้นที่เพาะปลูกน้อย สามารถนำที่ว่างมาใช้ประโยชน์ได้อย่างเต็มที่ ปลูกพืชชนิดเดิมได้ในพื้นที่อย่างต่อเนื่องไม่ต้องพักแปลงและปลูกพืชได้หนาแน่นกว่าในดิน มีจำนวนต้นต่อพื้นที่มาก ปลูกได้ตลอดทั้งปี สามารถคาดคะเน และวางแผนการผลิตได้อย่างแม่นยำ

10. ไม่เกิดปัญหาวัชพืชแย่งอาหารจากพืชที่ปลูก

แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

1. กลไกการส่งเสริมการเจริญเติบโตของแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

แบคทีเรียที่มีชีวิตอยู่ร่วมกันกับพืช มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชในด้านสารอาหาร และการต้านทานต่อโรคที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์อื่น ๆ หรือช่วยลดสารพิษที่มีอยู่ในดิน (Vessey, 2003) โดยเฉพาะแบคทีเรียเป็นประโยชน์ต่อพืช สามารถสร้างสารอาหารที่ต้นพืชต้องการเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในสกุล *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Pseudomonas* และ *Serratia* เป็นต้น

การนำแบคทีเรียมาใช้ร่วมกับเมล็ดพันธุ์จำเป็นต้องเข้าใจกระบวนการส่งเสริมการเจริญเติบโตต่อพืช ซึ่งแบคทีเรียเหล่านี้โดยส่วนใหญ่จะอาศัยอยู่ร่วมกันกับพืช หรืออยู่ในดินบริเวณรอบ ๆ รากพืช จึงมีคุณสมบัติการกระตุ้นการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์พืช สามารถแบ่งได้ 2 ทาง คือ โดยทางตรง และทางอ้อม (วิยะดา, 2554) ได้แก่

1.1 การส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้า หลังการงอกของเมล็ดพันธุ์พืชโดยทางตรง

1.1.1 การเพิ่มธาตุไนโตรเจน (Nitrogen) เมล็ดพันธุ์ขณะงอกจำเป็นต้องได้รับธาตุอาหารที่เพียงพอ โดยเฉพาะไนโตรเจน ซึ่งมีคุณสมบัติทำให้พืชเจริญเติบโต และตั้งตัวได้เร็ว โดยเฉพาะในระยะแรกของการงอก ดังนั้นจุลินทรีย์เหล่านี้จะผลิตเอนไซม์ไนโตรจิเนสเพื่อช่วยเปลี่ยนก๊าซไนโตรเจนให้เป็นสารประกอบในรูปของแอมโมเนีย และไนเตรท เพื่อให้ต้นกล้าพืชหลังการงอกของเมล็ดพันธุ์สามารถนำไปใช้ได้ (Herrera et al., 2016)

1.1.2 การเพิ่มธาตุฟอสฟอรัส (Phosphorus) จุลินทรีย์บางชนิด เช่น *Pseudomonas putida*, *Klebsiella* spp., *Enterobacter asburiae*, *Acinetobacter* spp. และ *Stenotrophomonas maltophilia* เป็นต้น ช่วยย่อยฟอสฟอรัสในดินให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ ทำให้ต้นกล้าสามารถนำไปใช้ได้มากขึ้น (Mehnaz et al., 2010) เพื่อการสังเคราะห์แสงของพืช กระบวนการส่งเสริมการเจริญเติบโตของราก ทั้งรากแก้ว รากฝอย และรากแขนง โดยเฉพาะในระยะแรกของการเจริญเติบโตของต้นกล้า อีกทั้งช่วยกระตุ้นช่วยการออกดอก การติดผล และการช่วยให้รากดูดโพแทสเซียมจากดินมาใช้เป็นประโยชน์ได้มากขึ้น เป็นต้น (Tank and Saraf, 2009)

1.1.3 การผลิตฮอร์โมนพืช (Phytohormones) การงอกของเมล็ดพันธุ์มีส่วนเกี่ยวข้องกับฮอร์โมนหลายชนิดเพื่อการขยายขนาดของเซลล์ การยืดตัวของเซลล์ และการกระตุ้นการเกิดรากของต้นกล้า แบคทีเรียที่สามารถผลิตฮอร์โมนให้แก่พืชได้จึงมีความสำคัญต่อการยกระดับการคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ยกตัวอย่างจากการผลิต phytohormones จาก PGPR ส่วนใหญ่มุ่งเน้นไปที่บทบาทของออร์โมนกลุ่ม Auxins ได้แก่ indole-3-acetic acid (IAA) ซึ่งช่วยกระตุ้น

การยืดตัวของเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการเปลี่ยนสภาพของเซลล์ (Shahab et al., 2009) นอกจากนี้ยังพบการผลิตฮอร์โมนชนิดอื่น ๆ อีก เช่น ไซโตไคนิน, เอทธิลีน และ จิบเบอเรลลิน เป็นต้น อีกทั้งแบคทีเรียบางชนิดยังช่วยลดความเข้มข้นของเอทธิลีน ซึ่งเป็นฮอร์โมนพืชเพียงตัวเดียวที่อยู่ในรูปของแก๊ส ถ้าระดับของเอทธิลีนมีปริมาณที่สูงเกินไป อาจมีผลต่อการยับยั้งการงอก และการยืดยาวของรากต้นกล้าพืชได้ (Hardoim et al., 2008)

1.1.4 การผลิตซิเดอร์โรฟอร์ (Siderophores) โดยทั่วไปธาตุเหล็กจะอยู่ในรูปของ Fe^{2+} และ Fe^{3+} และอยู่ในรูปของสารประกอบที่ละลายน้ำได้ยาก หรือไม่สามารถละลายน้ำได้เลย ถึงแม้แบคทีเรียต้องการปริมาณธาตุเหล็กในปริมาณน้อยเพื่อการเจริญเติบโตแต่ก็ขาดไม่ได้ ดังนั้นแบคทีเรียจึงจำเป็นต้องสร้างซิเดอร์โรฟอร์ขึ้นมาเพื่อจับเหล็กและขนส่งเหล็กเข้าไปในเซลล์พืช (Phi et al., 2010) จึงทำให้ต้นกล้าพืชได้รับผลประโยชน์จากการผลิตซิเดอร์โรฟอร์ของแบคทีเรีย เนื่องจากธาตุเหล็กเป็นองค์ประกอบของโปรตีน และมีบทบาทในการสังเคราะห์อาหารพืช ช่วยกระตุ้นกระบวนการหายใจ และกระบวนการปรุงอาหารของต้นกล้าพืชให้เป็นไปอย่างสมบูรณ์

1.2 การส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้า หลังการงอกของเมล็ดพันธุ์พืชโดยทางอ้อม

1.2.1 การช่วยป้องกันการเข้าทำลายของโรคพืชก่อนและหลังการงอกของเมล็ดพันธุ์ ซึ่งเป็นการป้องกันพืชจากอันตรายโดยกลไกทางอ้อม เช่น การสร้างสารปฏิชีวนะ (antibiotic) สารเมแทบอไลต์ยับยั้งรา (antifungal metabolites) การแข่งขันกับโรคพืช และเหนี่ยวนำความต้านทานในพืช เป็นต้น จากการรายงานของ Kaewkham et al. (2016) พบว่าการควบคุมเชื้อรา *Didymella bryoniae* สาเหตุโรค gummy stem blight (GSB) ในเมล็ดพันธุ์แตงกวา โดยใช้ *Bacillus subtilis* QST713 และ *Pseudomonas fluorescens* CA โดยการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ *B. subtilis* 1×10^7 cfu ทำให้เมล็ดมีความงอก ความยาวต้น ความยาวรากที่ดีมากกว่าเมล็ดไม่เคลือบ (non-treated) ส่วนการป้องกันการเข้าทำลายในระยะต้นกล้าพบว่า การทำ seed treatments และ foliar spray หลังการเคลือบเมล็ดร่วมกับ *B. subtilis* 1×10^5 และ 1×10^7 cfu มีระดับความรุนแรง (disease severity %) ของการเกิดโรคเพียง 25% และ 23% ตามลำดับ ซึ่งดีมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ (non-treated) ซึ่งมีระดับความรุนแรงการเกิดโรคสูงถึง 47%

1.2.2 การส่งเสริมต้นกล้าพืชให้มีความต้านทานในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่าง ๆ (Poole, 2012) เช่น ความเค็ม สภาวะแวดล้อมของดินไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ดินมีเนื้อแน่นทึบ รากพืชชอนไชยาก และมีแร่ธาตุบางอย่างละลายออกมาจากดินจนเป็นพิษต่อพืช อีกทั้งยังพบการทนต่อสภาวะความเครียดจากการเกิดออกซิเดชัน (oxidative stress) (Barrow and Kwon, 2009) โดยเฉพาะไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ซึ่งมีผลยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ทำลายส่วนประกอบที่สำคัญของเซลล์ เยื่อเมมเบรน และกระตุ้นการเกิดปฏิกิริยาเพอร์ออกซิเดชันของไขมัน (Rodriguez et al., 2006)

2. ความมีชีวิตของจุลินทรีย์ต่อการอยู่ร่วมกับเมล็ดพันธุ์พืช

จากการค้นพบจุลินทรีย์ชีวภาพ แล้วถูกนำมาใช้เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชอย่างกว้างขวาง (Mahmood et al., 2016) และจากการกำเนิดเทคโนโลยีแต่ละยุคสมัย ทำให้นักวิจัยได้พัฒนาวิธีการและอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับจุลินทรีย์ชีวภาพโดยเฉพาะ แบคทีเรีย เนื่องจากมีความหลากหลายสายพันธุ์ที่เป็นประโยชน์ต่อพืช เช่น แบคทีเรียที่ทำงานร่วมกันกับพืชอาศัย เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช PGPB (Hayat et al., 2010) หรือกลุ่มแบคทีเรียที่ทำงานส่งเสริมการเจริญเติบโตบริเวณรากพืช คือ PGPR (plant growth promoting rhizobacteria) (Kloepper and Schroth, 1978) และกลุ่มที่อาศัยอยู่ภายในเมล็ดพันธุ์อย่างเชื้อเอ็นโดไฟท์ (endophyte) หรือ เชื้อจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในพืช โดยไม่ทำให้พืชเกิดโรคและมีความสัมพันธ์กันแบบ mutualistic symbiosis เชื้อเอ็นโดไฟท์บางชนิดสร้างสารประกอบบางอย่างหรือปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ระหว่างเชื้อรากับพืชอาศัย ทำให้เนื้อเยื่อลดความดึงดูดต่อพวก herbivores และบางสายพันธุ์กระตุ้นให้พืชเกิดความต้านทาน นอกจากนี้ยังพบว่า เชื้อเอ็นโดไฟท์บางสายพันธุ์สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชได้ และสามารถใช้เป็น biological control agents โดยเป็นปฏิปักษ์ต่อเชื้อจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืช หรือกระตุ้นให้เกิดความต้านทานโรคแบบ systemic ได้ (Chanway, 1998) ซึ่งการรายงานของ Kaewkham (2016) พบว่า เมื่อเคลือบเมล็ดพันธุ์แตงกวาด้วย Methyl cellulose 1% ร่วมกับ *Bacillus subtilis* QST713 และ *Pseudomonas fluorescens* CA จากนั้นตรวจสอบความมีชีวิตของแบคทีเรีย โดยนำเมล็ดพันธุ์ไปเร่งอายุนาน 72 ชั่วโมง แล้วนำไปเพาะในกระบะทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อเป็นเวลานาน 7 วัน จากนั้นนำรากของต้นกล้าแตงมาตรวจสอบความชีวิตของแบคทีเรียมีในรากต้นกล้าพืชด้วยเครื่อง Fluorescence Microscope พบว่า มีแบคทีเรียที่สามารถอาศัยอยู่ในรากพืชได้ 3 วัน และจากการ รายงานของ กุศล และพิศาล (2555) พบว่า การเคลือบเมล็ดด้วย *Bacillus subtilis* B006 ที่มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Botryosphaeria rhodina* เมื่อนำมาเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียส นาน 4 เดือน พบว่าเมล็ดที่เคลือบด้วยสารเคลือบมีปริมาณแบคทีเรียปฏิปักษ์ B006 ที่ยังคงมีชีวิตอยู่บนผิวเมล็ดแตกต่างกันทางสถิติ โดยมีปริมาณแบคทีเรียอยู่ตั้งแต่ $7x10^5$ cfu/เมล็ด และแบคทีเรียปฏิปักษ์ B006 ที่ได้จากเมล็ดที่เคลือบด้วยสารเคลือบ ยังคงมีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Botryosphaeria rhodina* ไม่แตกต่างกับแบคทีเรียปฏิปักษ์ B006 ดั้งเดิม พร้อมทั้งไม่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด และไม่พบความผิดปกติของต้นกล้า จึงเห็นได้ว่าจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถมีชีวิตอยู่บนเมล็ดได้ อีกทั้งยังสามารถสร้างกลไกในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้อีกเช่นกัน

Seed treatment

1. วิธีการทำ seed treatment

Seed treatment เป็นวิธีการที่เกิดขึ้นหลังจากเมล็ดถูกเก็บเกี่ยวจากแปลงปลูก เพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายจากปัจจัยต่าง ๆ ที่สามารถเข้ามาทำลายเมล็ดพันธุ์ได้ เช่น การได้รับความเสียหายจากศัตรูชนิดต่าง ๆ เช่น หนู นก มอด และเชื้อรา เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปการทำ seed treatment จะมีการนำสารเคมีเข้ามามีส่วนในการป้องกันกำจัดศัตรูของเมล็ดพันธุ์ หรือช่วยในการปรับปรุงคุณภาพความงอกของเมล็ดพันธุ์ โดยมีหลากหลายวิธีเช่นกัน ได้แก่ การคลุกเมล็ดพันธุ์ การเคลือบเมล็ดพันธุ์ และการพอกเมล็ดพันธุ์ เป็นต้น (Desa et al., 1997)

2. ประโยชน์ของการทำ seed treatment

2.1 ประโยชน์ต่อเกษตรกร

2.1.1 ทำให้มีความสะดวกรวดเร็วสำหรับการปลูกพืช อีกทั้งมีผลตอบแทนจากการเพิ่มปริมาณผลผลิตของพืชให้สูงขึ้นจากเดิม

2.1.2 เกษตรกรไม่ต้องกังวลเรื่องการปลูกพืชดัดแปลงพันธุกรรม (GM) เนื่องจากเมล็ดพันธุ์จะถูกใช้เพียงแค่สารออกฤทธิ์ต่าง ๆ ที่มีความจำเป็นสำหรับการดูแลต้นกล้าให้มีความแข็งแรงจนสามารถเติบโตเป็นต้นพืชที่สมบูรณ์ และให้ผลผลิตได้

2.1.3 เป็นการปกป้องคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ไม่ให้เสื่อมสภาพอย่างรวดเร็ว

2.2 ความแข็งแรงของพืชปลูก

2.2.1 เพิ่มประสิทธิภาพในการปกป้องเมล็ดพันธุ์จากเชื้อโรคและแมลงศัตรูพืชอื่น ๆ

2.2.2 สามารถให้ยาฆ่าแมลงและยาฆ่าเชื้อราได้อย่างทั่วถึง เพื่อลดการทำลายของแมลงศัตรูพืช

2.3 เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

Seed treatment เป็นการนำพาสารออกฤทธิ์ให้ติดไปกับพื้นผิวของเมล็ดพันธุ์อย่างสม่ำเสมอ และมีประสิทธิภาพออกฤทธิ์ต่อเมล็ดพันธุ์โดยตรงอย่างแม่นยำ ทำให้ลดพื้นที่การกระจายตัวของสารออกฤทธิ์ในพื้นที่กว้างขวาง เช่น วิธีการฉีดพ่นสารป้องกันเชื้อรา เป็นต้น

ดังนั้น seed treatment เป็นกระบวนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเพื่อปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้มีปัจจัยที่เหมาะสมต่อการงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์ โดยมักเน้นไปที่การนำสารออกฤทธิ์มาใช้กับเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บเกี่ยว หรือเป็นการประยุกต์ใช้กลุ่มสารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลง

ที่จะเข้าทำลายผลผลิตจากการเก็บรักษาในโรงเก็บ ซึ่งกระบวนการที่นิยม คือ การคลุกเมล็ดพันธุ์ ซึ่งเป็นวิธีการที่สะดวกและง่ายต่อการจัดการ (บุญมี, 2546)

การคลุกเมล็ดพันธุ์

1. หลักการ และความหมายของการคลุกเมล็ดพันธุ์พืช

การคลุกเมล็ดพันธุ์ เป็นวิธีการที่มีการนำสารออกฤทธิ์ชนิดต่าง ๆ มาคลุกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ เช่น การคลุกสารเคมีป้องกันศัตรูเมล็ดพันธุ์ในโรงเก็บรักษาเพื่อไม่ให้มีการเข้าทำลายของแมลงหรือเชื้อสาเหตุโรคระบาดได้ (สุวารี, 2551) นอกจากนี้ยังเป็นการป้องกันเมล็ดจากเชื้อสาเหตุโรคต่าง ๆ และแมลงในดินในระยะของการเพาะกล้าอีกด้วย การคลุกเมล็ดด้วยสารเคมีได้มีการปฏิบัติกันนานแล้ว เพราะเป็นการลงทุนต่ำให้ผลตอบแทนคุ้มค่า ง่ายต่อวิธีการทำ สะดวก และรวดเร็ว ไม่มีขั้นตอนมากมาย เกษตรกรจึงนิยมใช้วิธีการนี้

อย่างไรก็ตาม วิธีการคลุกเมล็ดพันธุ์พืชยังคงมีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ จึงได้มีการประยุกต์เพื่อเป็นการลดผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และธรรมชาติลง เนื่องจากเชื้อโรคบางชนิดสามารถแพร่ระบาดได้ดีในสภาวะแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ เช่น สภาพภูมิอากาศมีความชื้นที่เหมาะสม ดินมีความชื้นสูง และเป็นแหล่งของโรคเดิมอยู่แล้ว จึงส่งผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุโรคได้ง่าย อีกทั้งคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่มีความอ่อนแอ และมีโรคติดมากับเมล็ดพันธุ์เอง

จากสาเหตุดังกล่าวจะพบว่าเมล็ดพันธุ์มีความเสี่ยงต่อการเข้าทำลายของโรคและแมลงได้ตลอดเวลาตั้งแต่ก่อนการเก็บเกี่ยว หลังการเก็บเกี่ยว จนกระทั้งหลังการเก็บรักษา ทำให้เมื่อต้นกล้าถูกเข้าทำลายจากสาเหตุต่าง ๆ จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า เช่น ต้นกล้าเกิดโรค เมล็ดเน่า ความงอกต่ำ ไม่มีความสม่ำเสมอหลังการงอก เกิดความเสียหายต่อราก หรือลำต้น ทำให้ต้นกล้าแคระแกร็น ไม่สมบูรณ์ ดังนั้น การป้องกันการเข้าทำลายของแมลงและเชื้อสาเหตุโรค จึงได้ควบคุมป้องกันโดยวิธีการคลุกเมล็ดร่วมกับสารออกฤทธิ์

2. วิธีคลุกเมล็ดพันธุ์

สามารถแบ่งวิธีการคลุกเมล็ดพันธุ์ออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1.1 การคลุกเมล็ดพันธุ์แบบแห้ง (Dust method)

การนำเมล็ดพันธุ์มาคลุกเคล้ากับสารเคมีในภาชนะปิด หรือจะใช้วิธีการเขย่าให้เข้ากัน จนกระทั้งเมล็ดพันธุ์ถูกเคลือบด้วยสารเคมีอย่างครอบคลุมไปทั่วทั้งเมล็ดอย่างสม่ำเสมอ โดยวิธีการคลุก

เมล็ดพันธุ์จะมีประสิทธิภาพสูงสุด ควรต้องใช้ภาชนะที่มีขนาดใหญ่เป็น 2 เท่าของปริมาณเมล็ดพันธุ์ เพื่อให้เมล็ดพันธุ์ผสมคลุกเคล้ากับสารเคมีได้อย่างทั่วถึง (บุญมี, 2546)

1.2 การคลุกเมล็ดพันธุ์แบบเปียก (Slurry method)

วิธีการนี้จำเป็นที่จะใช้น้ำ เข้ามาเป็นส่วนผสมร่วมกับสารเคมี เพื่อให้สารเคมีที่ใช้มีลักษณะเหนียวหนืดคล้ายแป้งเปียก แล้วจึงนำเมล็ดพันธุ์ไปคลุกเคล้าจนสารเคมีห่อหุ้มเมล็ดพันธุ์อย่างสม่ำเสมอ ก่อนจะนำไปตากให้สารเคมีแห้งสนิท ก่อนนำมาใช้ในการเพาะปลูกเมล็ดพันธุ์ (บุญมี, 2546)

อย่างไรก็ตาม จากความไม่สม่ำเสมอของสารเคมีและสารออกฤทธิ์ที่ติดไปกับเมล็ดพันธุ์เมื่อผ่านการคลุกเมล็ด จึงได้มีการพัฒนาวิธีการให้สารเคมีติดไปกับเมล็ดพันธุ์อย่างแนบแน่น คือ เทคนิคการเคลือบเมล็ดพันธุ์

การเคลือบเมล็ดพันธุ์

1. หลักการ และความหมายของการเคลือบเมล็ดพันธุ์

การเคลือบเมล็ดพันธุ์ เป็นวิธีการการนำสารพอลิเมอร์ที่มีลักษณะบางเบา คล้ายแผ่นฟิล์มเมื่อแห้ง นำมาฉาบยึดเกาะให้สม่ำเสมอไปบนผิวของเมล็ดพันธุ์ โดยการเคลือบเมล็ดนั้นจะทำให้โครงสร้างและรูปร่างเมล็ดคงเดิม ไม่มีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งปัจจุบันได้มีการพัฒนาการเคลือบเมล็ด โดยเมล็ดถูกห่อหุ้มเป็นพอลิเมอร์ที่บางเบา จำพวก thin polymer (บุญมี, 2546) โดยการเคลือบเมล็ดพันธุ์นั้น ได้รับการพัฒนามาจากวิธีการคลุกเมล็ดร่วมกับสารเคมีสำหรับการป้องกันกำจัดศัตรูพืช แต่ด้วยวิธีการดังกล่าวก่อให้เกิดความเสี่ยงอันตรายของเกษตรกรผู้ใช้เมล็ดที่ผ่านการคลุก เนื่องจากวิธีการคลุกเมล็ด เป็นวิธีการที่เกษตรกรสัมผัสกับสารเคมีโดยตรง อาจจะทางมือสัมผัส สูดดม หรือสารเคมีค่อย ๆ ซึมผ่านเยื่อผิวหนังสะสมไปเรื่อย จนทำให้เกษตรกรป่วย หรือเสียชีวิตได้ (บุญมี, 2546)

ดังนั้น การเคลือบเมล็ดพันธุ์จึงถือได้ว่าเป็นวิธีการพัฒนาสำหรับการปฏิบัติต่อเมล็ดพันธุ์ในทางธุรกิจ (Copeland and Miller, 1995) เพื่อลดปัญหาการสัมผัสสารเคมีอีกทั้งเป็นการเพิ่มศักยภาพการใช้สารเคมีร่วมกับเมล็ดพันธุ์ได้อย่างสูงสุด บุญมี (2546) รายงานว่า การเคลือบเมล็ดพันธุ์เป็นเทคโนโลยีที่นำมาใช้กับเมล็ดพันธุ์ที่มีมูลค่าสูง เนื่องจากเมล็ดเหล่านี้สามารถเพิ่มองค์ประกอบอื่น ๆ ได้ เช่น ธาตุอาหาร ฮอร์โมน สารกระตุ้นการงอก สารกำจัดวัชพืช สารป้องกันเชื้อรา สารป้องกันแมลง และอื่น ๆ ตามวัตถุประสงค์ของการใช้ เมื่อนำเมล็ดไปเพาะปลูกทำให้เมล็ดใช้สารเติมแต่งที่เคลือบติดอยู่กับเมล็ดพันธุ์ในขณะที่งอกได้ทันทีและค่อย ๆ ใช้ ซึ่งแตกต่างจากการหว่านหรือโรย สารเคมีโดยตรงไปตามร่องปลูกทำให้ต้นกล้าได้รับสารเคมีที่ไม่สม่ำเสมอ (Bruggink, 2005) และอาจสูญเสียประสิทธิภาพสารเคมีก่อนต้นกล้าจะนำไปใช้ประโยชน์ได้

2. การเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับจุลินทรีย์ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

การรายงานการใช้กลุ่มจุลินทรีย์ที่มีผลช่วยส่งเสริมการงอกและการเจริญเติบโตพืชมีรายงานดังนี้ กุศล และพิศาล (2555) พบว่า การเคลือบเมล็ดพันธุ์แตงเทศด้วย *Bacillus subtilis* B006 ไม่ทำให้ความงอกของเมล็ดแตกต่างกันทั้งหลังการเคลือบและหลังการเก็บรักษานาน 4 เดือน เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ ส่วน Kaewkham et al. (2016) รายงานว่า เมื่อเคลือบเมล็ดพันธุ์แตงกวาด้วย *B. subtilis* และ *P. fluorescens* ที่ความเข้มข้น $1x10^5$ และ $1x10^7$ cfu/seed ทำให้น้ำหนักสดของรากต้นกล้าแตงกวาเพิ่มสูงขึ้นมากกว่าต้นกล้าของเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการเคลือบ และมีรายงานของ Tu et al. (2016) ได้เคลือบเมล็ดฝ้ายด้วย *B. subtilis* SL-13 โดยมีสูตรสารเคลือบ คือ sodium alginate 1.0% (w/v), polyvinyl alcohol 4.0%, sodium dodecyl sulfate 1.0%, acacia 0.6%, bentonite 0.5% และ microcapsules 10% (v/v) พบว่า สามารถเพิ่มความงอกของเมล็ดฝ้ายได้เพิ่มขึ้น 28.74% นอกจากนี้ยังพบการเปลี่ยนแปลงของความสูงของต้นกล้า ความยาวราก น้ำหนักสดทั้งต้น และน้ำหนักแห้งทั้งต้น เพิ่มขึ้น 52.70%, 25.13%, 46,47% และ 33.21% ตามลำดับ

อย่างไรก็ตาม การเคลือบเมล็ดพันธุ์เป็นวิธีการที่นำพาสารออกฤทธิ์ให้ติดไปกับเมล็ดพันธุ์โดยการใช้พอลิเมอร์มาเคลือบให้เกิดแผ่นฟิล์มบาง ๆ และไม่ทำให้เมล็ดมีรูปร่างและลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม ซึ่งในพืชบางชนิดมีขนาดที่เล็ก ไม่เหมาะสมต่อการนำไปเพาะปลูกในเชิงอุตสาหกรรม จึงมีการพัฒนาวิธีการยกระดับเมล็ดพันธุ์ที่สามารถเพิ่มขนาดและรูปร่างของเมล็ดขึ้นมา

การพอกเมล็ดพันธุ์

1. ความหมายของการพอกเมล็ดพันธุ์

การพอกเมล็ดพันธุ์ เป็นวิธีการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่นำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พืชที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา หรือมีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ โดยวิธีการพอกเมล็ดพันธุ์ ทำโดยการให้เมล็ดพันธุ์ถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุพอก หรือสารเติมเต็มชนิดต่าง ๆ ที่จะส่งผลทำให้เมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้น มีน้ำหนักเพิ่มขึ้นจากเดิม มีขนาดและรูปร่างเปลี่ยนแปลงไป และมีรูปร่างที่แน่นอนตามที่ต้องการ จึงเหมาะสมในการนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูก (Zenk, 2004)

เทคโนโลยีการพอกเมล็ดพันธุ์ เริ่มเกิดขึ้นในปี ค.ศ. 1940 โดยเริ่มจากการพอกเมล็ดพันธุ์หญ้าที่ใช้ปลูกเลี้ยงสัตว์ โดยเทคโนโลยีนี้ต้องใช้เวลาหลังจากนั้นอีก 20 ปีต่อมา กว่าจะเป็นที่รู้จักและแพร่หลายในปัจจุบัน (Smith and Miller, 1987) ซึ่งการพอกเมล็ดพันธุ์ เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่เริ่มมีการนำมาใช้กับเมล็ดพันธุ์ เป็นการพัฒนาองค์ความรู้ทางเภสัชกรรมจากการพอกเม็ดยา แต่ในการ

พอกเมล็ดพันธุ์จะต้องมีความละเอียดมากกว่า เนื่องจากเป็นการพอกเมล็ดพันธุ์ที่มีชีวิต จึงต้องใช้ความระมัดระวังในกระบวนการพอกมากกว่าในการเลือกวัสดุประสาน วัสดุพอก เครื่องมืออุปกรณ์ วิธีการพอกและการควบคุมสภาพแวดล้อมระหว่างกระบวนการพอก ที่สำคัญคุณภาพเมล็ดพันธุ์ต้องไม่ลดลงหลังการพอก นอกจากนี้ยังสามารถผสมสารออกฤทธิ์ร่วมกับวัสดุพอกบนผิวเมล็ดพันธุ์ได้ เช่น สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลง หรือธาตุอาหารพืช เป็นต้น (Smith and Miller, 1987; Taylor and Harman, 1990)

โดยในวิธีการพอกเมล็ดพันธุ์ยังสามารถเพิ่มสารออกฤทธิ์ต่าง ๆ ได้หลากหลายชนิด โดยไม่ให้สารออกฤทธิ์สัมผัสกับผิวเมล็ดพันธุ์โดยตรง ซึ่งจะต้องทำการพอกเมล็ดพันธุ์ไปที่ละชั้น แล้วจึงนำพอกสารออกฤทธิ์ใส่เข้าไปให้อยู่ระหว่างชั้นของวัสดุพอก ทำให้สารออกฤทธิ์แต่ละชนิดแยกจากกัน และพอกเมล็ดพันธุ์ได้เป็นหลายชั้น ทำให้การออกฤทธิ์ของสารชนิดต่าง ๆ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เมล็ดพันธุ์มีขนาดสม่ำเสมอและรูปร่างแน่นอน จึงง่ายต่อการปลูกโดยใช้เครื่องจักร อีกทั้งสามารถกำหนดอัตราการใช้เมล็ดพันธุ์ในการปลูกได้แน่นอนและมีความแม่นยำมากขึ้น (Smith and Miller, 1987; Hill, 1999)

2. วัตถุประสงค์ในการพอกเมล็ดพันธุ์

การพอกเมล็ดพันธุ์มีหลายปัจจัย และมีความจำเพาะต่อการนำไปใช้ หรือเพื่อปรับปรุงเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์พืชในแง่มุมต่าง ๆ (ปิยะนุช, 2551) โดยมีวัตถุประสงค์การพอกต่าง ๆ ดังนี้คือ

1.1 สามารถยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในทางอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์

1.2 ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความสม่ำเสมอ เหมือน ๆ กัน เป็นกลุ่มเดียวกันและกลมกลืนกัน

1.3 สามารถเพิ่มสารออกฤทธิ์ เช่น ธาตุอาหาร ฮอร์โมน หรือจุลินทรีย์ลงไปในสารพอกเมล็ดเพื่อใช้เป็นปัจจัยเสริมด้านการงอกของเมล็ดได้

1.4 สามารถเพิ่มน้ำหนักเมล็ดพันธุ์ที่มีความบางเบาที่อาจเกิดการสูญเสียจากปัจจัยต่าง ๆ อีกทั้งยังเพิ่มความสามารถในการปลูกที่ง่ายขึ้น เนื่องจากน้ำหนักและขนาดที่เพิ่มมากขึ้น

1.5 สามารถบ่งบอกความเป็นเอกลักษณ์ เพื่อป้องกันการปลอมปนของเมล็ดพันธุ์ได้

1.6 สามารถใช้ในการจำแนกชนิดของเมล็ดพันธุ์ได้

1.7 สามารถสร้างความมั่นใจในการใช้เมล็ดพันธุ์ให้กับเกษตรกร

1.8 สามารถเพิ่มมูลค่าให้กับเมล็ดพันธุ์ และเพิ่มจุดเด่นทางด้านการตลาด

1.9 ป้องกันอันตรายจากสิ่งแวดล้อม เช่น แมลง เชื้อโรค สภาพอากาศที่ไม่เหมาะสม และการอัดกันอย่างหนาแน่นของเมล็ด อีกทั้งยังลดการเสียดสีของผิวเมล็ดขณะทำการขนส่ง

1.10 สามารถชะลอการดูดซับน้ำหรือความชื้นเข้าไปยังภายในเมล็ด และรวมถึงชะลอการใช้อาหารที่สะสมอยู่ของเมล็ดก่อนปลูก เพราะอากาศ และน้ำซึมผ่านเข้าได้ยากกว่า

1.11 ป้องกันอันตรายจากสารเคมีที่ใช้ฝุ่นหรือผง ที่เกิดจากสารเคมีต่อเกษตรกรผู้ปลูก

3. องค์ประกอบของการพอกเมล็ดพันธุ์

การพอกเมล็ดพันธุ์ส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มขนาดและน้ำหนักให้กับเมล็ดพันธุ์ โดยสารที่นำมาพอกกับเมล็ดพันธุ์นั้นต้องไม่เป็นพิษ ไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพของความงอกของเมล็ดพันธุ์ และต้องไม่ขัดขวางกระบวนการดูดซับน้ำและการซึมผ่านของน้ำ (Hill, 1999) ความเหมาะสมของการพอกเมล็ดพันธุ์แตกต่างกันไปตามชนิดพืช การพอกเมล็ดพันธุ์จะประสบผลสำเร็จหรือไม่ขึ้นกับองค์ประกอบที่ใช้ในการพอก และปัจจัยต่าง ๆ การเลือกใช้วัสดุประสานและวัสดุพอกที่เหมาะสมทำให้การพอกสำเร็จแล้วมากกว่าครึ่ง ซึ่งรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบของการพอกมีดังต่อไปนี้

3.1 วัสดุประสาน (Adhesive Materials)

วัสดุประสานมีความสำคัญต่อการพอกเมล็ดพันธุ์อย่างยิ่ง โดยวัสดุประสานทำหน้าที่เป็นกาวที่ยึดเกาะระหว่างผิวของเมล็ดพันธุ์ และอนุภาคของวัสดุพอกให้ติดกันไม่ให้หลุดร่วงออกจากกัน วัสดุประสานต้องมีความหนืดพอเหมาะ ละลายน้ำได้ง่ายเมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปปลูก ดังนั้นวัสดุประสานต้องมีคุณสมบัติที่ไม่ขัดขวางต่อกระบวนการซึมผ่านของน้ำและอากาศเข้าสู่เมล็ดพันธุ์หลังจากการพอก (Copeland and Miller, 1995) การใช้ระดับความเข้มข้นของวัสดุประสานในปริมาณที่ไม่เหมาะสมทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลง แต่เมื่อใช้ในปริมาณน้อยเกินไปอาจมีผลต่อการเกาะติดของเมล็ดพันธุ์กับวัสดุพอกอย่างหลวม ๆ เกิดการแตกหัก และหลุดล่อน เมื่อนำเมล็ดพันธุ์หลังการพอกไปลดความชื้นหรือนำเมล็ดพันธุ์ไปใช้งาน (Helmer, 1987)

3.1.1 วัสดุประสานที่สามารถละลายน้ำได้

3.1.1.1 Hydroxypropyl Methylcellulose (HPMC) มีลักษณะเป็น ผง สีขาว ไม่มีรส ไม่มีกลิ่น แต่มีโครงสร้างโมเลกุลใกล้เคียงกับพอลิเมอร์ชนิด Methylcellulose แต่การเพิ่มขึ้นของหมู่ Hydroxypropyl จะเพิ่มคุณสมบัติความเหมาะสมให้เข้ากันได้กับสารอินทรีย์ ได้มากขึ้น แต่มีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนความชื้นกับบรรยากาศไม่มาก สามารถละลายน้ำได้ดี และไม่ละลายในน้ำร้อน นอกจากนี้เมื่อแปรสภาพเป็นฟิล์มยังให้คุณสมบัติที่แข็งแรง คงทนต่อ ความร้อน แสง อากาศ และความชื้น ซึ่งสามารถเป็นสารก่อฟิล์มตัวเดียวหรือรวมกับสารก่อฟิล์มชนิดอื่น ๆ ได้ (อรอนงค์, 2548)

3.1.1.2 Polyvinylpyrolidone (PVP) มีลักษณะผงสีขาวถึงครีมขาว ดูดความชื้นง่ายถึง 40% จากบรรยากาศ อุ้มน้ำ มีความสามารถละลายได้ดีในน้ำ ethanol และ methanol เมื่อแบ่งตามเกรด

ชนิด K30 จะมีน้ำหนักโมเลกุลอยู่ที่ 50,000 PVP มีค่า K-value < 30 ผลิตโดยวิธี Spray-drying จึงมีลักษณะเป็นทรงกลม ส่วนเกรด K90 มีน้ำหนักโมเลกุลที่ 1,000,000 PVP มีค่า K-Value 90 จะผลิตโดยวิธี Drum Drying จึงมีลักษณะเป็นเกล็ด (กุณฑิกา และเกศรา, 2549)

3.1.2 วัสดุประสานที่ไม่ละลายน้ำ

3.1.2.1 Ethylcelulose (EC) เป็นพอลิเมอร์ที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งพบการใช้มากที่สุดสำหรับการเคลือบเป็นฟิล์ม มีคุณสมบัติไม่ละลายน้ำแต่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ (Organic Solvent) หลายชนิด และมักใช้ร่วมกับ Cellulose Ethers ตัวอื่น ๆ เพื่อปรับแต่งคุณสมบัติของฟิล์มซึ่งมักใช้ร่วมกับ Hydroxylpropyl Methylcellulose เพื่อให้ได้ฟิล์มที่เหนียวและหนืดขึ้น อีกทั้งค่อนข้างทนต่อสิ่งแวดล้อม (พิสิทธิ์, 2535)

3.1.2.2 Eudragit RL30D (Poly Ehylacrylate- Methyl Methacrylate) Triethyl Ammonioethyl Methacrylate chloride 1:2:0:2)) ประกอบด้วย Acrylic Polymer และ Methacrylic Acid Esters มีลักษณะเป็น Aqueous Polymeric Dispersion ใช้เป็นสารก่อฟิล์ม สารยึดเกาะ สำหรับการเคลือบฟิล์มมีการใช้ Eudragit RL30D ในรูปฟิล์มที่ไม่ละลายน้ำเพื่อควบคุมการปลดปล่อยตัวยาฟิล์มที่ได้มีความสามารถในการแพร่ผ่านสูง มีค่าpH 4.98 สามารถละลายได้บางส่วนในน้ำ Acetone Alcohol, Dichloromethane และ Ethyl Acetate แต่ไม่ละลายใน 1 N NaOH โดย Plasticizer ที่แนะนำให้ใช้คือ Dibutyl Phathalate, Polyethy Lene Glycols, Triethyl Citrate, Triacetin และ 1, 2-Propylene Glycol โดย ใช้ประมาณ 10-25 % (โดยน้ำหนักของพอลิเมอร์) หากไม่ต้องการปรับความยืดหยุ่นของฟิล์มก็ไม่จำเป็นต้องมี Plasticizer (สุวารี, 2551; Chang and Shukla)

3.1.3 วัสดุประสานที่มีการละลายขึ้นอยู่กับ pH

พอลิเมอร์ที่มีการละลายขึ้นอยู่กับ pH มีด้วยกันหลายชนิด ได้แก่ Cellulose acetate phathalate (CAP) และ Hydroxylpropyl Methylcellulose Phathalate (HPMCP)

3.1.3.1 Cellulose Acetate Phathalate (CAP) ละลายได้ใน Acetone และ Dioxane ละลายได้ในสารละลายบัฟเฟอร์ที่มี pH 6 หรือสูงกว่านี้ แต่ CAP จะแลกเปลี่ยนความชื้นกับสภาพแวดล้อม (Hydroscopic) และ เกิด Hydrolytic Breakdown ได้ง่ายเมื่อเก็บไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิและความชื้นสูง และฟิล์มของ CAP สามารถให้สารละลายไอออนผ่านเข้าออกได้และทำหน้าที่เป็น Diffusion Membrane แต่จะลดปัญหานี้ได้โดยการใช้ร่วมกับพอลิเมอร์ตัวอื่นที่เป็น Hydrophobic

3.1.3.2 Hydroxylpropyl Methylcellulose Phathalate (HPMCP) มีคุณสมบัติคล้าย CAP ถ้าควบคุมระดับ esterification จะทำให้มีการละลายในสารละลายที่มี pH ต่ำกว่าการละลายของ CAP (พิสิทธิ์, 2535; สุวารี, 2551)

3.2 วัสดุพอก หรือ สารเติมเต็ม (filler materials)

กลุ่มสารที่ทำให้เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกแล้วมีขนาดและรูปร่างเปลี่ยนแปลงไป เช่น เมล็ดมีขนาดใหญ่ขึ้น เติมเต็มเมล็ดที่มีลักษณะบิดเบี้ยว เป็นร่อง เป็นรอยหยัก หรือมีรูปทรงเล็ก ให้มีรูปร่างกลมและแน่น เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้ววัสดุพอกที่นิยมนำมาใช้ในการพอกเมล็ด เป็นกลุ่มสารที่ไม่เป็นอันตรายต่อเมล็ดพันธุ์ ไม่ขัดขวางการละลายน้ำ และง่ายต่อการนำไปใช้สำหรับขึ้นรูปเมล็ดพันธุ์ชนิดนั้น ๆ และวัสดุพอกที่ใช้กันมากในการพอกเมล็ด คือ talcum, limestone, calcium carbonate, vermiculite, pumice, gypsum, bentonite, dolomite, Zeolite, ดินขาว (kaolin clay), หินปูน (limestone), ดินเบา (diatomaceous earth) และปุ๋ยคอก (บุญมี, 2546; Taylor and Harman, 1990)

3.2.1 Vermiculite เป็นแร่ธรรมชาติที่เกิดจากการยืดขยายตัวด้วยความร้อนประมาณ 800°C มีคุณสมบัติเบา เป็นกลาง ไม่ละลายน้ำ มีลักษณะรูพรุนเหมือนฟองน้ำ ไม่กดอัดขณะเปียก ดูดน้ำได้ดี สามารถอุ้มน้ำได้มากถึง 500 % (w/w) มีโครงสร้างผลึกเป็นแผ่นซ้อน ๆ กัน เป็นชั้น ๆ การนำ vermiculite มาใช้เป็นวัสดุในการพอกจะต้องบดให้ละเอียดจนมีขนาด 1-4 ไมโครเมตร จึงสามารถทำให้ขึ้นรูปของก้อนพอกได้ดี และผิวของก้อนพอกมีความเรียบและสม่ำเสมอ (มนูญ, 2544)

3.2.2 Dolomite เป็นหินปูนที่มีคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบหลัก มีอนุภาคที่เล็กละเอียด ทำให้ประจุของแมกนีเซียม แคลเซียม และคาร์บอเนต แตกกระจายตัวได้ดี dolomite บริสุทธิ์มีแมกนีเซียม 13.5 % และแคลเซียมออกไซด์ 30.2% โดยมีคุณสมบัติใช้ลดความเป็นกรดและปรับคุณสมบัติทางกายภาพปุ๋ยผสมและใช้เป็นวัสดุพอกในการพอกเมล็ดพันธุ์ (โสระยา, 2544)

3.2.3 Bentonite เป็นชื่อเรียกของกลุ่มดินประเภทหนึ่งในกลุ่มสารแร่ของดิน montmorillonite ที่พบโดยทั่วไปมีโครงสร้างผลึกเป็นแบบสามชั้น คือ มีชั้น alumina octahedral sheet แทรกอยู่ระหว่าง silica tetrahedral 2 ชั้น โครงสร้างโดยทั่วไปคล้ายกับไมก้า แต่แทนที่จะมี K แทรกอยู่ระหว่างชั้นกลับมีน้ำแทรกอยู่แทน แรงยึดระหว่าง sheet ของโครงสร้างแต่ละชั้นจะมีค่าน้อย ทำให้น้ำหรือของเหลวสามารถแทรกเข้าไปอยู่ระหว่าง sheet ได้ (สรินทร, 2550) ดังนั้นองค์ประกอบเหล่านี้มีคุณสมบัติการดูดซับน้ำที่ดี จึงเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นวัสดุพอกเมล็ดพันธุ์ (จักรพงษ์, 2557)

3.2.4 Zeolite หรือหินแร่ภูเขาไฟ เป็นสารประกอบ alumino silicate จากหินภูเขาไฟ มีคุณสมบัติในการดูดน้ำ และการแลกเปลี่ยนประจุได้ดี จึงสามารถอุ้มน้ำได้มาก ซึ่ง zeolite เป็นหินที่ผ่านความร้อนจากภูเขาไฟทำให้มีโครงสร้างเป็นรูพรุน มีความสามารถในการจับดูดซึมและยังปลดปล่อยธาตุอาหารที่สำคัญกับพืชด้วยเมื่อใช้ในปริมาณที่เหมาะสมจะสามารถให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น นอกจากนี้สามารถนำเอา zeolite มาใช้เป็นวัสดุในการพอกเมล็ดพันธุ์ได้ (มนูญ, 2544; โสระยา, 2544)

3.2.5 Pumice เป็นแร่หิน มีพื้นผิวสัมผัสที่มีความพรุนโปร่งคล้ายกับโครงสร้างของฟองน้ำ จึงมีคุณสมบัติลดการสูญเสียน้ำจากดินได้ สามารถอยู่ในดินได้นานย่อยสลายยาก อีกทั้งช่วยให้ silica ที่อยู่ในดินเปลี่ยนเป็นรูปที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ จึงมีการนำ pumice มาใช้เป็นวัสดุพอกในหลายชนิดพืช (มนูญ, 2544; โสระยา, 2544)

3.2.6 Perlite เป็นหินภูเขาไฟ มีน้ำเป็นองค์ประกอบ 2-5% เกิดจากกรดของลาวาที่เย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว น้ำที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในเนื้อหินจะระเหยกลายเป็นไอ ออกไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ perlite พองตัวและมีรูพรุนเล็ก ๆ มาก จึงทำให้มีน้ำหนักเบามาก (พรสวาท และคณะ, 2537) perlite มีคุณสมบัติเป็นตัวดูดซับที่ดีและมีความพรุนในตัวสูง จึงช่วยดูดซับสะสมพวกสารฆ่าแมลงสารกำจัดวัชพืช และปุ๋ยเคมีต่าง ๆ ที่เติมลงไปในดินไว้ ไม่ให้ซึมหายออกไปจากดินเร็วเกินไป (สำนักเหมืองแร่และสัมปทาน, 2547; มิยดา, 2554) จากคุณสมบัติที่กล่าวมาจึงสามารถนำเอา perlite มาใช้เป็นวัสดุในการพอกเมล็ดพันธุ์ได้ อย่างไรก็ตามอาจต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์ในการพอก และชนิดของเมล็ดพันธุ์ด้วย

3.2.7 Diatomaceous earth เป็นตะกอนชนิดหนึ่งมีน้ำหนักเบาเป็นพิเศษ ที่เกิดจากการถับถมกันของเปลือก และโครงสร้างส่วนของแข็งของสาหร่ายเซลล์เดียวที่เรียกว่าไดอะตอม หรือเกิดจากการทับถมกันของดินโคลนใต้ทะเลจนเกิดเป็นหินชั้นขึ้นเป็นหินที่มีเนื้อพรุน มีรูพรุนสูงถึง 70% หรือมากกว่า อีกทั้งไม่ละลายในสารเคมีโดยทั่วไป และเป็นตัวนำความร้อนที่ไม่ดีโดยส่วนใหญ่จะที่พบมีสีน้ำตาลเหลืองไปจนถึงสีขาว (เชิดศักดิ์, 2539) และมีลักษณะโครงสร้างเป็นซิลิก้าถึง 85% และมีขนาดอยู่ระหว่างน้อยกว่า 5 ไมครอน ถึงมากกว่า 100 ไมครอน (Bhardwaj, 2001) จึงมีการนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายประเภท เช่นอุตสาหกรรมการกรอง เป็นวัสดุดูดซับของเสีย และเป็นส่วนผสมของอิฐเบา นำมาใช้ในกระบวนการแปรรูปผลผลิตทางการเกษตร และสามารถนำมาใช้เป็นสารกำจัดแมลงได้ด้วย (กรมวิชาการเกษตร, 2007)

3.3 สารออกฤทธิ์ (active ingredient)

สารออกฤทธิ์ที่ใช้ร่วมกับการพอกเมล็ดพันธุ์เป็นส่วนประกอบที่เพิ่มหรือเติมแต่งเข้าไปนอกเหนือจากวัสดุประสานและวัสดุพอก โดยวัตถุประสงค์ในการใช้สารออกฤทธิ์ที่ใช้ร่วมกับการพอกเมล็ดพันธุ์นั้น ส่วนใหญ่ต้องการให้สารออกฤทธิ์ผสมไปกับวัสดุพอกไม่หลุดร่วงออกมาในระหว่างการเพาะปลูก ซึ่งสารออกฤทธิ์เป็นส่วนสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพทำให้การใช้เมล็ดพันธุ์มีประโยชน์สูงสุด ได้แก่ สารป้องกันโรคและแมลง ธาตุอาหารพืช สารเร่งการเจริญเติบโตพืช ฮอร์โมนพืช สารเคมีกำจัดวัชพืช และสารชีวภาพ เป็นต้น (Taylor and Harman, 1990) โดยเฉพาะการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับจุลินทรีย์เพื่อป้องกันโรคที่เกิดในดินในช่วงต้นกล้า หรือการเพิ่มเชื้อ Rhizobium ในการปลูกพืชตระกูลถั่วโดยการพอกเมล็ดพันธุ์ วัสดุพอกจะเป็นวัสดุที่รักษาความมีชีวิตของจุลินทรีย์ให้อยู่ร่วมกับเมล็ดพันธุ์ได้ดีกว่าการเคลือบเมล็ดพันธุ์ (บุญมี, 2546)

3.4 เครื่องพอกเมล็ดพันธุ์

ปัจจุบันเครื่องมือที่ใช้ในการพอกเมล็ดพันธุ์พืชได้ก้าวหน้าอย่างมาก เพราะได้มีการพัฒนาเครื่องจักรกลทำงานด้วยระบบคำสั่งคอมพิวเตอร์ โดยสามารถกำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมต่อชนิดของเมล็ดพันธุ์ อีกทั้งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งานและขึ้นอยู่กับวัสดุพอกที่จะนำมาใช้ ทั้งที่เป็นของเหลวหรือชนิดผงฝุ่น นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับชนิดและจำนวนปริมาณเมล็ดพันธุ์ที่จะใช้พอกด้วย โดยทั้งหมดต้องอาศัยความชำนาญและประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานด้วย (สายพันธุ์, 2552) นอกจากนี้ Scott (1989) กล่าวว่าขั้นตอนของการพอกเมล็ดพันธุ์ ต้องทำไปพร้อม ๆ กันเป็นชุดหรือเป็นกลุ่ม โดยใช้ drum หรือ coating pan และสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ขนาดเล็ก ควรมีตำรับสารพอกที่จำเพาะเจาะจงต่อชนิดของเมล็ดพันธุ์นั้น ๆ เพื่อความเหมาะสมในการพอกและไม่มีผลเสียหายต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ขนาดเล็ก และในปัจจุบันเครื่องมือที่ใช้ในการพอกเมล็ดพันธุ์โดยทั่วไปประกอบด้วย 2 ระบบ คือ

3.4.1 เครื่องพอกเมล็ดพันธุ์ระบบฉีดพ่น

มีการออกแบบสำหรับใช้ในการพอกที่จะถูกฉีดพ่นเป็นละอองฝอยผ่านหัวฉีดที่ออกแบบเฉพาะ เพื่อให้สารที่ถูกฉีดออกไปติดกับเมล็ดพันธุ์อย่างแนบแน่น มีการควบคุมโดยระบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์นี้เหมาะในการใช้พอกเมล็ดพันธุ์พืชและสารที่เป็นของเหลวทุกประเภท ใช้งานได้ต่อเนื่องและปลอดภัยต่อผู้ใช้ อีกทั้งยังที่บรรจุเมล็ดพอกยังเป็นโลหะไร้การเกิดสนิมภายในถังพอกเมล็ด ยกตัวอย่างเช่น เครื่องพอกและเครื่องเคลือบเมล็ดพันธุ์ รุ่น SKK-05 และ SKK-07 เป็นต้น ซึ่งทางโรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.) ได้ ร่วมกันพัฒนาขึ้นมา (บุญมี, 2546)

3.4.2 เครื่องพอกเมล็ดพันธุ์ระบบหยดสารลงบนจานหมุน หรือถังหมุน

เครื่องพอกเมล็ดพันธุ์ถูกออกแบบให้เป็นรูปทรงกระบอก เพื่อควบคุมการหมุนเหวี่ยงด้วยมอเตอร์ที่สมดุล มีความเร็วรอบสูงกว่าระบบฉีดพ่นสาร จึงทำให้เมล็ดพันธุ์เคลื่อนที่หมุนไปรอบ ๆ ตัวถังอย่างสม่ำเสมอภายในถังพอกมีใบพายเพื่อที่จะปรับระดับความหนาของเมล็ดพันธุ์ในขณะที่หมุนอยู่ เพราะที่ศูนย์กลางของถังจะมีจานหมุนที่หมุนด้วยความเร็วสูงเพื่อจะเป็นตัวกระจายสารพอกให้ติดไปกับเมล็ดพันธุ์อย่างสม่ำเสมอและรวดเร็ว การทำงานถูกควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ แจ้งผลด้วย PLC Control System โดยปัจจุบันห้องปฏิบัติการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ โรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้นำเทคนิควิธีการเหล่านี้มาประยุกต์ใช้สำหรับพอกเมล็ดชนิดต่าง ๆ เช่น เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไร่ เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน เมล็ดพันธุ์ยาสูบ และเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม เป็นต้น (บุญมี, 2546)

การพอกเมล็ดร่วมกับจุลินทรีย์ที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

การพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับจุลินทรีย์ หรือสารชีวภาพ สามารถช่วยที่ส่งเสริมความงอก และเพิ่มการเจริญเติบโตของพืช หรือเพื่อการป้องกันกำจัดศัตรูพืช โดยการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับจุลินทรีย์เป็นงานวิจัยที่ท้าทายความสามารถของนักวิจัยอย่างมาก เนื่องจากต้องมีทักษะในการพอกที่ชำนาญแล้ว ยังต้องสามารถรักษาความมีชีวิตของจุลินทรีย์ที่พอกลงไปด้วย ดังนั้นจึงต้องมีการพอกด้วยวัสดุพอกที่เหมาะสมเป็นชั้นหลายชั้น จึงทำให้การพอกประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์

โดยมีการศึกษาจาก Yaqub and Shahzad (2008) ได้พอกเมล็ดพันธุ์ทานตะวันและถั่วเขียวร่วมกับเชื้อ *Trichoderma* และ *Gliocladium virens* เพื่อป้องกันโรคเมล็ดเน่า และรากเน่าจากเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* พบว่า การใช้สารละลายเชื้อราปฏิปักษ์ที่ระดับความเข้มข้น 10 % สามารถยับยั้งเชื้อรา *S. rolfsii* ได้และทำให้การเจริญเติบโตของต้นกล้าทานตะวันและถั่วเขียวเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่พอกเนื่องจากการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วยสารชีวภาพสามารถเพิ่มกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินได้ด้วย

นอกจากนี้ Hartley et al. (2004) ได้พอกเมล็ดพันธุ์ Serradella (*Ornithopus* spp.) ร่วมกับปูนขาวและผสม *Bradyrhizobium* spp. พบว่าวิธีการพอกเมล็ดพันธ์ทำให้การเกิดปมที่รากเพิ่มขึ้น 57 % พืชมีน้ำหนักแห้งของต้นเพิ่มขึ้น 28 % เมื่อเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่พอก

จากการศึกษาของ Ui-Gum and et. al. (2019) ได้ทำการพอกเมล็ดพันธุ์งาดำ ร่วมกับ *Bacillus* sp. KR083 และ *Pseudomonas* sp. RRj228 พบว่าวิธีการพอกเมล็ดร่วมกับ *Bacillus* sp. KR083 ไม่ส่งผลกระทบต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์งา หลังผ่านการเก็บรักษานาน 2 สัปดาห์ อีกทั้งยังทำให้มีความยาวราก และผลผลิตหลังเพาะทดสอบในแปลงปลูกที่ดีมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการพอก

นอกจากนี้ Ramzan and et. al. (2016) ได้ทำการพอกเมล็ดถั่วเขียวร่วมกับ *Bacillus cereus*, *Trichoderma virens*, *Pseudomonas fluorescens, Micrococcus varians Trichoderma harzianum* และ *Bacillus subtilis* พบว่าทุกไอโซเลททำให้ยอดและรากยาวกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก ในขณะที่เมล็ดที่พอกร่วมกับ *Trichoderma harzianum* และ *Bacillus subtilis* จะมียอดและน้ำหนักรากดีมากที่สุดในจากทุกไอโซเลท

อีกทั้ง Mahdavi and et. al. (2016) ได้ศึกษาการเคลือบและการพอกเมล็ดพันธุ์บีทรูทร่วมกับ *Azotobacter* , *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Azospirillum* พบว่าการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียทุกไอโซเลทมีผลต่อน้ำหนักสดของต้นกล้า และความแข็งแรงของเมล็ดอย่างมีนัยสำคัญ นอกจากนี้ ยังพอกเมล็ดยังสามารถทำให้แบคทีเรียมีความมีชีวิตรอดหลัง 6 เดือนในก้อนพอกจะสูงกว่าเมล็ดเคลือบ

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์หลังการพอกเมล็ด

เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกด้วยวัสดุพอกและสารออกฤทธิ์ชนิดต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์นั้นอาจถูกนำไปจำหน่ายหรือเก็บรักษาไว้เพื่อปลูกในฤดูกาลต่อไป ดังนั้นอายุในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอก ถ้าพอกเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีและกระบวนการที่เหมาะสมจะทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ได้ จากงานวิจัยของ Yadav et al. (2000) ที่พอกเมล็ดพันธุ์ buffelgrass (*Cenchrus ciliaris* L.) ด้วยดินเหนียว แล้วนำไปลดความชื้นโดยวิธีตากแดด หลังจากนั้นนำเมล็ดพันธุ์พอกบรรจุในถุงพลาสติก แล้วนำไปเก็บรักษาในสภาพห้องที่ไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมเป็นเวลา 1 ปี พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกมีความงอก 42.58 % เมื่อเพาะในสภาพไร่ ซึ่งมากกว่าเมล็ดพันธุ์ไม่พอกที่มีความงอกเพียง 37.83 % และการรายงาน (Srimathai et al. (2002) ซึ่งได้พอกเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์ C01 ด้วย diammonium phosphate, Zinc sulfate และ borax ในอัตรา 3.00, 0.25 และ 0.10 กรัมต่อกิโลกรัม เมล็ดพันธุ์ ตามลำดับ เมื่อนำเมล็ดพันธุ์พอกไปเก็บรักษาในสภาพห้องที่ไม่ควบคุมสภาพแวดล้อม เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วย zinc sulfate มีความงอกของเมล็ดพันธุ์มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่พอกด้วยวิธีการอื่น ๆ และเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองที่ไม่พอก นอกจากนี้จากรายงานของ (Sujatha et al. (2005) ได้พอกเมล็ดพันธุ์ faba bean (*Vicia faba* L.) ด้วยขี้เลื่อยโดยใช้แป้งดัดแปรละลายน้ำเป็นวัสดุประสานร่วมกับ KH_2PO_4 และ $ZnSO_4$ ในอัตรา 200 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมเมล็ดพันธุ์ นำไปเก็บรักษาในสภาพห้องที่ไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมเป็นเวลา 6 เดือน เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปเพาะปลูก พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่พอกด้วย KH_2PO_4 มีความงอกและผลผลิตมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่พอก ดังนั้นอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์หลังการพอกจะมีความแปรปรวนขึ้นกับวิธีการและกระบวนการในการพอกเมล็ดพันธุ์ และที่สำคัญคือ สภาพของการเก็บรักษาหลังจากการพอกเมล็ดพันธุ์ จากการวิจัยของ ธีระศักดิ์ และบุญมี (2554) พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดขนาดเล็กที่ผ่านการพอกร่วมกับธาตุอาหารพืช สูตรตำรับที่ต่างกัน เมื่อเก็บรักษาในห้องที่ควบคุมสภาพแวดล้อม มีความงอกที่มากกว่าเมล็ดพันธุ์พอก ที่เก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมสภาพแวดล้อม อายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกนอกจากจะขึ้นอยู่กับสภาพของการเก็บรักษาแล้วยังขึ้นอยู่กับสารออกฤทธิ์ที่พอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ด้วย โดย จักรพงษ์ และบุญมี (2557) พบว่าเมล็ดพันธุ์ยาสูบที่ผ่านการพอกร่วมกับสารป้องกันเชื้อรา 3 ชนิด คือ metalaxyl, captan และ pylaclostrobin ในปริมาณระดับความเข้มข้นสูงเกินไปจะทำให้ความงอกของเมล็ดพันธ์ มีความงอกลดลงจากเดิม 30-50 % เก็บรักษาในห้องที่ไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมนาน 4 เดือน เก็บเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกในสภาพที่ควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ที่เหมาะสมจะรักษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ได้นานเพิ่มขึ้น ซึ่งการลดลงของคุณภาพเมล็ดพันธุ์ยาสูบที่พอกด้วยสารป้องกันเชื้อราที่ความ

เข้มข้นสูงเกินไป เมื่อเมล็ดพันธุ์มีการเปลี่ยนแปลงความชื้นในระหว่างการเก็บรักษาในห้องที่ไม่ควบคุมสภาพแวดล้อม จากกระบวนการหายใจของเมล็ดพันธุ์เมื่อมีความชื้นเปลี่ยนแปลง ทำให้ปริมาณกรดไขมันอิสระมากขึ้น มีผลต่อการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ lipoxygenase และการเพิ่มขึ้นของ lipid peroxidation ทำให้เอนไซม์ถูกยับยั้งต่อการย่อยสลายโปรตีน จึงเกิดการหยุดชะงักการยืดขยายของเยื่อหุ้มเซลล์ในที่สุด จึงเป็นอันตรายต่อความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์และสรีรวิทยาของต้นกล้ายาสูบ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

สถานที่ทำการศึกษา

การศึกษาผลของสูตรสารพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม ได้ดำเนินการทดลอง ณ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ ห้องปฏิบัติการไบโอเทคโนโลยี และโรงเรือนทดลอง คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

แหล่งที่มาของเมล็ดพันธุ์

เมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมสายพันธุ์เรดโอ๊ค จากแหล่งผลิตเมล็ดพันธุ์ ศูนย์เมล็ดพันธุ์ผักอินทรีย์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ รอบฤดูการผลิตปี 2563

การวางแผนการทดลอง

การศึกษานี้แบ่งออกเป็น 4 กิจกรรม ได้แก่

กิจกรรมที่ 1 ศึกษาอัตราส่วนของวัสดุพอก และวัสดุประสาน ที่เหมาะสมต่อการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

กิจกรรมที่ 2 ศึกษาสูตรการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้า

กิจกรรมที่ 3 ศึกษาสูตรการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม เมื่อเพาะทดสอบในระบบการปลูกพืชไร้ดิน

กิจกรรมที่ 4 ศึกษาสูตรการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่เหมาะสมต่อความมีชีวิตของแบคทีเรีย และอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอก ในสภาพการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

1. การศึกษาชนิดของวัสดุพอก วัสดุประสาน และสัดส่วนที่เหมาะสมของสารพอก สำหรับการพอกเมล็ดผักกาดหอม

เพื่อศึกษาชนิดและอัตราส่วนของสารที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม โดยทำการศึกษาทดลองพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมด้วยวัสดุพอก และวัสดุประสาน ชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน และทำการประเมินคุณภาพด้านกายภาพและคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการพอก โดยมีวิธีการทดลองดังนี้

1.1 การศึกษาอัตราส่วนของวัสดุประสานที่เหมาะสม

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาหาชนิดและอัตราส่วนของวัสดุประสานที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ด

การทดลองนี้จะมีการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำทั้งหมด 4 ซ้ำๆ ในทุกวิธีการทดลอง โดยจะคัดเลือกสารพอกที่มีคุณสมบัติสามารถใช้เป็นองค์ประกอบในการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม โดยกลุ่มพอลิเมอร์ 2 ชนิดที่สามารถละลายน้ำได้ คือ Methylhydroxy ethylcellulose (MHEC) และ Carboxymethyl cellulose (CMC) สำหรับใช้เป็นวัสดุประสาน โดยมีกรรมวิธี คือ เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก (T1), เมล็ดที่พอกร่วมกับ MHEC 0.3% (T2), เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ MHEC 0.4% (T3), เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ MHEC 0.6% (T4), เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ MHEC 0.8% (T5), เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ MHEC 1.0% (T6) เมล็ดที่พอกร่วมกับ CMC 0.3% (T2), เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ CMC 0.4% (T3), เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ CMC 0.6% (T4), เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ CMC 0.8% (T5), เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ CMC 1.0% (ตารางที่ 1)

การเตรียมพอลิเมอร์ จะทำโดยการละลายพอลิเมอร์ร่วมกับน้ำ เพื่อปรับระดับอัตราของที่พอลิเมอร์ให้ได้อัตราที่ต้องการ ส่วนวัสดุพอกที่ใช้ในการพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ คือ Calcium sulfate หลังจากนั้นทำการพอกเมล็ดพันธุ์ ด้วยเครื่องพอกเมล็ดรุ่น JK-2 จึงนำไปลดความชื้นในสภาพอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จนความชื้นของเมล็ดหลังการพอกเท่ากับความชื้นของเมล็ดก่อนการพอก (7%) แล้วนำมาประเมินผลคุณภาพด้านกายภาพและคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการพอกดังนี้

1. การบันทึกผลการทดลองลักษณะทางกายภาพของก้อนพอก

1.1 การละลายน้ำ และน้ำหนักของแผ่นฟิล์ม นำวัสดุประสานในสภาพของเหลวทั้ง 2 ชนิด ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เทลงใน petri dish ที่ใช้แผ่นพลาสติกปูรองก้น petri dish เทโดยไม่ให้มีฟองอากาศ จากนั้นนำไปอบในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง นำแผ่นฟิล์มที่ผ่านการอบมาตัดให้มีขนาด 4x4 เซนติเมตร ไปแช่น้ำเป็นเวลา 5 นาที แล้วจึงนำไปอบด้วย

อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จึงนำมาชั่งน้ำหนัก และนำค่าที่ได้ไปคำนวณหาค่าการละลายของแผ่นฟิล์ม ตามวิธีการของ กิตติวรรณ และบุญมี (2557) โดยแต่ละกรรมวิธีทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ

1.2 การขึ้นรูปของเมล็ดพอก ทำการขึ้นรูปของก้อนพอกเมล็ดพันธุผักกาดหอมในระหว่างการพอกเมล็ดจะสังเกตความยาก-ง่ายของการขึ้นรูปก้อนพอกของวัสดุพอกแต่ละชนิดที่สามารถยึดเกาะและคลุมเปลือกของเมล็ดพันธุโดยใช่ค่าคะแนน 1-5 ในการประเมินการขึ้นรูปเมล็ดพอกกำหนดให่ 1 = ยากมาก, 2 = ยาก, 3 = ปานกลาง, 4 = ง่ายและ 5 = งายมาก (สันติภาพและบุญมี, 2562)

1.3 ค่าความกร่อน ทำโดยสุ่มก้อนพอกเมล็ดผักกาดหอมจำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 100 เมล็ดพอก นำมาชั่งน้ำหนักก่อนทดสอบหลังจากนั้นนำเข้า เครื่องทดสอบความกร่อน Tablet Friability Tester รุ่น 45-2200 ที่ความเร็ว 25 รอบ/นาที เป็นเวลา 4 นาที (100 รอบ) แล้วชั่งน้ำหนักเมล็ดที่เหลืออยู่ทั้งหมดหลังทดสอบ จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความกร่อน (กุณฑิกา และเกศรา, 2549)

1.4 ค่าการละลายน้ำของก้อนพอก สุ่มคัดเลือกก้อนพอก แต่ละวิธีการทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ก้อนพอก จากนั้นนำมา แช่ในน้ำปริมาตร 10 มิลลิลิตร โดยแช่ทีละก้อนพอก จับเวลาการละลายในน้ำของวัสดุพอก และหยุดเวลาเมื่อพบว่าวัสดุพอกมีการปริแตกและหลุดร่วงออกจากเมล็ด (จักรพงษ และ บุญมี, 2557)

1.5 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ทำการวัดค่าความเป็นกรด-ด่างของวัสดุประสานโดยใช้ Pen-type pH meter แต่ละกรรมวิธีทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ (จักรพงษ และ บุญมี, 2557)

2. การบันทึกผลการทดลองในสภาพห้องปฏิบัติการ

2.1 การตรวจสอบความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการ ตรวจนับต้นกล้าปกติหลังการเพาะครั้งแรกที่ 4 วัน (First count) และ 7 วันหลังเพาะ (Final count) ทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด โดยนำมาประเมินผลการตรวจสอบความงอกตามวิธีของ ISTA (2008) ดังสูตร

$$\text{ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (\%)} = \frac{\text{จำนวนของเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ} \times 100}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}}$$

2.2 การตรวจสอบความเร็วในการงอกในสภาพห้องปฏิบัติการ สุ่มเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการแช่ และไม่ผ่านการแช่เมล็ดพันธุ์จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด นับจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ ประเมินนับทุกวัน ตั้งแต่เริ่มนับครั้งแรก (First count) จนถึงวันสุดท้าย (Final count) แล้วนำผลการนับมาคำนวณหาความเร็วในการงอก ดังสูตร

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

2.3 การตรวจสอบการงอกรากในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยสุ่มประเมินการงอกรากจากการเพาะทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ ในวันที่ 1 และ 3 วันหลังเพาะ ในแต่ละกรรมวิธีทำ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด โดยจะเริ่มตรวจนับเมื่อเมล็ดมีการงอกของรากที่ความยาว 2 มิลลิเมตร จากนั้นนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอกราก ดังสูตร

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

2.4 การตรวจสอบความเร็วในการงอกรากในสภาพห้องปฏิบัติการ ดำเนินการตรวจนับรากที่มีความยาว 2 มิลลิเมตร ในทุกวันตั้งแต่วันที่ 1 ถึงวันที่ 3 หลังการเพาะ ทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำละ 50 เมล็ด ในทุกกรรมวิธีการ จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอกรากของผักกาดหอม ดังนี้

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

2.5 การตรวจสอบความยาวต้นและความยาวราก สุ่มต้นกล้าปกติที่อายุ 7 วันหลังเพาะจากการเพาะทดสอบความงอก ทำ 4 ซ้ำ ซ้ำละ 10 ต้น ทำการตรวจวัดความยาวต้น โดยวัดตั้งแต่ส่วนรอยต่อของต้นกับรากไปจนถึงปลายสุดใบจริง (Foliage leaf) ส่วนความยาวราก วัดจากบริเวณปลายรากจนถึงบริเวณข้อต่อระหว่างส่วนรากและลำต้นของต้นกล้า (Baki and Anderson, 1973) และการประเมินความยาวต้นกล้าทั้งหมด ตรวจวัดตั้งแต่ปลายรากไปจนถึงปลายสุดใบ จริง โดยใช้ไม้บรรทัดมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

2.6 การวิเคราะห์หาค่าดัชนีความแข็งแรง คำนวณได้จากจำนวนต้นกล้าปกติคูณกับผลรวมต้นกล้า (AOSA, 2002) ดังสูตร

ค่าดัชนีความแข็งแรง = ต้นกล้าปกติ (%) x ผลรวมต้นกล้า (ซม.)

2.7 การวิเคราะห์หาค่าดัชนีความงอก ตรวจนับต้นกล้าปกติที่งอกทุก ๆ วันจนครบ 7 วัน แล้วคำนวณหาค่าดัชนีความงอกจากสูตร (AOSA, 2002) ดังสูตร

$$\text{ดัชนีความงอก} = \frac{\text{ผลรวมของ (จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน)}}{\text{จำนวนวันที่ต้นกล้าปกติงอกในแต่ละวัน}}$$

2.8 การตรวจสอบความยาวต้นความยาวราก และผลรวมต้นกล้าในสภาพห้องปฏิบัติการ ตรวจสอบความยาวต้นและความยาวราก (เซนติเมตร) โดยประเมินที่ 7 วัน หลังเพาะในสภาพห้องปฏิบัติการ ทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น จากนั้นนำมาวัดความยาวต้นและความยาวราก แล้วนำมารวมกันเพื่อใช้ประเมินหาผลรวมต้นกล้า

3. การบันทึกผลการทดลองในสภาพเรือนทดลอง

3.1 การตรวจสอบการโผล่พ้นดิน ดำเนินการตรวจนับจากเมล็ดที่มีการงอกของส่วน cotyledon โผล่พ้นวัสดุปลูก โดยตรวจนับตั้งแต่วันที่ 1 และวันที่ 3 หลังเพาะทดสอบ จำนวน 4 ซ้ำ ในทุกกรรมวิธีการ จากนั้นนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ในการโผล่พ้นดินของต้นกล้าผักกาดหอม ดังนี้

$$\text{การโผล่พ้นดิน (\%)} = \frac{\text{การโผล่พ้นดินของ Cotyledon}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

3.2 การตรวจสอบความเร็วในการโผล่พ้นดิน ดำเนินการตรวจนับจำนวนเมล็ดพันธุ์ที่มีการงอกของส่วน Cotyledon โผล่พ้นวัสดุปลูกในทุก ๆ วัน ตั้งแต่เริ่มเพาะครั้งแรกที่ 1 วัน จนถึงวันที่ 3 หลังเพาะทดสอบ โดยทำทั้งหมด 4 ซ้ำในทุกกรรมวิธีการจากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการโผล่พ้นดินของต้นกล้าผักกาดหอม

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

3.3 การตรวจสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ ดำเนินการตรวจนับจำนวนเมล็ดพันธุ์ที่งอกเป็นต้นกล้าปกติในวันที่ 4 และวันที่ 7 โดยทำทั้งหมด 4 ซ้ำในทุกกรรมวิธี ในสภาพเรือนทดลอง ISTA (2008) จากนั้นนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความงอกของต้นกล้าผักกาดหอม ตามสูตร

$$\text{ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (\%)} = \frac{\text{จำนวนของเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

3.4 การตรวจสอบความเร็วในการงอก ดำเนินการตรวจนับจำนวนเมล็ดพันธุ์ที่สามารถงอกเป็นต้นกล้าปกติในทุก ๆ วัน ตั้งแต่เริ่มเพาะครั้งแรกที่ 4 วัน จนถึงวันที่ 7 หลังเพาะ โดยทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ในทุกกรรมวิธี ในสภาพเรือนทดลอง จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอกของต้นกล้าผักกาดหอมตามสูตร

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

3.5 การตรวจสอบความยาวต้น โดยจะต้องทำการประเมินความยาวต้นในวันที่ 7 ของการเพาะเมล็ดในสภาพเรือนทดลอง โดยทำการสุ่มต้นกล้า 4 ซ้ำ ๆ 10 ต้น ซึ่งในการตัดลำต้นต้นกล้า ควรตัดให้ชิดกับวัสดุปลูก แต่ไม่ควรตัดลึกลงไปในวัสดุปลูก หรือควรตัดชิดวัสดุปลูกในส่วนที่ต้นกล้าสามารถโผล่พ้นดินได้ แล้วจึงนำมาวัดความยาวต้นด้วยไม้บรรทัด โดยวัดตั้งแต่โคนต้นจนถึงปลายใบของต้นกล้า ใช้หน่วยเป็นเซนติเมตรในการตรวจวัดความยาวต้น

1.2 การศึกษาหาอัตราส่วนของวัสดุพอกที่เหมาะสม

การทดลองนี้จะมีการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำทั้งหมด 4 ซ้ำๆ ในทุกวิธีการทดลอง คัดเลือกวัสดุพอกที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมในการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม ได้แก่ Calcium sulfate ($CaSO_4$), Zeolite, Pumice, Bentonite, Talcum และ Diatomaceous earth นำวัสดุที่คัดเลือกมาพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม ด้วยเครื่องพอกเมล็ด JK-2 ซึ่งจะมีวิธีการทดลองดังนี้ เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก (T1), เมล็ดที่พอกร่วมกับ $CaSO_4$ เพียงอย่างเดียว (T2) และการพอกเมล็ดแบบ 2 ชั้น ได้แก่ เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ $CaSO_4$ - Zeolite (T3), เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ $CaSO_4$ - Pumice (T4), เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ $CaSO_4$ - Bentonite (T5), เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ $CaSO_4$ - Talcum (T6) และ เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ $CaSO_4$ - Diatomaceous earth (T7) ตามลำดับ (ตารางที่ 1) จากนั้นนำไปลดความชื้นใน

สภาพอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จนความชื้นของเมล็ดหลังการพอกเท่ากับความชื้นของเมล็ดก่อนการพอก (7%) แล้วนำมาประเมินผลคุณภาพด้านกายภาพและคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการพอกตามวิธีการทดลองที่ 1.1

ตารางที่ 1 ชนิดวัสดุพอก (กรัม) และสัดส่วนสารพอกต่อเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม 10 กรัม

วัสดุพอก	อัตรา (กรัม)						
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Calcium sulfate	-	130	40	40	40	40	40
Pumice	-	-	90	-	-	-	-
Bentonite	-	-	-	90	-	-	-
Talcum	-	-	-	-	90	-	-
Zeolite	-	-	-	-	-	90	-
Diatomaceous earth	-	-	-	-	-	-	90
รวม	-	130	130	130	130	130	130

2. การสร้างสูตรสารพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม

2.1 การเตรียมแบคทีเรีย

การทดลองนี้จะมีการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำทั้งหมด 4 ซ้ำๆ ในทุกวิธีการทดลอง โดยนำแบคทีเรียทั้ง 5 ไอโซเลท ได้แก่ *Bacillus* sp. MBI 600 (แบคทีเรียที่มาจากผลิตภัณฑ์ทางการค้า) *Stenotrophomonas* sp. (แบคทีเรียที่มาจากดินรอบรากคะน้า), *Bacillus subtillis* (แบคทีเรียที่มาจากเมล็ดคะน้า) *Burkholderia* sp. (แบคทีเรียที่ได้รับมาจากห้องปฏิบัติการไบโอเทคโนโลยี) และ *Enterobacter* sp. (แบคทีเรียที่ได้รับมาจากห้องปฏิบัติการไบโอเทคโนโลยี) จากนั้นเชื้อทั้ง 5 ไอโซเลท มาเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อ TSB (Trypticase Soy Broth) (HiMedia®) บ่มเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในตู้บ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เตรียมสารแขวนลอยแบคทีเรีย โดยการใช้ 0.85% NaCl เขย่าจนแบคทีเรียกระจายตัวใน 0.85% NaCl อย่างสม่ำเสมอ จึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ความยาวคลื่นที่ 600 นาโนเมตร OD_{600} (Optical density) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ยี่ห้อ Metertech SP-8001 ก่อนจะนำมาปรับความเข้มข้นของเชื้อให้ได้ 3 ระดับคือ $1x10^6$, $1x10^7$ และ $1x10^8$ CFU/mL

2.2 การตรวจสอบความสามารถในการละลายฟอสเฟตของแบคทีเรีย

แบคทีเรียทั้งหมดได้รับการทดสอบความสามารถในการละลายฟอสเฟตโดยการเลี้ยงบนอาหาร Pikovskayas agar (Himedia®) และสังเกตการเกิดวงใสรอบโคโลนีของแบคทีเรีย 7 วันหลังการบ่มที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ประเมินความสามารถในการละลายฟอสเฟตโดยคำนวณค่า phosphate solubilization index (PSI) (ศศิพร และจุฑามาศ, 2564)

2.3 การตรวจสอบความสามารถในการผลิต IAA ของแบคทีเรีย

ตรวจสอบความสามารถในการผลิต IAA โดยการเลี้ยงแบคทีเรียบนอาหารซึ่งประกอบด้วย 1% peptone, 0.5% NaCl, 0.6% yeast extract ซึ่งมี 0.1% L-tryptophan และ pH 7.6 เป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยเขย่าด้วยความเร็ว 150 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง แยกเซลล์ออกจากอาหารด้วยการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 8,000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที ตรวจสอบการผลิต IAA ในอาหารเลี้ยงด้วย Salkowski's reagent (0.5 M $FeCl_3$ ใน 35% $HClO_4$ สัดส่วน 1:50 (V:V)) โดยผสมอาหารเลี้ยงแบคทีเรียที่แยกได้ 1 มิลลิลิตร กับ Salkowski's reagent 1 มิลลิลิตร บ่มในที่มืด 20 นาที และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 530 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับความเข้มข้นกับสารละลายมาตรฐาน IAA บริสุทธิ์ (ศศิพร และจุฑามาศ, 2564)

2.4 การแช่เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับแบคทีเรีย

นำเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมมาล้างทำความสะอาดด้วย Sodium hypochlorite (NaOCl) ที่ความเข้มข้น 1 % เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำเมล็ดมาล้างผ่านน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้ออีก 3 ครั้ง แล้วซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชูที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ ก่อนนำไปแช่ในหลอดแก้วที่มีแบคทีเรียจากการเตรียมในขั้นตอนที่ 2.1 โดยจะทำการแช่เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ในสภาพอุณหภูมิห้อง (29$\pm$5 องศาเซลเซียส) (กุศล และพิศาล, 2555)เมื่อครบเวลาที่กำหนด นำเมล็ดพันธุ์ไปตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่าง ๆ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1

2.5 การเตรียมสารพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรีย

เมื่อทำการตรวจสอบความสามารถของแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชได้คัดเลือกแบคทีเรียที่ดีที่สุด 5 ไอโซเลท มาพอกร่วมกับสูตรสารพอกเมล็ดที่ได้จากการคัดเลือกสูตรตำรับที่ดีที่สุดในกิจกรรมที่ 1 มา 1 อัตรา นำมาพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ โดยก่อนพอกนำเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมมาล้างด้วย Sodium hypochlorite (NaOCl) ที่ความเข้มข้น 1 % เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำเมล็ดมาล้างผ่านน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้ออีก 3 ครั้ง ก่อนนำไปซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชูที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ นำไปพอกร่วมกับแบคทีเรีย จากนั้นนำไปลดความชื้นในสภาพอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จนความชื้นของเมล็ดหลังการพอกเท่ากับความชื้นของเมล็ดก่อนการพอก (7%) จากนั้น

นำไปตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการพอกเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่าง ๆ ดังการทดลองที่ 1.1

3. การศึกษาการเจริญเติบโตของผักกาดหอมในระบบการปลูกพืชไร้ดิน

3.1 การเพาะทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

การทดลองนี้จะมีการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำ 50 เมล็ด คัดเลือกแบคทีเรียที่ดีที่สุดมาทั้งหมด 3 ไอโซเลท พอกร่วมกับสูตรสารพอกเมล็ดที่ได้จากการคัดเลือกสูตรตำรับที่ดีที่สุดในกิจกรรมที่ 1 มา 1 อัตรา โดยจะล้างเมล็ดพันธุ์ด้วย Sodium hypochlorite (NaOCl) ที่ความเข้มข้น 1 % เป็นเวลา 1 นาที จึงนำไปล้างผ่านน้ำกลั่นที่นึ่งฆ่าเชื้ออีก 3 ครั้ง ซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชูที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ แล้วจึงนำไปพอกร่วมกับแบคทีเรียที่ผ่านการปรับระดับความเข้มข้นตามอัตราที่ได้คัดเลือกจากการทดลองที่ 2.5 จากนั้นนำไปลดความชื้นในสภาพอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จนความชื้นของเมล็ดหลังการพอกเท่ากับความชื้นของเมล็ดก่อนการพอก (7%) จากนั้นนำไปตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการพอกเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่าง ๆ ดังการทดลองที่ 1.1

3.2 การเพาะทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์

การทดลองนี้จะมีการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ซ้ำ 6 ต้น ในทุกวิธีการทดลอง โดยจะคัดเลือกกรรมวิธีที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 2.5 มา 3 กรรมวิธี จากนั้นนำเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และเมล็ดผ่านการพอกร่วมกับแบคทีเรียในแต่ละไอโซเลท มาเพาะในกระถางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร จำนวน 10 ซ้ำ โดยใช้เพอร์ไลท์และเวอร์มิคูไลท์ อัตราส่วน 70:30% ตามลำดับ เป็นวัสดุปลูก ส่วนสารละลายธาตุอาหารพืชเตรียมโดยใช้ 10 เปอร์เซ็นต์ของสารละลายที่ให้ธาตุอาหารหลัก (mol m^{-3}) ได้แก่ K^+, 3.95; Ca^{2+}, 1.50; Mg^{2+}, 0.40; NH_4^+, 0.625; NO_3^-, 4.375; SO_4^{2-}, 1.90; $H_2PO_4^-$, 0.20; Na^+, 0.20; H_4SiO_4, 0.10; และให้ธาตุอาหารรอง (mol m^{-3}) ได้แก่ Cl, 50; B, 25; Mn, 2; Zn, 2; Ni, 1; Cu, 0.5; Mo, 0.5; Fe-EDTA, 50 (Colmer et al., 2006) โดยใช้สารละลายที่ความเข้มข้น 10% จากนั้นนำกระถางไปวางในถาดที่มีสารละลายอยู่ ทำการเปลี่ยนสารละลายทุก ๆ 3 วัน เป็นเวลา 45 วัน จึงนำต้นกล้าผักกาดหอมมาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโต เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1 และการเก็บผลดังนี้

3.2.1 การตรวจสอบน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้นผักกาดหอม นำต้นกล้าที่ได้จากการตรวจสอบความยาวต้น และความยาวรากจากสภาพเรือนทดลองในกิจกรรมที่ 3 ทั้งหมดกรรมวิธีละ 6 ซ้ำจากนั้นชั่งน้ำหนักสดใบ และน้ำหนักสดราก แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศา

เซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เมื่อครบกำหนดนำมาชั่งตรวจสอบหาการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักแห้งใบ และน้ำหนักแห้งรากด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่งบันทึกผล (จักรพงษ์ และ บุญมี, 2561)

3.2.2. การตรวจสอบความยาวต้น (เซนติเมตร) โดยประเมินที่ 7, 14, 21, 28, 35, 42 และ 45 วันหลังเพาะ ทำทั้งหมด 4 ซ้ำ ๆ ละ 6 ต้น และทำการบันทึกข้อมูล

4. การประเมินความมีชีวิตของแบคทีเรียในเมล็ดพอก และคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับแบคทีเรีย หลังผ่านการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

4.1 การประเมินความมีชีวิตของแบคทีเรีย หลังการพอกเมล็ดผักกาดหอม

สุ่มเมล็ดผักกาดหอมที่พอกร่วมกับแบคทีเรียในแต่ละสูตร ในทุก ๆ 1 เดือน เป็นเวลา 3 เดือน โดยในแต่ละครั้งที่ทำการสุ่มเมล็ดพอกจำนวน 20 เมล็ดพอกทำทั้งหมด 3 ซ้ำ ในทุกกรรมวิธีการทดลอง ทั้งในสภาพที่ไม่ควบคุมการเก็บรักษา และควบคุมสภาพการเก็บรักษา ใส่เมล็ดลงในหลอดแก้วที่เติมน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว 2 มิลลิลิตร เขย่าเมล็ดให้แตกออกจากสารพอก และทิ้งไว้ 5 นาที จากนั้นเขย่าต่อเนื่อง 1 นาที พักสารละลายไว้เป็นเวลา 1 นาที แล้วดูดส่วนใสของสารแขวนลอย 1 มิลลิลิตรไป Spread plate จากนั้นนำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมงในตู้อบ เมื่อครบเวลาที่กำหนด จึงนำมานับจำนวนโคโลนีของแบคทีเรียที่ติดอยู่กับจานเพาะเชื้อแต่ละซ้ำ (กุศล และ พิศาล, 2555)

4.2 ศึกษาผลของการเก็บรักษา หลังการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชในสภาพการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

การทดลองนี้จะมีการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ทำทั้งหมด 4 ซ้ำๆ 50 เมล็ด โดยนำเมล็ดพันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือกวิธีการทดลองที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 2.5 มาทั้งหมด 3 วิธีการทดลอง ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการเก็บรักษาที่อายุและการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน โดยการบรรจุเมล็ดพันธุ์ในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ จากนั้นนำไปเก็บรักษาที่แตกต่างกัน คือ สภาพไม่ควบคุมการเก็บรักษา และสภาพควบคุมการเก็บรักษา (อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80%) หลังจากนั้นทำการสุ่มเมล็ดทุก ๆ 2 เดือน เป็นเวลา 12 เดือนมาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่าง ๆ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1.1

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติจากการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) ในกิจกรรมการทดลองที่ 1, 2, 3 และ 4 โดยทำการแปลงข้อมูล

เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดเพื่อวิเคราะห์ทางสถิติด้วยใช้วิธี Arcsine transformation และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 95%

บทที่ 4
ผลการวิจัยและวิจารณ์

ผลการวิจัย

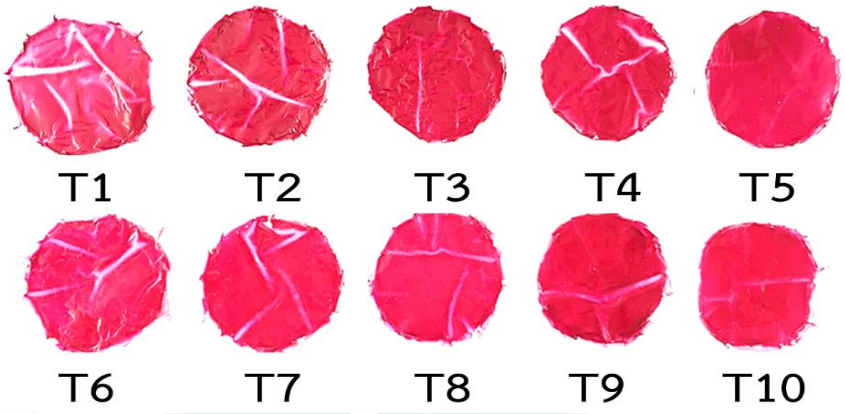
จากการทดลองค้นหาชนิดของวัสดุประสาน และวัสดุพอกที่เหมาะสมในการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับแบคทีเรีย และการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน รวมไปถึงการทดสอบความชีวิตของแบคทีเรีย มีผลการวิจัยดังนี้

1. ผลของชนิดวัสดุพอก วัสดุประสาน และอัตราส่วนที่เหมาะสมต่อการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

1.1 การศึกษาหาอัตราส่วนของวัสดุประสานที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

1.1.1 ลักษณะของแผ่นฟิล์ม และคุณภาพของก้อนพอกที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน

จากการค้นหาชนิดของวัสดุประสานที่เหมาะสม สำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม 2 ชนิดที่สามารถละลายน้ำได้คือ Methyl hydroxylethyl cellulose (MHEC) และ Carboxymethyl cellulose (CMC) ที่อัตรา 0.3%, 0.4%, 0.6%, 0.8% และ 1.0% พบว่า การละลายน้ำของแผ่นฟิล์ม และน้ำหนักแผ่นฟิล์มทุกวิธีการ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 2) และเมื่อตรวจสอบลักษณะของแผ่นฟิล์ม พบว่าแผ่นฟิล์มของ MHEC และ CMC ที่อัตรา 0.3%, 0.4%, 0.6% และ 0.8% มีลักษณะของแผ่นฟิล์มที่บาง และฉีกขาดได้ง่าย ในขณะที่แผ่นฟิล์มของ MHEC และ CMC ที่อัตรา 1.0% มีลักษณะของแผ่นฟิล์มที่มีความเหนียว และฉีกขาดยากกว่า (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 ลักษณะของแผ่นฟิล์มที่ชนิดและอัตราของวัสดุประสานที่แตกต่างกัน
T1) MHCE 0.3%, T2) MHCE 0.4%, T3) MHCE 0.6%, T4) MHCE 0.8%, T5) MHCE 1.0%, T6) CMC 0.3 %, T7) CMC 0.4 %, T8) CMC 0.6 %, T9) CMC 0.8 % และ T10) CMC 1.0 %

จากการทดสอบลักษณะของแผ่นฟิล์มแล้ว จึงนำวัสดุประสานทั้ง 10 สูตรมาทดสอบพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม โดยใช้ Calcium sulfate ($CaSO_4$) เป็นวัสดุพอก ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า การพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม ด้วย MHEC และ CMC ที่อัตรา 0.3% ทำให้ $CaSO_4$ มีการเกาะติดและขึ้นรูปของก้อนพอกได้ง่ายที่สุด นอกจากนี้ การพอกเมล็ดด้วย MHEC อัตรา 0.8% และ 1.0% และ CMC อัตรา 0.4%, 0.6%, 0.8% และ 1.0% มีเปอร์เซ็นต์ความกร่อนของวัสดุพอกน้อยกว่า และแตกต่างกันในทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ จากนั้นตรวจสอบการละลายน้ำของเมล็ดพอกพบว่า การพอกเมล็ดด้วย MHEC อัตรา 0.3% และ 0.4% และ CMC อัตรา 0.3%, 0.4%, 0.6% และ 0.8% เมล็ดพอกมีการละลายน้ำได้เร็วมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ๆ นอกจากนี้เมื่อนำมาตรวจสอบค่าความเป็นกรด-ด่างของก้อนพอก พบว่า วัสดุประสานทั้ง 2 ชนิด มี pH ในทุกความเข้มข้นมีความเป็นกลาง (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 การละลายของแผ่นฟิล์ม น้ำหนักแผ่นฟิล์ม การขึ้นรูปของเมล็ดพอก ความกร่อนของเมล็ดพอก การละลายน้ำของเมล็ดพอก และความเป็นกรด-ด่างของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดด้วย MHEC และ CMC ในอัตราที่แตกต่างกัน โดยใช้ $CaSO_4$ เป็นวัสดุพอก เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	การละลายของแผ่นฟิล์ม (%)	น้ำหนักแผ่นฟิล์ม (กรัม)	การขึ้นรูปของเมล็ดพอก	ความกร่อนของเมล็ดพอก (%)	การละลายน้ำของเมล็ดพอก (วินาที)	ความเป็นกรด-ด่าง
T1	-	-	-	-	-	-
T2	96	0.03	5 [2/]	63 a [3/]	7.00 e	7.63 d
T3	96	0.03	4	67 a	10.00 e	7.67 b
T4	97	0.05	3	6 b	13.80 d	7.70 a
T5	99	0.04	2	0 c	29.40 c	7.64 cd
T6	99	0.06	2	0 c	72.80 a	7.65 c
T7	97	0.03	5	5 b	3.00 e	7.62 d
T8	98	0.03	4	0 c	4.00 e	7.56 e
T9	98	0.04	3	0 c	3.00 e	7.48 f
T10	99	0.05	2	0 c	28.95 c	7.55 e
T11	99	0.07	2	0 c	54.80 b	7.52 e
ค่าเฉลี่ย	98	0.04	-	12.84	15.80	6.91
F-test	ns	ns	-	**	**	**
CV.(%)	0.21	1.10	-	40.92	0.20	0.17

หมายเหตุ: ns, **: ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.01 ตามลำดับ

[1/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = การพอกเมล็ดด้วย MHCE 0.3 %, T3 = การพอกเมล็ด MHCE 0.4 %, T4 = การพอกเมล็ด MHCE 0.6 %, T5 = การพอกเมล็ด MHCE 0.8 %, T6 = การพอกเมล็ด MHCE 1.0 %, T7 = การพอกเมล็ด CMC 0.3 %, T8 = การพอกเมล็ด CMC 0.4 %, T9 = การพอกเมล็ด CMC 0.6 %, T10 = การพอกเมล็ด CMC 0.8 % และ T11 = การพอกเมล็ด CMC 1.0%

[2/] ค่าคะแนนการขึ้นรูปของเมล็ดพอก 1 = ยากมาก, 2 = ยาก, 3 = ปานกลาง, 4 = ง่าย และ 5 = ง่ายมาก

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

1.1.2 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วย MHEC และ CMC ในอัตราที่แตกต่างกัน ในสภาพห้องปฏิบัติการ

เมื่อตรวจสอบคุณลักษณะของแผ่นฟิล์มและคุณภาพของก้อนพอกแล้ว จากนั้นนำก้อนพอกมาเพาะทดสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยพบว่า การงอกรากแรกของเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และเมล็ดที่ผ่านการพอกร่วม CMC อัตรา 0.3 % และ 0.4% มีการงอกรากแรกสูงมากกว่าและมีความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC อัตรา 1.0% แต่พบความแตกต่างกับเมล็ดที่พอกร่วมกับ MHCE 0.3 - 0.8 % และ CMC 0.6 %, 0.8 % ส่วนการตรวจสอบความเร็วในการงอกรากแรกพบว่า เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และการพอกเมล็ดด้วย CMC อัตรา 0.3 % และ 0.4% มีความเร็วในการงอกรากแรกดีกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่ไม่มีความแตกต่างกับการพอกเมล็ดด้วย CMC อัตรา 0.6% และ 0.8% ส่วนการประเมินความงอก พบว่า การพอกเมล็ดด้วย CMC อัตรา 0.3 - 0.8% มีความงอกดีมากกว่าเมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC อัตรา 1.0% แต่ไม่พบความแตกต่างกับทุกกรรมวิธีการทดลอง อีกทั้งเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และเมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ MHCE อัตรา 0.3 % และ CMC อัตรา 0.4 - 0.8% ยังทำให้เมล็ดมีความเร็วในการงอกสูงมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่ไม่พบความแตกต่างกับเมล็ดที่พอกร่วมกับ MHCE 0.4 % (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดด้วย MHEC และ CMC ในอัตราที่แตกต่างกัน โดยใช้ $CaSO_4$ เป็นวัสดุพอก เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี [1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ			
	การงอกรากแรก (%)	ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)
T1	99 a [2/3/]	50.00 a	96 ab	24.15 a
T2	97 a-c	23.88 d	96 ab	23.95 a
T3	97 a-c	29.33 cd	98 ab	23.10 ab
T4	96 a-c	22.92 d	96 ab	11.85 c
T5	97 a-c	23.25 d	96 ab	11.93 c
T6	95 bc	23.75 d	98 ab	12.09 bc
T7	98 a	49.80 a	99 a	24.36 a
T8	99 a	50.00 a	98 a	24.06 a
T9	98 ab	42.83 ab	99 a	24.39 a
T10	98 ab	42.67 ab	99 a	14.33 b
T11	93 c	38.25 b	95 b	14.88 b
ค่าเฉลี่ย	97	32.53	97	16.24
F-test	*	**	*	**
CV.(%)	4.91	17.92	5.12	3.10

หมายเหตุ: *, **: แตกต่างทางสถิติ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ

[1/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = การพอกเมล็ดด้วย MHCE 0.3 %, T3 = การพอกเมล็ด MHCE 0.4 %, T4 = การพอกเมล็ด MHCE 0.6 %, T5 = การพอกเมล็ด MHCE 0.8 %, T6 = การพอกเมล็ด MHCE 1.0 %, T7 = การพอกเมล็ด CMC 0.3 %, T8 = การพอกเมล็ด CMC 0.4 %, T9 = การพอกเมล็ด CMC 0.6 %, T10 = การพอกเมล็ด CMC 0.8 % และ T11 = การพอกเมล็ด CMC 1.0%

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

[3/] แปลงข้อมูลการงอกรากแรกและความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin

1.1.3 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วย MHEC และ CMC ในอัตราที่แตกต่างกัน ในสภาพเรือนทดลอง

เมื่อประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในสภาพเรือนทดลอง พบว่า เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก มีการโผล่พ้นดิน และความเร็วในการโผล่พ้นดินมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธี ส่วนการตรวจสอบความงอก พบว่า เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC อัตรา 0.3% และ CMC อัตรา 0.3 % และ 0.4% มีความงอกดีมากกว่าเมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC อัตรา 1.0% และ CMC อัตรา 1.0% แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกโดย เมล็ดที่พอกด้วย MHEC อัตรา 0.4 - 0.8 % และเมล็ดที่พอกด้วย CMC อัตรา 0.4 % และ 0.6 % เมื่อทำการประเมินความเร็วในการงอกพบว่า เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก เมล็ดที่พอกด้วย MHEC อัตรา 0.3% 0.4% และ CMC อัตรา 0.3 - 0.6 % มีความเร็วในการงอกดีมากกว่า และมีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างเมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC และ CMC อัตรา 1.0 % แต่ไม่มีความแตกต่างกับเมล็ดที่พอกด้วย MHEC อัตรา 0.6 % และ 0.8 % และ CMC อัตรา 0.8 % (ตารางที่ 4)

1.1.4 การเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วย MHEC และ CMC ในอัตราที่แตกต่างกัน

เมื่อประเมินความยาวต้นในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า การพอกเมล็ดด้วย MHEC อัตรา 0.3 % และ CMC อัตรา 0.3 % และ 0.4 % ทำให้มีความยาวต้นสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ผ่านไม่การพอก แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC อัตรา 0.4 % และเมื่อประเมินความยาวราก และความยาวต้นกล้า พบว่า การพอกเมล็ดด้วย MHEC อัตรา 0.3 % และ CMC อัตรา 0.3 % และ 0.4 % มีความยาวราก และความยาวต้นกล้าสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ผ่านไม่การพอก แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC อัตรา 0.4 % และ CMC อัตรา 0.6 % ซึ่งเมื่อพิจารณาจาก ภาพที่ 2 การพอกเมล็ดพันธุ์ด้วยวัสดุประสานที่แตกต่างกัน สามารถทำให้ต้นกล้าผักกาดหอมมีแนวโน้มการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นและแตกต่างจากเมล็ดพันธุ์ไม่พอกอย่างชัดเจน และเมื่อตรวจสอบความยาวต้นในสภาพเรือนทดลอง พบว่า การพอกเมล็ดด้วย MHEC อัตรา 0.3 % และ CMC อัตรา 0.3 % และ 0.4 % ทำให้มีความยาวต้นสูงมากกว่าเมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC อัตรา 0.8 - 1.0 % และ CMC อัตรา 0.6 – 1.0 % แต่ไม่พบความแตกต่างกันสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และเมล็ดที่พอกด้วย MHEC อัตรา 0.4 - 1.0 % (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 4 การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้นดิน ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดด้วย MHEC และ CMC ในอัตราที่แตกต่างกัน โดยใช้ $CaSO_4$ เป็นวัสดุพอก เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง

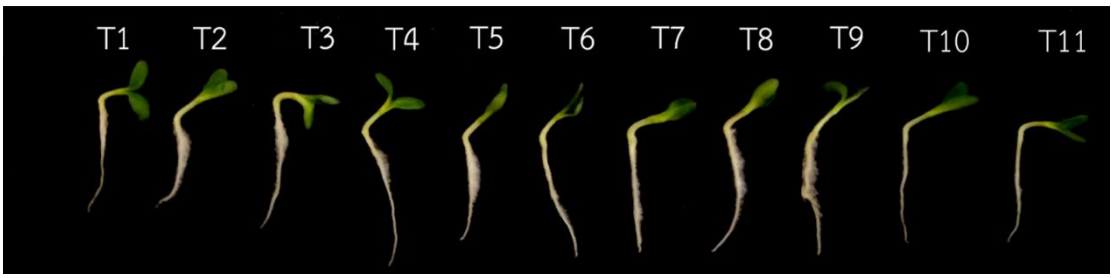
กรรมวิธี[1/]	สภาพเรือนทดลอง			
	การโผล่พ้นดิน (%)	ความเร็วในการโผล่พ้นดิน (ต้น/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)
T1	72 a [2/3/]	23.83 a	97 a-c	12.08 a
T2	26 de	8.50 de	99 a	11.98 a
T3	39 cd	13.00 cd	98 ab	11.96 a
T4	57 b	18.83 b	98 ab	11.49 ab
T5	57 b	18.83 b	97 a-c	11.34 ab
T6	51 bc	16.83 bc	93 c	12.06 b
T7	39 cd	12.83 cd	100 a	11.55 a
T8	49 bc	16.17 bc	99 a	12.56 a
T9	15 e	4.83 e	96 a-c	12.53 a
T10	24 e	7.83 e	96 bc	10.49 ab
T11	18 e	5.83 e	94 c	9.65 b
ค่าเฉลี่ย	40	13.39	96.14	11.62
F-test	**	**	*	*
CV.(%)	15.71	23.86	5.07	10.24

หมายเหตุ: *, **: แตกต่างทางสถิติ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ

[1/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = การพอกเมล็ดด้วย MHCE 0.3 %, T3 = การพอกเมล็ด MHCE 0.4 %, T4 = การพอกเมล็ด MHCE 0.6 %, T5 = การพอกเมล็ด MHCE 0.8 %, T6 = การพอกเมล็ด MHCE 1.0 %, T7 = การพอกเมล็ด CMC 0.3 %, T8 = การพอกเมล็ด CMC 0.4 %, T9 = การพอกเมล็ด CMC 0.6 %, T10 = การพอกเมล็ด CMC 0.8 % และ T11 = การพอกเมล็ด CMC 1.0%

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

[3/] แปลงข้อมูลการโผล่พ้นดินและความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin



ภาพที่ 3 ลักษณะของต้นกล้าผักกาดหอมที่ผ่านการพอกร่วมกับ MHCE และ CMC ในอัตราที่แตกต่างกัน หลังผ่านการเพาะทดสอบในวันที่ 7 เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ
โดยมีกรรมวิธีการทดลองดังนี้ T1) เมล็ดพันธุ์ที่ไม่พอก, T2) พอกด้วย MHCE 0.3%, T3) พอกด้วย MHCE 0.4% , T4) พอกด้วย MHCE 0.6%, T5) พอกด้วย MHCE 0.8%, T6) พอกด้วย MHCE 1.0%, T7) พอกด้วย CMC 0.3 %, T8) พอกด้วย CMC 0.4 %, T9) พอกด้วย CMC 0.6 %, T10) พอกด้วย CMC 0.8 %, T11) พอกด้วย CMC 1.0 % ตามลำดับ

ตารางที่ 5 ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าของของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดด้วย MHEC และ CMC ในอัตราที่แตกต่างกัน โดยใช้ $CaSO_4$ เป็นวัสดุพอก เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และสภาพเรือนทดลอง

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ			สภาพเรือนทดลอง
	ความยาวต้น (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร)	ความยาวต้น (เซนติเมตร)
T1	0.98 e [2/]	4.05 e	5.03 d	1.10 b
T2	1.23 a	6.85 a	8.08 a	1.18 a
T3	1.20 ab	6.05 ab	7.25 ab	1.15 ab
T4	1.08 d	6.04 bc	7.12 b	1.10 b
T5	1.10 cd	4.97 d	6.07 c	0.80 c
T6	1.13 b-d	5.88 c	7.01 b	0.89 c
T7	1.26 a	6.87 a	8.10 a	1.18 a
T8	1.25 a	6.87 a	8.04 a	1.16 a
T9	1.07 d	6.65 ab	7.72 ab	0.98 c
T10	1.17 bc	5.95 b	7.12 b	0.97 c
T11	1.10 cd	5.88 b	6.98 b	0.99 c
ค่าเฉลี่ย	1.12	5.88	7.00	1.08
F-test	**	**	**	**
CV.(%)	4.89	7.80	6.75	6.75

หมายเหตุ: **: แตกต่างทางสถิติ P≤0.01

[1/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = การพอกเมล็ดด้วย MHCE 0.3 %, T3 = การพอกเมล็ด MHCE 0.4 %, T4 = การพอกเมล็ด MHCE 0.6 %, T5 = การพอกเมล็ด MHCE 0.8 %, T6 = การพอกเมล็ด MHCE 1.0 %, T7 = การพอกเมล็ด CMC 0.3 %, T8 = การพอกเมล็ด CMC 0.4 %, T9 = การพอกเมล็ด CMC 0.6 %, T10 = การพอกเมล็ด CMC 0.8 % และ T11 = การพอกเมล็ด CMC 1.0%

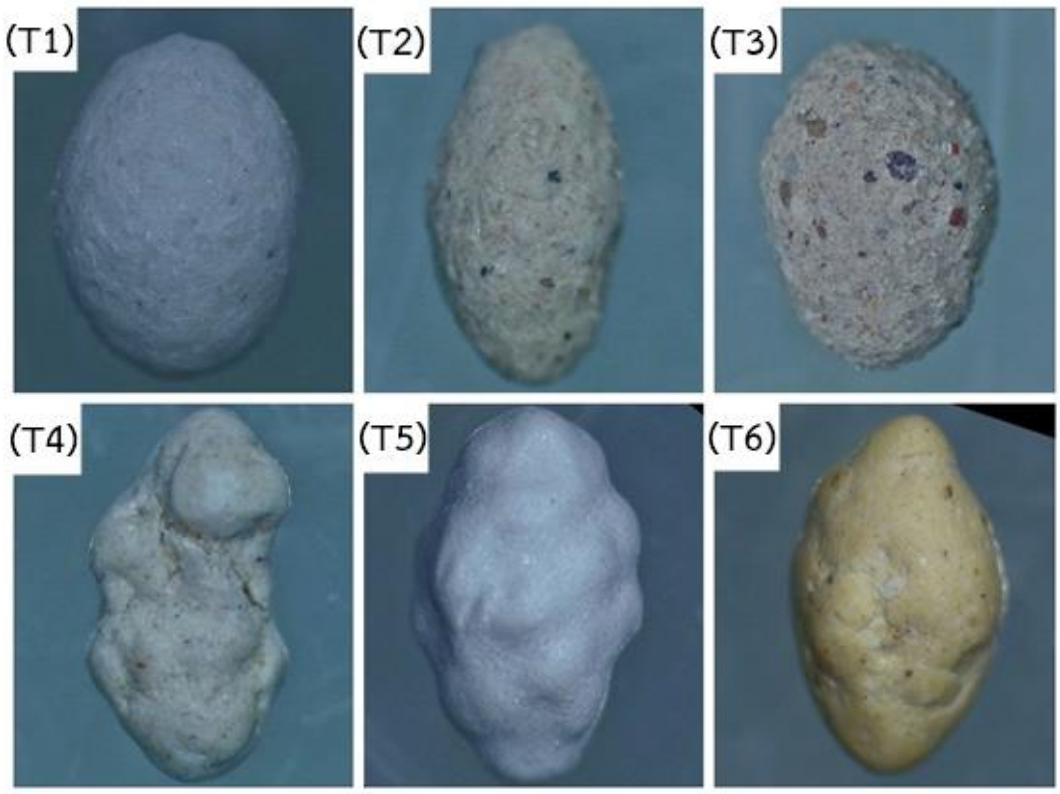
[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

1.2 การค้นหาชนิดของวัสดุพอกที่เหมาะสมสำหรับการพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

จากการค้นหาชนิดและอัตราของวัสดุประสานที่เหมาะสมต่อการพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม จากนั้นทำการคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดมา 1 สูตร คือ CMC อัตรา 0.4% นำมาใช้เป็นวัสดุประสานสำหรับค้นหาชนิดของวัสดุพอกที่เหมาะสมต่อการพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ โดยได้มีเกณฑ์การคัดเลือกวัสดุพอกที่สามารถหาซื้อได้ง่าย และราคาไม่แพง มาเป็นวัสดุพอกทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ Calcium sulfate ($CaSO_4$), zeolite, pumice, bentonite, talcum และ diatomaceous earth มีผลการทดลองดังนี้

1.2.1 ลักษณะทางกายภาพของก้อนพอกที่ชนิดแตกต่างกัน

การพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$ เพียงอย่างเดียว และการพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$-zeolite มีการขึ้นรูปก้อนพอกได้ง่ายกว่าการพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$-bentonite ส่วนการประเมินความกร่อนของเมล็ดพอกพบว่า การพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$ เพียงอย่างเดียว เมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$-zeolite และ $CaSO_4$-pumice มีความกร่อนของเมล็ดพอกน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ $CaSO_4$-talcum จากนั้นตรวจสอบการละลายน้ำของเมล็ดพอกพบว่า การพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$-talcum และ $CaSO_4$-Diatomaceous earth สามารถละลายน้ำได้เร็วมากที่สุด โดยใช้เวลาประมาณ 2 วินาที ในขณะที่การพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$-zeolite มีการละลายน้ำอยู่ที่ 13 วินาที ซึ่งถือว่ามีความเหมาะสมสำหรับการนำมาพอกร่วมกับเมล็ดผักกาดหอมมากที่สุด และเมื่อประเมินค่า pH พบว่า เมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$-zeolite และ $CaSO_4$-diatomaceous earth มีค่าเป็นกรดมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีการพอกอื่น ๆ (ตารางที่ 6)



ภาพที่ 4 ลักษณะของก้อนพอกหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกที่ชนิดแตกต่างกัน
T1) เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$, T2) เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-zeolite, T3) เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-pumice, T4) เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-bentonite, T5) เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-talcum, T6) เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-diatomaceous earth

ตารางที่ 6 การขึ้นรูปของเมล็ดพอก ความกร่อนของเมล็ดพอก การละลายน้ำของเมล็ดพอก และค่าความเป็นกรด-ด่างของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี[1/]	การขึ้นรูปของเมล็ดพอก	ความกร่อนของเมล็ดพอก (%)	การละลายน้ำของเมล็ดพอก (วินาที)	ความเป็นกรด-ด่าง
T1	4 [2/]	4 d [3/]	7.00 e	7.78 b
T2	4	3 d	16.00 a	7.08 c
T3	3	4 d	13.00 c	7.12 b
T4	1	65 b	14.00 b	7.71 b
T5	3	100 a	8.00 d	8.04 a
T6	3	28 c	2.00 d	7.10 c
ค่าเฉลี่ย	-	29	10.00	7.47
F-test	-	**	**	**
CV.(%)	-	23.43	1.67	3.58

หมายเหตุ: **: มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.01

[1/] T1 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$, T2 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-zeolite, T3 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-pumice, T4 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-bentonite, T5 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-talcum และ T6 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-diatomaceous earth

[2/] ค่าคะแนนการขึ้นรูปของเมล็ดพอก 1 = ยากมาก, 2 = ยาก, 3 = ปานกลาง, 4 = ง่าย และ 5 = ง่ายมาก

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

1.2.2 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม หลังผ่านการพอกเมล็ดร่วมกับวัสดุพอกชนิดที่แตกต่างกัน

เมื่อประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่ผ่านการพอกด้วยวัสดุพอกชนิดต่าง ๆ ในสภาพห้องปฏิบัติการ จากการประเมินการงอกรากแรก และความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า ในทุกรรมวิธีไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก จากนั้นตรวจสอบความเร็วในการงอกรากแรกพบว่า เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก มีความเร็วในการงอกรากแรกดีมากกว่าเมล็ดที่ผ่านการพอก แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$ เพียงอย่างเดียว เมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$-diatomaceous earth และเมื่อตรวจสอบความเร็วในการงอก เมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$-talcum มีความเร็วในการงอกสูงมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และเมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$-bentonite แต่ไม่พบความแตกต่างกันกับกรรมวิธีการอื่น ๆ (ตารางที่ 7)

ส่วนการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมในสภาพเรือนทดลอง พบว่า เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกมีการโผล่พ้นดินมากกว่าเมล็ดที่ผ่านการพอก แต่ไม่พบความแตกต่างกันกับเมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$-talcum จากนั้นตรวจสอบความเร็วในการโผล่พ้นดิน พบว่า เมล็ดที่ไม่พอกมีการโผล่พ้นดินเร็วมากกว่าการพอกเมล็ดทุกกรรมวิธีการ ส่วนการประเมินความงอกและความเร็วในการงอกพบว่า การพอกเมล็ดทุกกรรมวิธีมีความงอกและความเร็วในการงอกไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก (ตารางที่ 8)

ตารางที่ 7 การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกที่แตกต่างกัน ในการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี [1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ			
	การงอกรากแรก (%)	ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)
T1	98 [3/]	37.08 a [2/]	98	12.09 b
T2	98	32.58 ab	99	12.18 ab
T3	97	24.00 b	98	12.14 ab
T4	100	26.04 b	99	12.20 ab
T5	99	23.96 b	98	12.10 b
T6	100	27.75 b	100	12.43 a
T7	98	29.67 ab	99	12.31 ab
ค่าเฉลี่ย	98	28.73	99	12.21
F-test	ns	*	ns	*
CV.(%)	6.92	20.39	5.56	1.53

ns, *: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 ตามลำดับ

[1/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$, T3 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-zeolite, T4 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-pumice, T5 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-bentonite, T6 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-talcum และ T7 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-diatomaceous earth

[2/] แปลงข้อมูลการงอกรากแรกและความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

ตารางที่ 8 การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้น ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกที่แตกต่างกัน ในการตรวจสอบสภาพเรือนทดลอง

กรรมวิธี [1/]	สภาพเรือนทดลอง			
	การโผล่พ้นดิน (%)	ความเร็วในการโผล่พ้นดิน (ต้น/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)
T1	79 a [2/3/]	29.63 a	97	12.00
T2	39 bc	12.83 bc	92	11.36
T3	41 bc	13.50 bc	95	11.64
T4	20 cd	6.50 c	95	11.61
T5	11 d	15.08 bc	89	10.84
T6	57 ab	19.00 b	97	12.05
T7	39 bc	13.00 bc	96	11.54
ค่าเฉลี่ย	41	15.65	94	10.82
F-test	**	**	ns	ns
CV.(%)	25.84	38.74	8.46	23.24

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 และP≤0.01 ตามลำดับ

[1/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$, T3 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-zeolite, T4 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-pumice, T5 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-bentonite, T6 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-talcum และ T7 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-diatomaceous earth

[2/] แปลงข้อมูลการโผล่พ้นดินและความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

1.2.3 การเจริญเติบโตของต้นกล้าพันธุ์ผักกาดหอม หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกชนิดต่าง ๆ

เมื่อตรวจสอบความยาวต้นในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า การพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$-zeolite และ $CaSO_4$-pumice ทำให้มีความยาวต้นมากกว่าวิธีการอื่น ๆ แต่ไม่แตกต่างกันกับเมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$-talcum และ $CaSO_4$-diatomaceous earth ส่วนการพิจารณาความยาวราก พบว่า การพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$-zeolite และการพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$-diatomaceous earth มีความยาวรากสูงมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่ไม่พบความแตกต่างกับเมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$-pumice และเมื่อพิจารณาความยาวต้นกล้า พบว่า การพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$-zeolite การพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$-pumice และการพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$-diatomaceous earth ทำให้ความยาวต้นกล้ามากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการอื่น ส่วนการตรวจสอบความยาวต้นในสภาพเรือนทดลอง พบว่า การพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$-talcum มีความยาวต้นมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$-zeolite (ตารางที่ 9)

ภาพที่ 5 ลักษณะของต้นกล้าผักกาดหอมที่ผ่านการพอกด้วย CMC อัตรา 0.4% ที่ได้จากการคัดเลือกและพอกร่วมกับวัสดุพอก หลังผ่านการเพาะทดสอบในวันที่ 7 เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยมีกรรมวิธีการทดลองดังนี้ T1) เมล็ดพันธุ์ที่ไม่พอก, T2) พอกด้วย calcium sulfate ($CaSO_4$), T3) พอกด้วย $CaSO_4$-zeolite, T4) พอกด้วย $CaSO_4$-pumice, T5) พอกด้วย $CaSO_4$-bentonite, T6) พอกด้วย $CaSO_4$-talcum, และ T7) พอกด้วย $CaSO_4$-diatomaceous earth

ตารางที่ 9 ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกที่แตกต่างกัน ในการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และในสภาพเรือนทดลอง

กรรมวิธี [1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ			สภาพเรือนทดลอง
	ความยาวต้น (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร)	ความยาวต้น (เซนติเมตร)
T1	0.97 c [2/]	4.14 e	5.11 d	1.01 bc
T2	1.02 c	5.18 d	6.19 c	0.95 c
T3	1.25 a	6.81 a	8.06 a	1.09 ab
T4	1.26 a	6.68 ab	7.94 a	1.01 bc
T5	1.17 b	6.14 c	7.31 b	0.64 d
T6	1.21 ab	6.18 bc	7.39 b	1.11 a
T7	1.23 ab	6.89 a	8.11 a	1.00 bc
ค่าเฉลี่ย	1.16	6.00	7.16	0.97
F-test	**	**	**	**
CV.(%)	4.63	5.81	4.73	6.21

หมายเหตุ: **,: มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.01

[1/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$, T3 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-zeolite, T4 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-pumice, T5 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-bentonite, T6 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-talcum และ T7 = เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย $CaSO_4$-diatomaceous earth

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

2. ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม

จากการค้นหาอัตราส่วนของวัสดุประสาน และวัสดุพอกที่เหมาะสมต่อการพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ ได้ทำการคัดเลือกอัตราที่ดีที่สุดมา 1 อัตราในแต่ละวิธีการทดลองดังนี้ CMC อัตรา 0.4% ใช้เป็นวัสดุประสาน และ $CaSO_4$-zeolite เป็นวัสดุพอกที่เหมาะสมต่อการพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ จากนั้นนำสูตรสารพอกมาค้นหาชนิดและความเข้มข้นของแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชผ่านวิธีการพอกเมล็ด ซึ่งมีผลการทดลองดังนี้

2.1 การตรวจสอบคุณสมบัติของแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

2.1.1 การตรวจสอบการละลายฟอสเฟต และการผลิต IAA

จากการตรวจสอบความสามารถในการละลายฟอสเฟต และการผลิต IAA ของ *Bacillus* sp. MBI 600 (แบคทีเรียที่มาจากผลิตภัณฑ์ทางการค้า) *Stenotrophomonas* sp. (แบททีเรียที่มาจากดินรอบรากคะน้า), *Bacillus* sp. (แบคทีเรียที่มาจากเมล็ดคะน้า) *Burkholderia* sp. (แบคทีเรียที่ได้รับมาจากห้องปฏิบัติการไบโอเทคโนโลยี) และ *Enterobacter* sp. (แบคทีเรียที่ได้รับมาจากห้องปฏิบัติการไบโอเทคโนโลยี) พบว่า *Enterobacter* sp. สามารถละลายฟอสเฟต และสามารถผลิต IAA ได้มากที่สุด รองลงมาคือ *Burkholderia* sp. และ *Bacillus* MBI 600 ตามลำดับ ในขณะที่ *Stenotrophomonas* sp. สามารถผลิต IAA ได้เพียงอย่างเดียว และ *Bacillus* sp. ไม่สามารถละลายฟอสเฟต และไม่สามารถผลิต IAA ได้ (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 การละลายฟอสเฟตและการผลิต IAA ของแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

กรรมวิธี[1/]	ดัชนีการละลายฟอสเฟต	การผลิต IAA (μ/ml)
Bacillus MBI 600	1.55	0.34
Stenotrophomonas sp.	-	1.46
Bacillus sp.	-	-
Burkholderia sp.	2.80	6.98
Enterobacter sp.	3.94	9.28

2.1.2 การแช่เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

เมื่อทำการตรวจสอบความสามารถของแบคทีเรียแล้ว นำแบคทีเรียทั้ง 5 ไอโซเลท มาทดสอบความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตองต้นกล้าผักกาดหอม โดยการแช่เมล็ดพันธุ์ร่วมกับแบคทีเรีย เพื่อค้นหาชนิด และความเข้มข้นของแบคทีเรียที่เหมาะสม สำหรับนำไปใช้ในการพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ในการทดลองต่อไป

โดยเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า เมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Bacillus* MBI 600 $1x10^8$ CFU/ml มีการงอกรากแรกมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ และแตกต่างกันในทางสถิติ แต่ไม่แตกต่างกันกับเมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Bacillus* MBI 600 $1x10^6$ CFU/ml, *Burkholderia* sp. $1x10^7$ CFU/ml, *Enterobacter* sp. $1x10^6$ และ $1x10^8$ CFU/ml ส่วนการตรวจสอบความเร็วในการงอกรากแรกพบว่า เมล็ดที่ผ่านการแช่ร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีความเร็วในการงอกรากแรกมากกว่าทุกกรรมวิธีทดลอง แต่ไม่พบความแตกต่างกับเมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^7$ CFU/ml (ตารางที่ 11)

จากนั้นทำการประเมินความงอกพบว่า เมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Bacillus* MBI 600 $1x10^8$ CFU/ml มีความงอกมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ แต่ไม่พบความแตกต่างกันกับเมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Bacillus* MBI 600 $1x10^7$ CFU/ml และเมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^6$ CFU/ml อีกทั้งเมื่อพิจารณาความเร็วในการงอก พบว่า การแช่เมล็ดร่วมกับ *Bacillus* MBI 600 $1x10^8$ CFU/ml มีความเร็วในการงอกมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ แต่ไม่พบความแตกต่างกันกับเมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Bacillus* MBI 600 $1x10^6$ และ $1x10^7$ CFU/ml เมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^6$ CFU/ml เมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml, *Enterobacter* sp. $1x10^6$ และ $1x10^7$ CFU/ml (ตารางที่ 11)

เมื่อตรวจสอบความยาวต้นพบว่า การแช่เมล็ดร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml และ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีความยาวต้นที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ แต่ไม่พบความแตกต่างกับเมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^6$ CFU/ml จากนั้นทำการพิจารณาความยาวราก พบว่า เมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Bacillus* sp. $1x10^6$ CFU/ml มีความยาวรากมากกว่า และมีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีการอื่น ๆ และเมื่อตรวจสอบความยาวต้นกล้า พบว่า เมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Bacillus* sp. $1x10^6$ CFU/ml ทำให้มีความยาวต้นกล้ามากกว่า และมีความแตกต่างกันในทางสถิติกับกรรมวิธีการอื่น ๆ แต่ไม่แตกต่างกับเมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Bacillus* sp. $1x10^8$ CFU/ml จากนั้นทำการประเมินความยาวราก เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่ผ่านการแช่ร่วมกับ *Bacillus* sp. $1x10^6$ CFU/ml มีความยาวราก และความยาวต้นกล้าที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 11 การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังแช่ร่วมกับแบคทีเรียที่ 3 ชั่วโมงในอัตราที่แตกต่างกัน จากการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ			
	การงอกรากแรก (%)	ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)
T1	84 gh [2/3/]	20.92 n	83 ef	10.75 ef
T2	85 f-h	20.67 n	88 de	10.87 e
T3	98 ab	24.00 m	96 b-d	11.98 a-c
T4	96 bc	23.81 m	98 ab	12.13 ab
T5	99 a	24.67 lm	99 a	12.38 a
T6	93 cd	25.52 kl	94 b-d	11.70 a-d
T7	91 d-f	26.37 jk	89 de	11.13 de
T8	75 i	27.22 ij	76 f	9.53 g
T9	88 e-g	28.07 hi	82 ef	10.10 ef
T10	93 c-e	28.92 gh	92 d	11.48 c-e
T11	80 hi	29.77 fg	78 f	9.46 g
T12	91 d-f	30.62 ef	91 de	11.35 c-e
T13	98 ab	31.47 de	92 d	11.50 c-e
T14	91 d-f	32.32 cd	94 cd	11.73 a-d
T15	98 ab	33.18 bc	97 a-c	12.10 a-c
T16	94 cd	34.03 ab	94 b-d	11.68 a-d
T17	98 ab	34.88 a	92 d	11.50 b-d
F-test	**	**	**	**
CV.(%)	4.97	2.24	6.56	4.12

หมายเหตุ: **: มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.01

[1/] T1 = เมล็ดไม่แช่, T2 = เมล็ดที่ผ่านการแช่ด้วยน้ำ, T3 = การแช่เมล็ด+ *Bacillus* MBI 600 1x10^6 CFU/ml, T4 = การแช่เมล็ด+ *Bacillus* MBI 600 1x10^7 CFU/ml, T5 = การแช่เมล็ด+ *Bacillus* MBI 600 1x10^8 CFU/ml, T6 = การแช่เมล็ด+ *Stenotrophomonas* sp. 1x10^6 CFU/ml, T7 = การแช่เมล็ด+ *Stenotrophomonas* sp. 1x10^7 CFU/ml, T8 = การแช่เมล็ด+ *Stenotrophomonas* sp. 1x10^8 CFU/ml, T9 = การแช่เมล็ด+ *Bacillus* sp. 1x10^6 CFU/ml, T10 = การแช่เมล็ด+ *Bacillus* sp. 1x10^7 CFU/ml, T11 = การแช่เมล็ด+ *Bacillus* sp. 1x10^8 CFU/ml, T12 = การแช่เมล็ด+ *Burkholderia* sp. 1x10^6 CFU/ml, T13 = การแช่เมล็ด+ *Burkholderia* sp. 1x10^7 CFU/ml, T14 = การแช่เมล็ด+ *Burkholderia* sp. 1x10^8 CFU/ml, T15 = การแช่เมล็ด+ *Enterobacter* sp. 1x10^6 CFU/ml, T16 = การแช่เมล็ด+ *Enterobacter* sp. 1x10^7 CFU/ml และ T17 = การแช่เมล็ด+ *Enterobacter* sp. 1x10^8 CFU/ml

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

[3/] แปลงข้อมูลการงอกรากแรกและความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin

ตารางที่ 12 ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังแช่ร่วมกับแบคทีเรียที่ 3 ชั่วโมงในอัตราที่แตกต่างกัน จากการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี [1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ		
	ความยาวต้น (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร)
T1	0.91 i	3.01 f	3.92 g
T2	1.13 ef	3.07 f	4.20 f
T3	1.01 fg	3.43 e	4.43 e
T4	1.09 fg	3.33 e	4.42 e
T5	1.06 g	3.37 e	4.43 e
T6	1.21 b-d	5.76 bc	6.98 bc
T7	1.29 a	4.86 d	6.14 d
T8	1.21 b-d	5.06 cd	6.26 cd
T9	1.10 fg	6.76 a	7.86 a
T10	1.10 fg	5.89 b	6.99 bc
T11	1.21 b-d	6.00 b	7.21 ab
T12	1.21 c-e	3.66 e	4.87 e
T13	1.24 ab	3.75 e	4.99 e
T14	1.31 a	3.23 e	4.53 e
T15	1.15 d-f	3.85 e	5.00 e
T16	1.17 c-f	3.64 e	4.81 e
T17	1.21 c-e	3.43 e	4.63 e
F-test	**	**	**
CV.(%)	4.22	10.95	8.76

หมายเหตุ: **: มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.01

[1/] T1 = เมล็ดไม่แช่, T2 = เมล็ดที่ผ่านการแช่ด้วยน้ำ, T3 = การแช่เมล็ด+ *Bacillus* MBI 600 1x10^{6} CFU/ml, T4 = การแช่เมล็ด+ *Bacillus* MBI 600 1x10^{7} CFU/ml, T5 = การแช่เมล็ด+ *Bacillus* MBI 600 1x10^{8} CFU/ml, T6 = การแช่เมล็ด+ *Stenotrophomonas* sp. 1x10^{6} CFU/ml, T7 = การแช่เมล็ด+ *Stenotrophomonas* sp. 1x10^{7} CFU/ml, T8 = การแช่เมล็ด+ *Stenotrophomonas* sp. 1x10^{8} CFU/ml, T9 = การแช่เมล็ด+ *Bacillus* sp. 1x10^{6} CFU/ml, T10 = การแช่เมล็ด+ *Bacillus* sp. 1x10^{7} CFU/ml, T11 = การแช่เมล็ด+ *Bacillus* sp. 1x10^{8} CFU/ml, T12 = การแช่เมล็ด+ *Burkholderia* sp. 1x10^{6} CFU/ml, T13 = การแช่เมล็ด+ *Burkholderia* sp. 1x10^{7} CFU/ml, T14 = การแช่เมล็ด+ *Burkholderia* sp. 1x10^{8} CFU/ml, T15 = การแช่เมล็ด+ *Enterobacter* sp. 1x10^{6} CFU/ml, T16 = การแช่เมล็ด+ *Enterobacter* sp. 1x10^{7} CFU/ml และ T17 = การแช่เมล็ด+ *Enterobacter* sp. 1x10^{8} CFU/ml

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

2.2 การพอกร่วมแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

หลังจากตรวจสอบความสามารถของแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ได้ทำการคัดเลือกชนิดและอัตราที่เหมาะสมที่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอมทั้งหมด 5 ไอโซเลทที่ดีที่สุดจากในแต่ละไอโซเลท ดังนี้ *Bacillus* MBI 600 $1x10^6$ CFU/ml, *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml, *Bacillus* sp. $1x10^6$ CFU/ml, *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml เพื่อนำมาพอกร่วมกับ CMC อัตรา 0.4% สำหรับใช้เป็นวัสดุประสาน และ $CaSO_4$-zeolite สำหรับใช้เป็นวัสดุพอก โดยมีผลการทดลองดังนี้

2.2.1 คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม หลังผ่านการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรีย เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และสภาพเรือนทดลอง

จากการตรวจสอบการงอกรากแรก และความงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า ทุกกรรมวิธีการที่ผ่านการพอก ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และเมื่อตรวจสอบความเร็วในการงอกรากแรก เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกมีความเร็วในการงอกรากแรกดีที่สุด และมีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธี ส่วนการตรวจสอบความเร็วในการงอกพบว่า เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml และ *Bacillus* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีความเร็วในการงอกมากกว่าเมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml แต่ไม่พบความแตกต่างกับกรรมวิธีการอื่น ๆ (ตารางที่ 13)

จากนั้นทำการประเมินการโผล่พ้นดิน และความเร็วในการโผล่พ้นดินในสภาพเรือนทดลอง พบว่า เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และเมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Bacillus* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีการโผล่พ้นดินของต้นกล้ามากกว่า และมีความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Bacillus* sp. $1x10^6$ CFU/ml แต่ไม่พบความแตกต่างกับเมล็ดที่ผ่านการพอกในทุกกรรมวิธีการ ส่วนการตรวจสอบความงอกพบว่า ทุกกรรมวิธีการที่ผ่านการพอกร่วมกบแบคทีเรีย มีความงอกสูงมากกว่า และมีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่ไม่พบความแตกต่างกับเมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ $CaSO_4$-zeolite และเมื่อตรวจสอบความเร็วในการงอก เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Bacillus* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีความเร็วในการงอกมากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่ไม่แตกต่างกับเมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ $CaSO_4$-zeolite เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml และ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml (ตารางที่ 14)

ตารางที่ 13 การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่สายพันธุ์แตกต่างกัน จากการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี [1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ			
	การงอกรากแรก (%)	ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)
T1	97 [3/]	23.8 a [2/]	97	12.04 ab
T2	93	17.7 cd	97	11.95 ab
T3	92	17.0 d	97	11.91 ab
T4	98	19.3 c	99	12.25 a
T5	97	17.3 cd	97	11.84 ab
T6	93	17.2 cd	98	11.72 b
T7	98	21.4 b	99	12.11 a
F-test	ns	**	ns	*
CV.(%)	6.39	7.20	6.11	2.30

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ

[1/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = $CaSO_4$-zeolite, T3 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Bacillus* MBI 600 $1x10^6$ CFU/ml, T4 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml, T5 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Bacillus* sp. $1x10^6$ CFU/ml, T6 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ T7 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

[3/] แปลงข้อมูลการงอกรากแรกและความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin

ตารางที่ 14 การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้น ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่สายพันธุ์แตกต่างกัน จากการตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง

กรรมวิธี[1/]	สภาพเรือนทดลอง			
	การโผล่พ้นดิน (%)	ความเร็วในการโผล่พ้น (ต้น/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)
T1	55 a [2/3/]	9.08 a	83 b	10.29 c
T2	39 ab	6.50 ab	90 ab	11.47 ab
T3	43 ab	7.17 ab	93 a	11.09 b
T4	41 ab	6.83 ab	95 a	11.62 ab
T5	28 b	4.67 b	92 a	11.11 b
T6	42 ab	6.92 ab	93 a	11.29 ab
T7	50 a	8.25 a	97 a	11.89 a
F-test	*	*	*	*
CV.(%)	15.48	24.57	6.08	3.97

หมายเหตุ: * : มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05

[1/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = $CaSO_4$-zeolite, T3 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Bacillus* MBI 600 $1x10^6$ CFU/ml, T4 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml, T5 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Bacillus* sp. $1x10^6$ CFU/ml, T6 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ T7 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

[3/] แปลงข้อมูลการโผล่พ้นดินและความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin

2.2.2 การเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม หลังผ่านการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรีย เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และสภาพเรือนทดลอง

เมื่อตรวจสอบความยาวต้นในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า เมล็ดที่พอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีความยาวต้นสูงกว่าและมีความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่ไม่แตกต่างกันกับเมล็ดที่พอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml และเมื่อตรวจสอบความยาวราก พบว่า เมล็ดที่พอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีความยาวรากดีกว่า และมีความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่ไม่แตกต่างกับเมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ $CaSO_4$-zeolite เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วม *Bacillus* MBI 600 $1x10^6$ และ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml จากนั้นพิจารณาความยาวต้นกล้า พบว่า เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีความยาวต้นกล้ามากกว่า และมีความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่ไม่แตกต่างกับเมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Bacillus* MBI 600 $1x10^6$ และ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และเมื่อตรวจสอบความยาวต้นในสภาพเรือนทดลอง พบว่า เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter sp*. $1x10^8$ CFU/ml มีความยาวต้นกล้ามากกว่า และมีความแตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่ไม่แตกต่างกับเมล็ดที่พอกร่วมกับ $CaSO_4$-zeolite และเมล็ดที่ผ่านการพอกร่วม *Bacillus* sp. $1x10^6$ CFU/ml (ตารางที่ 15)

ตารางที่ 15 ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าของผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่สายพันธุ์แตกต่างกัน จากการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และสภาพเรือนทดลอง

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ			สภาพเรือนทดลอง
	ความยาวต้น (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร)	ความยาวต้น (เซนติเมตร)
T1	1.05 d [2/]	4.20 d	5.25 c	1.00 b
T2	1.20 c	7.13 ab	6.33 bc	1.06 ab
T3	1.24 bc	6.88 ab	8.12 ab	1.02 b
T4	1.32 ab	7.01 ab	6.33 bc	1.04 b
T5	1.22 c	6.42 c	7.77 b	1.05 ab
T6	1.36 a	6.82 b	8.18 ab	1.03 b
T7	1.35 a	7.23 a	8.44 a	1.10 a
F-test	**	**	**	*
CV.(%)	5.14	3.73	3.52	3.35

หมายเหตุ: *, **: มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ

[1/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = $CaSO_4$-zeolite, T3 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Bacillus* MBI 600 $1x10^6$ CFU/ml[8] CFU/ml, T4 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml, T5 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Bacillus* sp. $1x10^6$ CFU/ml, T6 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ T7 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

3. การเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม เมื่อเพาะทดสอบในระบบการปลูกพืชไร้ดิน

จากการค้นหาอัตราส่วนของวัสดุประสาน และวัสดุพอกที่เหมาะสมต่อการพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ ได้ทำการคัดเลือกอัตราที่ดีที่สุดมา 1 อัตราในแต่ละวิธีการทดลองดังนี้ CMC อัตรา 0.4% ใช้เป็นวัสดุประสาน และ CaSO4-zeolite เป็นวัสดุพอกที่เหมาะสมต่อการพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ และได้คัดเลือกชนิดและอัตราที่เหมาะสมที่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอมมาทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml, *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml สำหรับใช้เป็นสารออกฤทธิ์ โดยมีผลการทดลองดังนี้

3.1 การพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

3.1.1 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม หลังผ่านการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ในสภาพห้องปฏิบัติการ และเรือนทดลอง

จากผลการศึกษาการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml, *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml พบว่าส่งผลให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์ของต้นกล้าผักกาดหอมมีคุณภาพของเมล็ดพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง กล่าวคือ เมล็ดที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธีการมีเปอร์เซ็นต์การงอกรากไม่แตกต่างกันกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ ส่วนการตรวจสอบความเร็วในการงอกราก เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกจะมีความเร็วในการงอกรากที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ผ่านการพอกเพียงอย่างเดียว และการพอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml. แต่ไม่พบความแตกต่างกันเมล็ดที่พอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ และ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml. จากนั้นตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ความงอก เมล็ดที่พอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ และ *Enterobacter* sp.$1x10^8$ CFU/ml. มีความงอกของเมล็ดพันธุ์มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่พอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml. และเมื่อตรวจสอบความเร็วในการงอก เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกจะมีความเร็วในการงอกดีมากกว่าเมล็ดที่พอกในทุกกรรมวิธี แต่ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่พอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ และ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml. (ตารางที่ 1**6**)

จากผลการศึกษาการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด ส่งผลให้คุณภาพเมล็ดพันธุ์ของต้นกล้าผักกาดหอมมีคุณภาพของเมล็ดพันธุ์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง กล่าวคือ เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก สามารถทำให้การงอกรากแรก และความเร็วในการงอกรากแรกที่มากกว่าเมล็ดที่ผ่านการพอกเพียงอย่างเดียว และการพอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml. แต่ไม่พบความแตกต่างกันเมล็ดที่พอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ และ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml. จากนั้นตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ความงอก เมล็ดที่พอกร่วมกับ *Burkholderia* sp.

$1x10^8$ และ *Enterobacter* sp.$1x10^8$ CFU/ml. มีความงอกของเมล็ดพันธุ์มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่พอกเพียงอย่างเดียว และเมล็ดพันธุ์ที่พอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml. และเมื่อตรวจสอบความเร็วในการงอก เมล็ดที่พอกร่วมกับ *Enterobacter* sp.$1x10^8$ CFU/ml. จะมีความเร็วในการงอกดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่ไม่พบความแตกต่างกันในทางสถิติกับเมล็ดที่พอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml (ตารางที่ 17)

ตารางที่ 16 การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก และความเร็วในการงอกของผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่สายพันธุ์แตกต่างกัน จากการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ			
	การงอกรากแรก (%)	ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)
T1	85 [2/]	43.80 a [3/]	89 bc	21.40 a
T2	82	32.02 b	85 c	19.82 bc
T3	83	31.76 b	92 ab	19.03 c
T4	85	34.37 ab	94 a	20.17 ab
T5	86	34.44 ab	94 a	20.01 ab
F-test	ns	**	*	**
CV.(%)	14.01	13.82	5.89	6.73

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 และP≤0.01 ตามลำดับ

[1/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = $CaSO_4$-zeolite, T3 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml, T4 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ T5 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml

[2/] แปลงข้อมูลความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

ตารางที่ 17 การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้น ความงอก และความเร็วในการงอกของผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่สายพันธุ์แตกต่างกัน จากการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ			
	การโผล่พ้นดิน (%)	ความเร็วในการโผล่พ้น (ต้น/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)
T1	54 a [2/3/]	9.08 a	83 b	10.27 c
T2	39 b	6.50 b	90 ab	11.07 b
T3	41 b	6.83 b	91 ab	11.09 b
T4	43 ab	7.17 ab	92 a	11.62 ab
T5	48 ab	8.07 ab	95 a	12.11 a
F-test	*	**	*	**
CV.(%)	10.02	13.62	11.79	8.94

หมายเหตุ: *, **: มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 และP≤0.01 ตามลำดับ

[1/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = $CaSO_4$-zeolite, T3 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml, T4 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ T5 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml

[2/] แปลงข้อมูลความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

3.1.2 การเจริญเติบโตของต้ากล้าผักกาดหอม หลังผ่านการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ในสภาพห้องปฏิบัติการ และเรือนทดลอง

จากผลการศึกษาการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ *Stenotrophomonas* sp. 1x10^{7} CFU/ml, *Burkholderia* sp. 1x10^{8} CFU/ml และ *Enterobacter* sp. 1x10^{8} CFU/ml พบว่าส่งผลให้การเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอมมีการเจริญเติบโตอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง กล่าวคือเมล็ดที่พอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. 1x10^{8} และ *Enterobacter* sp. 1x10^{8} CFU/ml ในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง มีการเจริญเติบโตของต้นกล้ามากที่สุด โดยการพอกเมล็ดร่วมกับ *Burkholderia* sp. 1x10^{8} และ *Enterobacter* sp. 1x10^{8} CFU/ml ส่งผลให้มีความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าในสภาพห้องปฏิบัติการ ดีกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่ไม่พบความแตกต่างกับเมล็ดที่พอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* 1x10^{7} CFU/ml อีกทั้งการพอกเมล็ดร่วมกับ *Enterobacter* sp. 1x10^{8} CFU/ml ยังทำให้มีความยาวต้นดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่ไม่แตกต่างกับเมล็ดที่พอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. 1x10^{7} และ *Burkholderia* sp. 1x10^{8} CFU/ml เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง (ตารางที่ 18)

ตารางที่ 18 ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าของผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่สายพันธุ์แตกต่างกัน จากการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และสภาพเรือนทดลอง

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ			สภาพเรือนทดลอง
	ความยาวต้น (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร)	ความยาวต้น (เซนติเมตร)
T1	1.05 c [2/3/]	5.45 bc	6.50 bc	1.02 bc
T2	1.13 b	4.77 c	5.90 c	1.10 c
T3	1.35 ab	5.96 ab	7.31 ab	1.50 ab
T4	1.71 a	6.00 a	7.71 a	1.54 ab
T5	1.77 a	6.02 a	7.79 a	1.61 a
F-test	**	**	**	**
CV.(%)	8.44	14.21	10.59	8.41

หมายเหตุ: **: มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.01

[1/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = $CaSO_4$-zeolite, T3 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. 1x10^7 CFU/ml, T4 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. 1x10^8 CFU/ml และ T5 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. 1x10^8 CFU/ml

[2/] แปลงข้อมูลความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

3.2 การเจริญเติบโตของต้นกล้าพันธุ์ผักกาดหอม หลังผ่านการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เมื่อทดสอบในระบบการปลูกไร้ดิน

จากการประเมินความยาวต้น หลังเพาะทดสอบในระบบการปลูกไร้ดินพบว่า ในวันที่ 7 หลังจากการเพาะทดสอบ การพอกเมล็ดร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$, *Burkholderia* sp. $1x10^8$ และ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีความยาวต้นดีมากกว่าเมล็ดที่ผ่านการพอก แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติ เมล็ดที่พอกเพียงอย่างเดียว และเมื่อตรวจสอบหลังเพาะ 14 วัน เมล็ดที่พอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีความยาวต้นมากกว่า เมล็ดที่พอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ และ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml แต่ไม่ต่างกันทางสถิติ แต่เมื่อตรวจสอบความยาวต้นในวันที่ 21 พบว่า ทุกกรรมวิธีการไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก จากนั้นทำการตรวจสอบความยาวต้นในวันที่ 28 เมล็ดที่พอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีความยาวต้นมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่ไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่พอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ และ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และเมื่อตรวจสอบในวันที่ 35 พบว่า เมล็ดที่พอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml ยังคงมีความยาวต้นที่มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่พอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และการตรวจสอบในวันที่ 42 และ 45 เมล็ดที่พอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีความยาวต้นดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก (ตารางที่ 19)

จากผลการศึกษาการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด ในระบบไฮโดรโพนิกในวันที่ 45 หลังเพาะ ส่งผลให้การน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมมีน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง กล่าวคือเมล็ดที่พอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ และ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของผักกาดหอมมากที่สุด โดยการพอกเมล็ดร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ และ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml ส่งผลให้มีน้ำหนักสดต้น น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักสดราก น้ำหนักแห้งรากดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบในทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก (ตารางที่ 20)

ตารางที่ 19 ความยาวต้นของผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่สายพันธุ์แตกต่างกัน ในการตรวจสอบในระบบปลูกไร้ดิน

กรรมวิธี[1/]	ความยาวต้น (เซนติเมตร)						
	7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน	35 วัน	42 วัน	45 วัน
T1	1.10 c[2/3/]	6.50 b	12.14	14.56 b	16.84 c	18.12 d	18.21 d
T2	1.15 ab	6.48 b	11.21	15.17 ab	17.77 bc	19.18 c	19.22 c
T3	1.23 a	7.11 ab	12.08	15.89 ab	18.24 b	20.09 bc	20.15 b
T4	1.26 a	7.32 a	12.41	15.98 ab	18.59 ab	20.11 b	20.18 b
T5	1.25 a	7.01 ab	12.33	16.41 a	19.87 a	22.21 a	22.26 a
F-test	**	*	ns	**	*	*	*
CV.(%)	8.32	13.82	15.89	16.23	17.21	17.98	19.21

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 และP≤0.01 ตามลำดับ

[1/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = $CaSO_4$-zeolite, T3 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml, T4 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ T5 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml

[2/] แปลงข้อมูลความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

ตารางที่ 20 น้ำหนักสดต้น น้ำหนักสดราก น้ำหนักแห้งต้น และน้ำหนักแห้งรากของผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตที่สายพันธุ์แตกต่างกัน ในการตรวจสอบในระบบปลูกไร้ดิน ที่อายุ 45 วันหลังเพาะทดสอบ

กรรมวิธี[1/]	น้ำหนักสดต้น (กรัม)	น้ำหนักแห้งต้น (กรัม)	น้ำหนักสดราก (กรัม)	น้ำหนักแห้งราก (กรัม)
T1	6.26±2.15 c [2/]	0.41±0.90 b	3.87±2.49 bc	0.19±0.01 c
T2	6.21±1.58 c	0.44±0.73 b	3.73±0.72 c	0.35±0.92 bc
T3	7.94±1.36 b	0.57±0.41 b	4.44±0.81 b	0.43±0.47 b
T4	8.54±2.41 a	0.62±0.37 a	4.49±0.67 a	0.49±0.18 a
T5	8.48±2.13 a	0.60±0.89 a	4.51±1.23 a	0.50±0.65 a
F-test	**	**	**	**
CV.(%)	4.41	10.59	5.24	6.21

หมายเหตุ: **: มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.01

[1/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = $CaSO_4$-zeolite, T3 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. 1x10^7 CFU/ml, T4 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. 1x10^8 CFU/ml และ T5 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. 1x10^8 CFU/ml

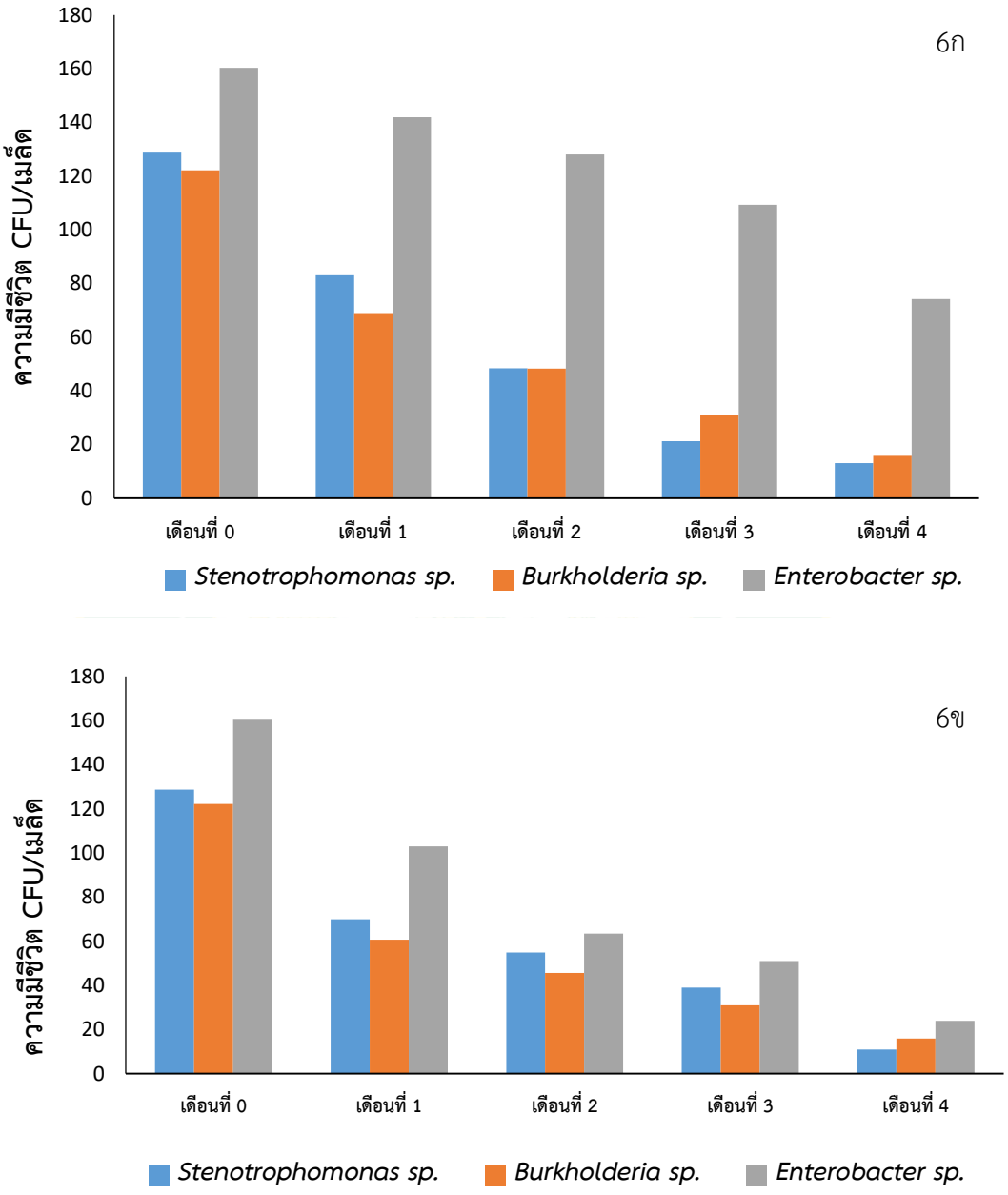
[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

4. ผลของสูตรการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่เหมาะสมต่อความมีชีวิตของแบคทีเรีย และอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอก ในสภาพการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน

หลังจากคัดเลือก CMC อัตรา 0.4% ใช้เป็นวัสดุประสาน และ $CaSO_4$-zeolite วัสดุพอก และได้คัดเลือกแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอมมาทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml, *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml สำหรับใช้เป็นสารออกฤทธิ์ จากนั้นนำมาทดสอบคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่แตกต่างกัน อีกทั้งยังศึกษาความมีชีวิตของแบคทีเรียที่ติดอยู่กับก้อนพอกหลังการเก็บรักษา โดยมีผลการทดลองดังนี้

4.1 ผลความมีชีวิตของแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม หลังผ่านการพอกร่วมกับเมล็ดผักกาดหอม เมื่อเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันเป็นเวลา 4 เดือน

หลังจากการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับแบคทีเรีย แล้วนำมาเก็บรักษาในสภาพที่แตกต่างกัน จากนั้นตรวจสอบการงอกราก ทุก ๆ 1 เดือน เป็นเวลา 4 เดือน เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml หลังการทดสอบพบว่า มีโคโลนีของ *Enterobacter* sp. เกิดขึ้นมากกว่ากรรมวิธีการอื่น ๆ อีกทั้งในแต่ละเดือนเมล็ดที่พอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml ยังมีแนวโน้มการลดลงของแบคทีเรียที่น้อยกว่ากรรมวิธีการอื่น ๆ รองลงมาคือ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ และ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml ที่ในก้อนพอกพบความมีชีวิตของแบคทีเรียมีน้อยกว่าเมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml และยังมีแนวโน้มการลดลงของแบคทีเรียอย่างรวดเร็วถึงแม้จะเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมก็ตาม (ภาพที่ 6ก) จากนั้นตรวจสอบความมีชีวิตของแบคทีเรียที่อยู่ในก้อนพอก จากการเก็บรักษาสภาพไม่ควบคุมนาน 4 เดือน พบว่า การพอกเมล็ดร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีโคโลนีของแบคทีเรียที่มากกว่าเมล็ดที่พอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ และ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml ถึงแม้จะแนวโน้มการลดลงของโคโลนีอย่างรวดเร็วในแต่ละเดือน เมื่อเปรียบเทียบกับสภาพที่ควบคุมอุณหภูมิ (ภาพที่ 6ข)



ภาพที่ 6 ความมีชีวิตของแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือนในการเก็บรักษาสภาพควบคุม (6ก) และความมีชีวิตของแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือนในการเก็บรักษาสภาพไม่ควบคุม (6ข)

4.2 การพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์เมื่อเก็บรักษาในสภาพที่แตกต่างกันเป็นเวลา 12 เดือน

4.2.1 คุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บรักษา เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

หลังจากการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับแบคทีเรีย แล้วนำมาเก็บรักษาในสภาพที่แตกต่างกัน จากนั้นตรวจสอบการงอกราก ทุก ๆ 2 เดือน เป็นเวลา 12 เดือน เมื่อตรวจสอบการงอกรากที่ผ่านการเก็บรักษาทั้งในสภาพที่ควบคุม และไม่ควบคุมพบว่า เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกมีการงอกรากมากกว่าและแตกต่างกันทางสถิติกับวิธีการอื่น ๆ ตลอดระยะเวลา 12 เดือน โดยการเก็บรักษาเมล็ดทั้งในสภาพควบคุม และไม่ควบคุมในเดือนที่ 6 จะเห็นได้ว่าเมล็ดเริ่มมีการงอกรากเฉลี่ยลดลงอยู่ที่ประมาณ 81 % แต่เมื่อผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 8 จะเห็นได้ว่าการงอกรากของเมล็ด เริ่มมีความแตกต่างโดยเมล็ดที่เก็บรักษาในสภาพควบคุมจะยังมีค่าเฉลี่ยการงอกรากอยู่ที่ประมาณ 80% ในขณะที่เมล็ดที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมในเดือนที่ 8 จะมีค่าเฉลี่ยการงอกรากลดลงมาอยู่ที่ 67% และการงอกรากยังมีการลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกับเมล็ดที่เก็บรักษาในสภาพควบคุม (ตารางที่ 21)

จากการเปรียบเทียบความเร็วในการงอกราก หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุม และไม่ควบคุมพบว่า ความเร็วในการงอกไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบในทางสถิติตลอดระยะเวลา 12 เดือน แต่จะพบแนวโน้มความเร็วในการงอกรากที่ลดลง โดยการเก็บรักษาเมล็ดในสภาพควบคุมในเดือนที่ 2 จะเห็นได้ว่าเมล็ดเริ่มมีความเร็วในการงอกรากเฉลี่ยลดลงอยู่ที่ประมาณ 18.44 ราก/วัน ในขณะที่เมล็ดที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมในเดือนที่ 2 จะมีค่าเฉลี่ยความเร็วในการงอกรากลดลงมาอยู่ที่ 17.02 ราก/วัน อีกทั้งยังมีความเร็วในการงอกรากที่ลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในสภาพควบคุมเป็นเวลา 12 เดือน (ตารางที่ 22)

ตารางที่ 21 ความงอกราก ในสภาพห้องปฏิบัติการของต้นกล้าผักกาดหอม ที่พอกร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่ชนิดแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

กรรมวิธี [1/]	การงอกราก (%)						
	0	2	4	6	8	10	12
การเก็บรักษาสภาพควบคุม							
T1	96 a [2/3/]	97 a	95 a	87 a	84	78 a	55 a
T2	93 b	92 b	90 b	79 b	75	59 c	38 c
T3	92 b	92 b	91 b	80 b	76	62 bc	48 b
T4	92 b	93 b	92 b	81 b	78	63 b	47 b
T5	94 ab	94 ab	93 ab	80 b	79	65 ab	50 ab
F-test	**	**	*	*	ns	*	*
CV.(%)	6.39	6.45	6.32	6.10	5.62	5.36	5.68
การเก็บรักษาสภาพไม่ควบคุม							
T1	96 a	93	92	82	72 a	50 a	42 a
T2	93 b	91	91	80	63 b	41 b	30 b
T3	92 b	94	93	80	69 b	46 b	34 b
T4	92 b	93	92	81	65 b	45 b	35 b
T5	94 ab	92	91	82	66 b	47 ab	34 b
F-test	**	ns	ns	ns	*	*	*
CV.(%)	6.39	6.54	6.84	6.12	5.32	5.16	5.41

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 และP≤0.01 ตามลำดับ

[11/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = $CaSO_4$-zeolite, T3 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml, T4 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ T5 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml

[2/] แปลงข้อมูลการงอกรากก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

ตารางที่ 22 ความเร็วในการงอกราก ในสภาพห้องปฏิบัติการของต้นกล้าผักกาดหอม ที่พอกร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่ชนิดแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

กรรมวิธี [1/]	ความเร็วในการงอกราก (ราก/วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
การเก็บรักษาสภาพควบคุม							
T1	22.31 [2/]	21.37 a	20.21	19.14 a	17.12	14.55	12.33
T2	18.47	17.61 b	16.15	15.94 c	14.23	13.11	11.12
T3	18.75	17.34 b	16.44	15.74 c	14.33	13.74	11.52
T4	18.12	17.84 b	16.39	15.89 c	14.39	13.87	11.59
T5	18.22	18.04 b	16.87	16.32 b	14.47	13.98	11.84
F-test	ns	**	ns	*	ns	ns	ns
CV.(%)	6.33	7.20	8.21	6.23	7.11	7.45	7.51
การเก็บรักษาสภาพไม่ควบคุม							
T1	22.31	20.02 a	19.65	18.11 a	16.08 a	13.23	11.12
T2	18.47	16.18 b	15.64	14.30 c	14.10 b	11.44	10.01
T3	18.75	16.12 b	15.44	15.02 b	14.23 b	12.41	10.23
T4	18.12	16.13 b	15.67	15.18 b	14.38 b	12.55	10.26
T5	18.22	16.67 b	15.93	15.23 b	14.52 b	12.58	10.48
F-test	ns	*	ns	*	*	ns	ns
CV.(%)	6.33	6.12	6.41	6.13	6.20	6.27	6.32

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 และP≤0.01 ตามลำดับ

[1/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = $CaSO_4$-zeolite, T3 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml, T4 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ T5 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

เมื่อเปรียบเทียบความงอก หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุม พบว่า เมล็ดที่ผ่านการพอกเมล็ดร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีความงอกมากกว่าวิธีการอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติกับการพอกเมล็ดร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml เมื่อตรวจสอบตลอดระยะเวลา 12 เดือน ส่วนเมล็ดที่ผ่านการเก็บรักษาสภาพไม่ควบคุม เมื่อตรวจสอบเป็นเวลา 12 เดือน จะพบว่า เมล็ดที่ผ่านการพอกเมล็ดร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีความงอกดีมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการพอก โดยเมื่อตรวจสอบค่าเฉลี่ยความงอกในแต่ละเดือนที่ทดสอบ จะพบว่าการเก็บรักษาเมล็ดในสภาพควบคุมในเดือนที่ 6 เมล็ดเริ่มมีความงอกลดลงเฉลี่ยอยู่ที่ 83 % ในขณะที่เมล็ดที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมในเดือนที่ 4 จะมีค่าเฉลี่ยความงอกอยู่ที่ 84 % อีกทั้งยังมีความงอกที่ลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในสภาพควบคุมเป็นเวลา 12 เดือน (ตารางที่ 23)

หลังจากเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพที่ควบคุม พบว่า เมล็ดที่ผ่านการพอกเมล็ดร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีความเร็วในการงอกดีมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก หลังตรวจสอบเป็นระยะเวลา 12 เดือน ส่วนเมล็ดที่ผ่านการเก็บรักษาสภาพไม่ควบคุม เมื่อตรวจสอบเป็นเวลา 12 เดือน จะพบว่า เมล็ดที่ผ่านการพอกเมล็ดร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีความเร็วในการงอกมากกว่าวิธีการอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างทางสถิติกับการพอกเมล็ดร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml นอกจากนี้เมื่อตรวจสอบความเร็วในการงอกองเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาพควบคุมเดือนที่ 6 จะพบว่าเมล็ดมีความเร็วในการงอกเฉลี่ยอยู่ที่ 20.28 ต้น/วัน ในขณะที่เมล็ดที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมในเดือนที่ 6 จะมีค่าเฉลี่ยความเร็วในการงอกอยู่ที่ 17.13 ต้น/วัน อีกทั้งยังมีความเร็วในการงอกที่ลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในสภาพควบคุมเป็นเวลา 12 เดือน (ตารางที่ 24)

ตารางที่ 23 ความงอก ในสภาพห้องปฏิบัติการของต้นกล้าผักกาดหอม ที่พอกร่วมกับจุลินทรีย์ ในชนิดที่แตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

กรรมวิธี [1/]	ความงอก (%)						
	0	2	4	6	8	10	12
การเก็บรักษาสภาพควบคุม							
T1	98 [2/]	96 b [3/]	96	80 b	71 b	67 b	52 b
T2	96	96 b	95	82 b	70 c	69 b	54 b
T3	98	97 ab	97	83 b	72 b	69 b	52 b
T4	97	97 ab	96	84 ab	78 ab	70 ab	56 ab
T5	99	98 a	97	88 a	79 a	72 a	59 a
F-test	ns	**	ns	*	*	*	*
CV.(%)	8.76	4.40	8.65	4.22	5.02	5.10	3.02
การเก็บรักษาสภาพไม่ควบคุม							
T1	98	95	83	71	55 c	45 c	28 c
T2	96	94	84	70	64 b	52 b	37 b
T3	98	97	85	71	65 b	53 b	38 b
T4	97	96	85	70	67 ab	58 ab	41 b
T5	99	96	84	71	69 a	59 a	47 a
F-test	ns	ns	ns	ns	*	*	*
CV.(%)	8.76	6.03	8.98	8.20	6.13	5.24	7.16

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 และP≤0.01 ตามลำดับ

[1/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = $CaSO_4$-zeolite, T3 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml, T4 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ T5 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml

[2/] แปลงข้อมูลความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin

[3/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

ตารางที่ 24 ความเร็วในการงอกในสภาพห้องปฏิบัติการของเมล็ดผักกาดหอม ที่พอกร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่ชนิดแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

กรรมวิธี [1/]	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)						
	0	2	4	6	8	10	12
การเก็บรักษาสภาพควบคุม							
T1	22.32	21.41	21.56	20.19	19.18	17.52	15.33 b
T2	21.20	20.65	20.64	20.01	19.13	16.23	15.34 b
T3	21.24	20.45	20.32	20.10	22.21	17.14	15.21 b
T4	21.11	20.44	20.36	20.12	21.56	17.22	15.28 b
T5	21.62	21.02	20.74	21.01	22.54	17.30	16.19 a
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
CV.(%)	3.21	3.44	3.30	3.02	2.13	5.41	7.23
การเก็บรักษาสภาพไม่ควบคุม							
T1	22.32	21.02	20.98	18.18	13.89	12.46	7.59 c
T2	21.20	21.11	20.74	17.09	16.33	14.14	10.20 b
T3	21.24	21.23	20.85	16.11	15.42	14.03	10.01 b
T4	21.11	21.17	20.87	17.12	16.18	13.19	11.23 ab
T5	21.62	21.25	20.89	17.16	16.24	14.05	11.34 a
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
CV.(%)	3.21	3.65	3.71	3.42	4.42	5.17	6.32

หมายเหตุ: ns, *: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 ตามลำดับ

[1/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = $CaSO_4$-zeolite, T3 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml, T4 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ T5 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

4.22 การเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และเรือนทดลอง

จากการเปรียบเทียบความยาวต้น หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมและไม่ควบคุมพบว่า เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีความยาวต้นดีมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก หลังตรวจสอบตลอดระยะเวลา 12 เดือน โดยเมื่อตรวจสอบในแต่ละเดือนจะพบว่า การเก็บรักษาเมล็ดในสภาพควบคุมในเดือนที่ 10 จะเห็นได้ว่าความยาวต้นเริ่มมีการลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเปรียบเทียบกับเดือนที่ก่อนหน้า ในขณะที่เมล็ดที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมจะเริ่มเห็นการลดลงของความยาวต้นในเดือนที่ 8 เมื่อทำการทดสอบ นอกจากนี้เมล็ดที่เก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมยังมีความยาวต้นที่ลดลงเร็วกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในสภาพควบคุมเป็นเวลา 12 เดือน (ตารางที่ 25)

เมื่อเปรียบเทียบความยาวราก หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุม และไม่ควบคุมพบว่า เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีความยาวต้นดีมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก หลังตรวจสอบในระยะเวลา 12 เดือน โดยเมื่อตรวจสอบในแต่ละเดือนจะพบว่า การเก็บรักษาเมล็ดทั้งในสภาพควบคุม และไม่ควบคุมในเดือนที่ 6 จะเห็นได้ชัดว่าความยาวรากเริ่มมีการลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเปรียบเทียบกับเดือนที่ก่อนหน้า แต่เมื่อตรวจสอบจบครบ 12 เดือนจะพบว่า เมล็ดที่เก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมจะมีความยาวรากที่ลดลงเร็วกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในสภาพควบคุม (ตารางที่ 26)

หลังจากตรวจสอบความยาวต้นกล้า หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่ควบคุมและไม่ควบคุมพบว่า เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีความยาวต้นกล้าดีมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก หลังตรวจสอบตลอดระยะเวลา 12 เดือน โดยเมื่อตรวจสอบในแต่ละเดือนจะพบว่า การเก็บรักษาเมล็ดในสภาพควบคุมในเดือนที่ 6 จะเห็นได้ว่าความยาวต้นกล้าเริ่มมีการลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเปรียบเทียบกับเดือนที่ก่อนหน้า ในขณะที่เมล็ดที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมจะเริ่มเห็นการลดลงของความยาวต้นในเดือนที่ 2 เมื่อทำการทดสอบ นอกจากนี้เมล็ดที่เก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมยังมีความยาวต้นที่ลดลงเร็วกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในสภาพควบคุมเป็นเวลา 12 เดือน (ตารางที่ 27)

ตารางที่ 25 ความยาวต้น ในสภาพห้องปฏิบัติการของต้นกล้าผักกาดหอม ที่พอกร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่ชนิดแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

กรรมวิธี [1/]	ความยาวต้น (เซนติเมตร)						
	0	2	4	6	8	10	12
การเก็บรักษาสภาพควบคุม							
T1	1.08 b[2/]	1.10 c	1.02 d	1.09 c	0.87 e	0.75 d	0.71 d
T2	1.14 b	1.23 b	1.16 c	1.15 bc	1.03 d	0.98 c	0.94 c
T3	1.21 b	1.22 b	1.19 c	1.18 bc	1.10 c	1.02 c	0.96 c
T4	1.25 a	1.26 b	1.24 b	1.23 b	1.12 b	1.04 b	1.01 b
T5	1.27 a	1.34 a	1.29 a	1.26 a	1.15 a	1.07 a	1.03 a
F-test	*	**	*	*	*	*	**
CV.(%)	3.45	3.20	3.48	3.22	3.08	3.12	3.05
การเก็บรักษาสภาพไม่ควบคุม							
T1	1.08 b [2/]	0.94 b	0.98 d	0.94 c	0.77 c	0.62 c	0.54 d
T2	1.14 b	1.19 b	1.11 c	1.12 b	0.94 bc	0.86 bc	0.73 c
T3	1.21 b	1.18 b	1.16 bc	1.14 b	0.97 b	0.87 bc	0.79 bc
T4	1.25 a	1.21 b	1.19 b	1.14 b	0.99 b	0.94 b	0.80 b
T5	1.27 a	1.23 a	1.20 a	1.19 a	1.05 a	0.98 a	0.82 a
F-test	*	*	*	*	*	**	**
CV.(%)	3.45	4.03	3.65	3.84	3.24	3.07	3.12

หมายเหตุ: *, **: มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 และP≤0.01 ตามลำดับ

[1/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = $CaSO_4$-zeolite, T3 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml, T4 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ T5 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

ตารางที่ 26 ความยาวราก ในสภาพห้องปฏิบัติการของต้นกล้าผักกาดหอม ที่พอกร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่ชนิดแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

กรรมวิธี [1/]	ความยาวราก (เซนติเมตร)						
	0	2	4	6	8	10	12
การเก็บรักษาสภาพควบคุม							
T1	5.54	5.34 b [2/]	5.23 d	4.32 c	4.25 c	4.11 d	4.03 c
T2	6.79	6.68 b	6.45 c	5.49 bc	5.36 bc	5.13 c	5.01 b
T3	6.67	6.76 ab	6.54 bc	5.60 b	5.42 b	5.20 b	5.13 b
T4	6.71	6.76 ab	6.59 b	5.67 b	5.59 b	5.34 b	5.16 b
T5	6.84	6.86 a	6.66 a	5.71 a	5.68 a	5.46 a	5.21 a
F-test	ns	**	*	**	*	*	*
CV.(%)	4.77	4.31	4.12	4.06	4.14	4.22	4.09
การเก็บรักษาสภาพไม่ควบคุม							
T1	5.54	5.25 c	5.19 d	4.14 d	3.50 e	3.06 d	2.95 d
T2	6.79	6.61 b	6.24 c	5.37 c	4.13 d	3.89 c	3.25 cd
T3	6.67	6.73 b	6.48 b	5.42 b	4.56 c	3.94 bc	3.49 bc
T4	6.71	6.74 b	6.61 b	5.46 b	4.84 b	3.98 b	3.55 b
T5	6.84	6.81 a	6.74 a	5.64 a	4.87 a	4.02 a	3.61 a
F-test	ns	*	**	**	*	*	*
CV.(%)	4.77	4.32	4.35	4.24	4.11	4.46	4.15

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 และP≤0.01 ตามลำดับ

[1/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = $CaSO_4$-zeolite, T3 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml, T4 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ T5 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

ตารางที่ 27 ความยาวต้นกล้า ในสภาพห้องปฏิบัติการของต้นกล้าผักกาดหอม ที่พอกร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชที่ชนิดแตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน

กรรมวิธี [1/]	ความยาวต้นกล้า (เซนติเมตร)						
	0	2	4	6	8	10	12
การเก็บรักษาสภาพควบคุม							
T1	6.62 b [2/]	6.44 c	6.25 c	5.41 d	5.12 e	4.86 d	4.74 d
T2	7.93 b	7.91 b	7.61 bc	6.64 c	6.39 d	6.11 c	5.95 c
T3	7.88 b	7.96 b	7.73 bc	6.79 b	6.62 c	6.22 bc	6.12 b
T4	7.96 a	8.02 ab	7.83 b	6.90 b	6.71 b	6.38 b	6.19 b
T5	8.11 a	8.20 a	7.95 a	6.97 a	6.83 a	6.53 a	6.24 a
F-test	*	**	**	*	*	*	*
CV.(%)	4.37	4.51	4.56	4.21	4.11	4.32	4.38
การเก็บรักษาสภาพไม่ควบคุม							
T1	6.62 b	5.92 c	5.42	5.08 d	4.27 d	3.68 c	3.49 c
T2	7.93 a	6.30 b	6.47	6.49 c	5.01 c	4.75 bc	3.98 b
T3	7.88 ab	6.34 b	6.10	6.56 b	5.58 b	4.91 b	4.28 b
T4	7.96 a	6.40 ab	6.39	6.53 b	5.90 b	4.96 b	4.36 b
T5	8.11 a	7.43 a	6.98	6.83 a	5.92 a	5.00 a	4.43 a
F-test	*	*	ns	**	**	*	*
CV.(%)	4.54	4.32	4.25	4.17	4.18	4.34	4.26

หมายเหตุ: ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และมีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 และP≤0.01 ตามลำดับ

[1/] T1 = เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2 = $CaSO_4$-zeolite, T3 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml, T4 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ T5 = เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml

[2/] อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองค้นหาชนิดของวัสดุประสาน และวัสดุพอกที่เหมาะสมในการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับแบคทีเรียและการเก็บรักษาในสภาพที่แตกต่างกัน รวมไปถึงการทดสอบความชีวิตของแบคทีเรีย ซึ่งจากผลการศึกษามีผลการทดลองที่แตกต่างกันทำให้มีผลการวิจารณ์ดังนี้

1. ชนิดของวัสดุพอก วัสดุประสาน และอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ต่อการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม และคุณภาพเมล็ดหลังการพอก

1.1 ผลของชนิด และอัตราส่วนของวัสดุประสานสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

ในการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาชนิดและอัตราส่วนของวัสดุประสานที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม โดยได้คัดเลือกวัสดุประสานที่เหมาะสมที่มีคุณสมบัติสามารถใช้เป็นองค์ประกอบในการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม และเมื่อนำไปตรวจสอบคุณสมบัติของวัสดุประสานพบว่า อัตราที่ใช้ในการทดสอบนั้นมีผลเป็นอย่างมากกับคุณภาพหลังการพอกของเมล็ดพันธุ์ โดยการใช้ MHEC ที่อัตรา 0.3% และ 0.4% ทำให้ลักษณะทางกายภาพของก้อนพอกมีความกร่อนมาก และละลายน้ำได้เร็ว ซึ่งเป็นอัตราที่ไม่เหมาะสำหรับการนำมาเป็นวัสดุประสาน เนื่องจากเกิดการกร่อนได้ง่าย อีกทั้งเมื่อใช้พอลิเมอร์ในอัตราที่เพิ่มขึ้นเช่น การพอกเมล็ดร่วมกับ MHEC อัตรา 1.0% ทำให้ก้อนพอกมีความกร่อนต่ำ แต่จะทำให้ก้อนพอกมีการละลายน้ำที่ช้า ไม่เหมาะสำหรับการนำมาใช้เป็นวัสดุประสาน แต่จากการศึกษาจะเห็นได้ว่าการพอกเมล็ดร่วมกับ CMC ที่อัตรา 0.4% เป็นอัตราที่เหมาะสมต่อการนำไปพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากทำให้มีลักษณะทางกายภาพของก้อนพอกที่ดี ขึ้นรูปได้ง่าย มีความกร่อนต่ำ อีกทั้งยังสามารถละลายน้ำได้ในช่วงเวลาที่เหมาะสม ทั้งนี้ CMC เป็นอนุพันธ์เซลลูโลสที่ประกอบด้วย 3 หมู่ ของ Hydroxyl group จึงทำให้โครงสร้างของวัสดุประสานทั้ง 2 ชนิด มีโมเลกุลของเซลลูโลสมาเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวแบบเชิงเส้น ทำให้มีโครงสร้างเป็นร่างแห (Rowe et al., 2009) ทำให้วัสดุพอกมีการรวมตัวกับเมล็ดที่เหนียวแน่น เป็นก้อนพอกที่สมบูรณ์ จึงไม่พบความกร่อนของวัสดุพอก จากคุณสมบัติที่มีโครงสร้างเป็นร่างแหทำให้เกิดการเชื่อมยึดกันอย่างแน่นหนา (บุญมี, 2558) ในขณะที่ MHEC ที่เป็นองค์ประกอบของอนุพันธ์เซลลูโลสสายยาวประกอบด้วย 27-32 เปอร์เซ็นต์ ของ Hydroxyl group (ดวงกมล และเตชิษฐ์, 2549) และจากโครงสร้างเป็นร่างแหทำให้เกิดการเชื่อมยึดกันอย่างแน่นหนา (บุญมี, 2558) ทำให้เมื่อมีการใช้ในอัตราที่สูง ก้อนพอกจึงมีความกร่อนต่ำ แต่มีการละลายช้าน้ำได้ช้า เมื่อเปรียบเทียบกับการพอกเมล็ดร่วมกับ CMC ที่สามารถละลายน้ำได้ดีกว่า แม้จะมีการใช้ CMC ในอัตราที่เพิ่มขึ้นถึง 0.6%

อีกทั้งการพอกเมล็ดร่วมกับ CMC ที่อัตรา 0.4% ที่สามารถละลายได้ดี เพราะ CMC ถูกจัดเป็นพอลิเมอร์ที่ละลายน้ำได้ (Rowe et al., 2009) จึงไม่มีผลขัดขวางต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ด (จักรพงษ์, 2563) ทำให้เมล็ดพันธุ์ได้รับความชื้น และอากาศได้ดี ไม่ขัดขวางต่อกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์ ทำให้การพอกเมล็ดร่วมกับ CMC อัตรา 0.4% มีการงอก ความเร็วในการงอก และลักษณะการเจริญเติบโตที่ดี เมื่อตรวจสอบทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการ และเรือนทดลอง โดยมีรายงานของ จักรพงษ์ และบุญมี (2558) ยังรายงานเพิ่มเติมว่า การใช้ CMC เป็นวัสดุประสานที่ความเข้มข้น 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 กรัม สำหรับพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม พบว่า ไม่มีผลกระทบต่อความงอกและความเร็วในการงอกเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอก นอกจากนี้ยังมีการทดลองของ Shashibhaskar et al. (2011) ได้ทำการศึกษาการพอกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศพันธุ์ CV.PKM-1 ด้วย zinc sulfate พบว่า เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกมีการเจริญเติบโตและผลผลิตสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ไม่พอก นอกจากนี้ Soulange and Levantard (2008) รายงานว่าในระหว่างการทดสอบความงอก สังเกตเห็นได้ว่า เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ผ่านการพอกต้นกล้า จะมีใบสีเขียวและมีขนาดใหญ่กว่าต้นกล้าที่เกิดจากเมล็ดพันธุ์ไม่พอก ซึ่งไม่สอดคล้องกับการรายงานของ ศศิประภา และบุญมี (2561) พบว่า การพอกเมล็ดผักกาดหอมด้วย MHEC 0.3% มีความยาวรากสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอก

1.2 ผลของชนิดวัสดุพอกที่เหมาะสมสำหรับการพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

จากการค้นหาชนิดและอัตราของวัสดุประสานที่เหมาะสมต่อการพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม จากนั้นทำการคัดเลือกสูตรที่ดีที่สุดมา 1 สูตร คือ CMC อัตรา 0.4% นำมาใช้เป็นวัสดุประสานสำหรับค้นหาชนิดของวัสดุพอก โดยมีเกณฑ์การคัดเลือกวัสดุพอกที่สามารถหาซื้อได้ง่ายและราคาไม่แพง มาเป็นวัสดุพอกทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ Calcium sulfate ($CaSO_4$), Zeolite, Pumice, Bentonite, Talcum และ Diatomaceous earth โดยการพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$ ที่มีอนุภาคขนาด 79 ไมครอน (Chindaprasir et al., 2011) ทำให้มี $CaSO_4$ ความพรุน และมีการขยายตัวของอนุภาคที่สูง (พัลดา, 2552) เมื่อนำ $CaSO_4$ มาพอกร่วมกับเมล็ดจึงขึ้นรูปได้ง่าย มีรูปทรงที่ง่ายต่อการนำไปเพาะปลูกมากขึ้น อีกทั้งยังมีความกร่อนของก้อนพอกที่ต่ำ อย่างไรก็ตาม ก้อนพอกก็ยังคงละลายน้ำได้เร็วเกินไป ทำให้เมื่อเจอความชื้นปริมาณเล็กน้อยก็สามารทำให้ก้อนพอกปริแตกได้ทันที จึงไม่เหมาะต่อการนำมาใช้ในการเป็นวัสดุพอก จึงได้ทดสอบการพอกเมล็ด 2 ชั้น เพื่อหาสูตรวัสดุพอกที่จะสามารถลดเปอร์เซ็นต์การแตกของก้อนพอก อีกทั้งยังต้องขึ้นรูปได้ง่าย โดยจากผลการทดลองในการพอกเมล็ดแบบชั้น การพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$ เป็นชั้นแรก แล้วตามด้วย Zeolite เป็นชั้นที่ 2 สามารถทำให้มีการขึ้นรูปของวัสดุพอกได้ง่าย มีความกร่อนของเมล็ดพอกที่ต่ำ อีกทั้งยังมีละลายน้ำของก้อนพอกได้ช้ามากที่สุด ทั้งนี้ Zeolite ที่มีผลึกเป็นรูพรุน (ตะวัน, 2549) และมีโครงสร้างของ

อนุภาคเป็นโพรงขนาดใหญ่ (จุฑามาศ, 2550) ทำให้วัสดุพอกรวมตัวกับวัสดุประสานได้ง่าย ทำให้ก้อนพอกมีความแข็งแรง จึงละลายน้ำได้ไม่ช้า หรือเร็วเกินไป เหมาะสมตามความต้องการของวัตถุประสงค์การทดลอง

ส่วนการพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$-pumice มีความกร่อนของเมล็ดพอกอยู่ที่ 4 % และมีการละลายน้ำของก้อนที่รวดเร็ว เนื่องจาก เป็นแร่หินชนิดพิเศษ ที่มีพื้นผิวสัมผัสเป็นเนื้อที่มีความพรุนโปร่ง คล้ายกับโครงสร้างของฟองน้ำ (จักรพงษ์ และบุญมี, 2562) แต่การพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$-pumice จะมีการขึ้นรูปในขณะที่พอกเมล็ดยากระดับปานกลาง ส่วนการพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$-bentonite ส่งผลให้ก้อนพอกมีการขึ้นรูปได้ยาก มีความกร่อนของก้อนมากถึง 65 % และมีการละลายน้ำของก้อนพอกที่ค่อนข้างเร็ว เป็นผลมากจากโครงสร้างที่เป็นผลึกแบบสามชั้น คือมีชั้น alumina octahedral sheet แทรกอยู่ระหว่าง silica tetrahedral 2 ชั้น โครงสร้างโดยทั่วไปคล้ายกับไมก้า แต่แทนที่จะมี K^+ แทรกอยู่ระหว่าง layer กลับมีน้ำแทรกอยู่แทน แรงยึดระหว่าง sheet ของโครงสร้างแต่ละชั้นจะมีค่าน้อย ทำให้น้ำหรือของเหลวสามารถแทรกเข้าไปอยู่ระหว่าง sheet ได้ (สรินทร, 2550) ดังนั้นองค์ประกอบเหล่านี้มีคุณสมบัติการดูดซับน้ำที่ดี จึงทำให้เมล็ดที่พอกมีความกร่อนมาก และการละลายน้ำของก้อนพอกที่รวดเร็ว ซึ่งไม่เหมาะสำหรับการนำมาใช้ในเป็นวัสดุพอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

ส่วนการพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$-talcum มีการขึ้นรูปได้ยากปานกลาง แต่มีความกร่อนของเมล็ดพอกมากถึง 100 % และมีการละลายน้ำของก้อนพอกที่รวดเร็วมาก เนื่องจาก talcum มีลักษณะโคงสร้างที่คล้ายแป้งฝุ่น อีกทั้งยังน้ำหนักเบา และมีความโปร่งพรุนของวัสดุที่มาก จึงทำให้เมล็ดที่พอกด้วย talcum มีความกร่อนของเมล็ดพอกมากที่สุด และมีการละลายน้ำของก้อนพอกได้อย่างรวดเร็ว ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้ไม่เหมาะสำหรับการนำมาใช้ในเป็นวัสดุพอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม และการพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$-diatomaceous earth มีการขึ้นรูปยากปานกลาง อีกทั้งยังมีความกร่อนอยู่ที่ 28 % และสามารถละลายน้ำรวดเร็วเท่ากับการพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$-talcum โดย Diatomaceous earth เป็นหินที่มีเนื้อพรุน ซึ่งมีรูพรุนสูงถึงร้อยละ 70 หรือมากกว่า และมีลักษณะโครงสร้างเป็นซิลิก้าถึง 85% มีขนาดอยู่ระหว่างน้อยกว่า 5 ไมครอน ถึงมากกว่า 100 ไมครอน (Bhardwaj and Mirliss, 2001) และด้วยอนุภาคที่มีขนาดเล็กของ Diatomaceous earth จึงทำให้มีการดูดซับน้ำได้เร็ว ส่งผลให้ก้อนพอกมีการละลายได้รวดเร็วเมื่อทำการทดสอบ ดังนั้น Diatomaceous earth จึงไม่เหมาะสมต่อการนำมาเป็นวัสดุพอกจากคุณสมบัติดังกล่าว

ดังนั้นการพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$ – zeolite จึงเป็นวัสดุพอกที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมมากที่สุด อีกทั้งการพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$ – zeolite ยังทำให้ไม่มีการงอกราก ความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการ การโผล่พ้นดิน และการงอกในสภาพเรือนทดลองไม่มีความแตกต่างกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก ถึงแม้ความเร็วในการงอกรากของเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกจะมีความเร็วมากกว่า แต่ก็ไม่มี

ผลกระทบต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ ทั้งนี้การที่เมล็ดมีความเร็วในการงอกรากที่ช้ากว่า เป็นผลมาจากเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่ผ่านการพอก จะถูกห่อหุ้มด้วยวัสดุพอกจึงทำให้เมล็ดพันธุ์มีความสามารถในการงอกช้ากว่าเมล็ดพันธุ์ไม่พอก (Soulange and Levantard, 2008) อีกทั้งการพอกเมล็ดร่วมกับ $CaSO_4$ – zeolite ยังทำให้มีความยาวต้น ความยาวราก ความยาวต้นกล้าที่ดี โดย Zeolite และ เป็นวัสดุพอกที่มีลักษณะเป็นรูพรุน (ตะวัน, 2549) จึงทำให้น้ำและอากาศเข้าไปภายในเมล็ดได้ง่าย และใน Zeolite ยังมีซิลิก้าที่ช่วยทำให้ผนังเซลล์แข็งแรง เพิ่มอัตราการงอกของ ยอดอ่อน และเพิ่มความหนาแน่นของระบบราก สร้างการผลิตคลอโรฟิลด์เพื่อเพิ่มกระบวนการสังเคราะห์แสงที่มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น (เกษตรนำโชค, 2560) ทำให้เมื่อพอกเมล็ดรวมกับ Zeolite จึงมีความต้น ความยาวราก ความยาวต้นกล้าที่ดี ดังนั้นการพอกเมล็ดร่วมกับ $CaSO_4$ – zeolite จึงสรุปได้ว่าเป็นวัสดุพอกที่คุณสมบัติเหมาะสมต่อการนำมาพอกร่วมกับเมล็ดผักกาดหอม

2. ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม

2.1 ผลของการแช่เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

หลังจากการศึกษาการแช่เมล็ดพันธุ์ร่วมกับแบคทีเรีย เพื่อค้นหาชนิด ความเข้มข้นของแบคทีเรียที่เหมาะสม และการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์ผักหอม เพื่อนำไปใช้ในการพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า เมล็ดที่แช่ร่วมกับ *Bacillus* MBI 600 $1x10^6$ CFU/ ml, *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ ml, *Bacillus* sp. $1x10^6$ CFU/ ml, *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml จะมีทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอก ความเร็วในการงอก ความยาวต้น ความยาวราก แล้วความยาวต้นกล้าดีมากกว่า เมื่อตรวจสอบในแต่ละไอโซเลท โดย *Bacillus* MBI 600 เป็นแบคทีเรียทางการค้า ที่เมื่อทำการตรวจสอบความสามารถของแบคทีเรียพบว่า สามารถละลายฟอตเฟส และผลิตกรด Indole-3-acetic acid (IAA) ได้ค่อนข้างน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับ *Enterobacter* sp. แต่สามารถทำให้มีการงอกราก ความงอก และความเร็วในการงอกดีกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ ซึ่งกล่าวได้ว่า การผลิต IAA ของ *Bacillus* MBI 600 หลังผ่านการปรับระดับความเข้มข้นให้อยู่ที่ $1x10^6$ CFU/ml อาจทำให้แบคทีเรียมีการผลิต IAA ออกมาในปริมาณที่เหมาะสมต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม ส่วน *Stenotrophomonas* sp. หลังตรวจสอบความสามารถของแบคทีเรียพบว่า ไม่สามารถละลายฟอตเฟสได้ แต่สามารถผลิต IAA ได้มากกว่า *Bacillus* MBI 600 และจากการศึกษาของ Boonnadakul et al. (2019) ยังพบว่า *Stenotrophomonas* sp. บางชนิดสามารถผลิตกรดจิบเบอเรลลิก ที่สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของพืชทั้งต้นได้โดยทำให้เกิดการยืดตัวของเซลล์ ซึ่งจากกลไกดังกล่าว อาจมีผลทำให้การแช่เมล็ด

ร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. 1x10^{7} CFU/ml มีคุณภาพของเมล็ดพันธุ์และการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอมดีกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ จากนั้นตรวจสอบความสามารถของ *Bacillus* sp. พบว่าไม่สามารถละลายฟอตเฟส และผลิตกรด IAA ได้เลย แต่จากการแช่เมล็ดร่วมกับ *Bacillus* sp. 1x10^{6} CFU/ml กลับสามารถทำให้มีความยาวราก และความยาวต้นกล้าดีที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่ร่วมกับแบคทีเรียไอโซเลทอื่นๆ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการ ความสามารถในการลดอินทรีย์สารให้กลายเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจน ทำให้เมล็ดสามารถนำไปใช้ในกระบวนการการเจริญเติบโตในระยะต้นกล้าได้ทันที (Glick, 1995) และเมื่อเมล็ดได้รับไนโตรเจน จะมีการสังเคราะห์โปรตีนเพิ่มขึ้น จึงมีผลทำให้ต้นกล้ามีการเจริญเติบโตทางลำต้นเพิ่มขึ้น จากนั้นประเมินความสามารถของ *Burkholderia* sp. พบว่า สามารถละลายฟอตเฟส และผลิตกรด IAA ได้รองจาก *Enterobacter* sp. โดยเมื่อนำเมล็ดไปแช่ร่วมกับ *Burkholderia* sp. 1x10^{8} CFU/ml สามารถทำให้คุณภาพของเมล็ดพันธุ์ และการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอมดีกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ ทั้งนี้การแช่เมล็ดร่วมกับ *Burkholderia* sp. 1x10^{8} CFU/ml จะมีความยาวราก และความยาวต้นกล้าที่น้อยกว่าการแช่เมล็ดร่วมกับ *Bacillus* sp. 1x10^{6} CFU/ml อาจเป็นผลที่มาจากการผลิตกรด IAA ที่มากเกินความต้องการของในระยะต้นกล้า อาจจะมีผลในการยับยั้งการเติบโตของพืชได้ (Glick, 2012) และเมื่อตรวจสอบความสามารถในการผลิตกรด IAA ของ *Enterobacter* sp. พบว่า มีการละลายฟอตเฟส และผลิตกรด IAA ได้มากที่สุด ซึ่งทำให้การแช่เมล็ดร่วมกับ *Enterobacter* sp. 1x10^{8} CFU/ml มีความเร็วในการงอกรากที่ดี แต่มีการตอบสนองต่อการเจริญเติบโตที่ไม่ค่อยดี เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่เมล็ดร่วมกับ *Bacillus* sp. 1x10^{6} CFU/ml ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการตอบสนองด้านการเจริญเติบโตของกล้าผักกาดหอมต่อ IAA นั้นไม่ได้ขึ้นอยู่ปริมาณ IAA ที่แบคทีเรียผลิตได้เพียงอย่างเดียว ดังนั้นการที่ IAA จากแบคทีเรียจะส่งผลต่อพืชในทิศทางใดนั้นขึ้นอยู่กับความสมดุลของระดับฮอร์โมนภายในและภายนอกของพืช เนื่องจากการที่ได้รับ IAA ในระดับที่มากเกินไปอาจจะมีผลในการยับยั้งการเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอมได้ (Glick, 2012) ซึ่งความเข้มข้นของแบคทีเรียที่ใช้ในการแช่ก็มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เช่นกัน

2.2 ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

หลังจากตรวจสอบความสามารถของแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ได้ทำการคัดเลือกชนิดและอัตราที่เหมาะสมที่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอมทั้งหมด 5 ไอโซเลทที่ดีที่สุดจากในแต่ละไอโซเลท ดังนี้ *Bacillus* MBI 600 1x10^{6} CFU/ml, *Stenotrophomonas* sp. 1x10^{7} CFU/ml, *Bacillus* sp. 1x10^{6} CFU/ml, *Burkholderia* sp. 1x10^{8} CFU/ml และ *Enterobacter* sp. 1x10^{8} CFU/ml เพื่อนำมาพอกร่วมกับ CMC อัตรา 0.4% สำหรับใช้เป็นวัสดุประสาน และ $CaSO_4$-zeolite สำหรับใช้เป็นวัสดุพอก พบว่า *Stenotrophomonas* sp.

$1x10^7$ CFU/ml, *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml สามารถทำให้การงอกราก และความงอกในห้องปฏิบัติการ ไม่แตกต่างกับเมล็ดที่ไม่พอก อีกทั้งยังทำให้มีความเร็วในการงอก และความงอกในสภาพเรือนทดลอง ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าดีกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก เนื่องจากการพอกเมล็ดร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ CFU/ml, *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml และ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml ที่เป็นแบคทีเรียที่สามารถผลิตกรด IAA ได้มาก แตกต่างจาก *Bacillus* MBI 600 ที่สามารถผลิตกรด IAA ได้น้อย ทำให้เมื่อนำมาพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ หลังปรับระดับความเข้มข้นแล้ว อาจทำให้แบคทีเรียติดไปกับก้อนพอกได้น้อยลง ต่างจากการแช่เมล็ดที่แบคทีเรียจะเกาะไปกับเมล็ดได้โดยตรง และสามารถผลิตกรด IAA ออกมาได้มาเหมาะสมต่อการความต้องการของเมล็ดพันธุ์ แต่การพอกแบคทีเรียจะติดไปกับสารพอกแทน จึงทำให้เมล็ดที่ได้รับกรด IAA ที่แบคทีเรียผลิตออกมาได้น้อยลง จากสาเหตุดังกล่าวอาจเป็นผลทำให้เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Bacillus* MBI 600 $1x10^6$ CFU/ml มีคุณภาพความงอก และการเจริญเติบโตที่น้อยกว่า ส่วนการพอกเมล็ดร่วมกับ *Bacillus* sp. $1x10^6$ CFU/ml ที่ไม่มีความสามารถในการละลายฟอตเฟส และการผลิตกรด IAA แต่แบคทีเรียอาจจะมีความสามารถในการลดอินทรีย์สารให้กลายเป็นอนินทรีย์ไนโตรเจนได้ (Glick, 1995) แต่เมื่อแบคทีเรียถูกนำไปพอกอาจทำให้มีแบคทีเรียตายระหว่างการพอก หรืออาจมีบางส่วนไปติดตัวถังพอก ทำให้เมล็ดที่พอกมีปริมาณแบคทีเรียที่ติดกับก้อนพอกที่น้อยลง ซึ่งนั้นอาจเป็นหนึ่งในสาเหตุ ที่ทำให้เมื่อพอกเมล็ดร่วมกับ *Bacillus* sp. มีคุณภาพหลังการพอกที่ไม่ค่อยดี เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการแช่ร่วมกับเมล็ดพันธุ์

3. ผลของการเพาะทดสอบในระบบการปลูกพืชไร้ดิน ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอม

3.1 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม หลังผ่านการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ในสภาพห้องปฏิบัติการ และเรือนทดลอง

หลังจากคัดเลือกแบคทีเรียที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 2 ได้ทั้งหมด 3 ไอโซเลทได้แก่ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$, *Burkholderia* sp. $1x10^8$ และ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml มาทำการศึกษาในการเพาะทดสอบในระบบการปลูกพืชไร้ดิน โดยผลการศึกษาการจะพบว่าการพอกเมล็ดร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ และ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml. ทำให้มีความงอก ทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการ และเรือนทดลองที่ดี อีกทั้งยังสามารถส่งเสริมให้มีความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าดีกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกได้ ทั้งนี้ แบคทีเรียทั้ง 2 ชนิด เป็นแบคทีเรียที่มีความสามารถในการผลิตกรด IAA โดย IAA จะไปกระตุ้นให้มีการยืดตัวของเซลล์

การแบ่งเซลล์ และกระตุ้นการเจริญเติบโตและการพัฒนาของพืช โดยเฉพาะที่ปลายราก ช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสทำให้ลำเลียงและดูดซึมธาตุอาหารได้ดี (Yang et al, 2009) และนอกจากนี้ *Burkholderia* sp. และ *Enterobacter* sp. ยังมีกลไกที่สามารถละลายฟอสเฟตได้ จึงทำให้ *Burkholderia* sp. และ *Enterobacter* sp. สามารถผลิตกรดอินทรีย์ที่จะเปลี่ยนรูป $Ca_3(PO)_2$ ที่พืชไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ให้อยู่ในรูป HPO_4^{2-} และ $H_2PO_4^-$ ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ (Alexander, 1995) โดยฟอสเฟตเป็นองค์ประกอบหลักในเอนไซม์ต่าง ๆ หลายชนิดที่จำเป็นต่อกระบวนการเมแทบอลิซึมต่อการงอกของเมล็ด (Yang, 2009) ดังนั้นการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ และ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml. จึงทำให้มีความงอก ทั้งในสภาพห้องปฏิบัติการ และเรือนทดลองที่ดี รวมไปถึงความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าที่ดีกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก ถึงแม้การพอกเมล็ดพันธุ์ จะทำให้เมล็ดมีการงอกราก ความเร็วในการงอกราก ความเร็วในการงอก ที่ช้ากว่าเมล็ดที่ผ่านการพอก ทั้งนี้ การพอกเมล็ด เป็นวิธีการที่ทำให้เมล็ดพันธุ์จะถูกห่อหุ้มด้วยสารพอกเมล็ด ทำให้เมล็ดพันธุ์พืชบางชนิดไม่สามารถงอกได้ทันทีหรืองอกได้ช้าลง (Soulange and Levantard, 2008) เช่นเดียวกับเมล็ดผักกาดหอมที่ผ่านการพอกร่วมกับแบคทีเรีย ที่มีการงอกราก ความเร็วในการงอกราก ความเร็วในการงอกที่ช้ากว่า แต่เมื่อตรวจสอบในวันที่ 7 หลังการเพาะทดสอบ จะเห็นได้ว่า การพอกเมล็ดไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ อีกทั้งยังส่งเสริมให้มีความงอก และการเจริญเติบโตทั้งความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก

3.2 ผลของการพอกเมล็ดร่วมกับแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช เมื่อทดสอบในระบบการปลูกไร้ดิน

จากการประเมินความยาวต้น น้ำหนักสดต้น – ราก น้ำหนักแห้งต้น – ราก หลังเพาะทดสอบในระบบการปลูกไร้ดินเป็นเวลา 45 วัน พบว่า การพอกเมล็ดร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีความยาวต้นดีน้ำหนักสดต้น – ราก น้ำหนักแห้งต้น – ราก มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก ทั้งนี้ *Enterobacter* sp. มีความสามารถในการละลายฟอสเฟต ซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักสำหรับการเจริญเติบโตของพืช (Igual et al., 2001) โดยฟอสฟอรัสเป็นธาตุอาหารที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมแทบอลิซึม สรีรวิทยา และพัฒนาการของพืชด้วย เช่น การสังเคราะห์ด้วยแสง เมแทบอลิซึมของคาร์บอน การสร้างเยื่อหุ้มเซลล์และการ ยืดยาวของราก (Ingle and Padole, 2017) นอกจากนี้ *Enterobacter* sp. ยังสามารผลิต IAA ที่ทำหน้าที่กระตุ้นการแบ่งเซลล์ และการยืดขยายที่ปลายรากของต้นกล้า ทำให้ต้นกล้าสามารถที่จะดูดซึม และลำเลียงธาตุอาหารได้ดีมากยิ่งขึ้น (Yang et al., 2009) จากความสามารถดังกล่าวของ *Enterobacter* sp. จึงทำให้เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml มีความยาวต้น และน้ำหนักสดต้น – ราก น้ำหนักแห้ง

ต้น – รากที่ดี นอกจากนี้ การพอกเมล็ดร่วมกับ *Burkholderia* sp. 1x10^8 CFU/ml ที่สามารถละลายฟอตเฟส และผลิตกรด IAA ได้รองลงมาจาก *Enterobacter* sp. ยังทำให้มีน้ำหนักสดต้น – ราก และน้ำหนักแห้งต้น – รากที่ดี เนื่องจากความสามารถในการละลายฟอตเฟส ให้กลายเป็นฟอสฟอรัสซึ่งเป็นธาตุอาหารหลักสำหรับการเจริญเติบโตของพืช (Igual et al., 2001) โดยฟอสฟอรัสจะทำให้พืชมีประสิทธิภาพในการสังเคราะห์แสง กระบวนการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นแป้ง (Bray and Weil, 2008) จึงทำให้ต้นผักกาดหอมมีการสะสมน้ำหนักต้น และรากที่ดีกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก โดยมีรายงานจาก Sadiq et al. (2013) พบว่าแบคทีเรีย *Enterobacter aerogenes* มีการละลายฟอสเฟตที่สูงกว่าแบคทีเรียชนิดอื่น ๆ ในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของอ้อย โดยพบว่าการใส่เชื้อช่วยเพิ่มการเจริญเติบโตของอ้อยสูงกว่าตำรับควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ส่งผลให้ความสูง จำนวนใบ ความยาวราก และน้ำหนักแห้งของอ้อยเพิ่มสูงขึ้น นอกจากนี้ การแช่เมล็ดข้าวพันธุ์ cv. Tarom Hashemi ในสารละลายเซลล์แบคทีเรีย *Pantoea ananatis* KM977993 และ *Enterobacter* sp. KM97992 ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตในระยะต้นกล้าของข้าวได้ดีกว่า *Rahnella aquatilis* KM977991 เนื่องจากส่งเสริมให้ต้นกล้าของข้าวมีน้ำหนักแห้งของราก น้ำหนักแห้งของลำต้น น้ำหนักแห้งของใบ รวมถึงการนำโพแทสเซียมเข้าสู่ใบ ลำต้น และราก ได้มากกว่า *Rahnella aquatilis* KM977991 (Bakhshandeh et al., 2017)

4. ผลหลังการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่พอกร่วมกับแบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้า

4.1 ความมีชีวิตของแบคทีเรียที่ผ่านการพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ เมื่อเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันเป็นเวลา 4 เดือน

จากการทดลองจะเห็นได้ว่า สภาพแวดล้อมในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์มีผลอย่างมากต่อความมีชีวิตของแบคทีเรีย ซึ่งการลดลงของความมีชีวิตแบคทีเรีย มีผลสอดคล้องต่อความงอกและการเจริญเติบโตของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการเก็บรักษาในแต่ละเดือน โดยเมื่อตรวจสอบในแต่ละเดือนจะพบว่า เมล็ดที่พอกร่วมกับ *Enterobacter* sp. มีการเกิดโคโลนีบนจานเพาะเชื้อแบคทีเรียมากที่สุด อีกทั้งยังสามารถมีชีวิตอยู่ในก้อนพอก หลังผ่านการเก็บรักษาสภาพควบคุมได้นานมากที่สุด ในขณะที่การเก็บรักษาสภาพไม่ควบคุม จะมีการลดลงของความมีชีวิตแบคทีเรียทุกไอโซเลทอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากเมล็ดที่ผ่านการเก็บรักษาสภาพไม่ควบคุม เมล็ดจะได้รับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพบรรยากาศภายนอก ซึ่งอาจมีอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ในช่วงระหว่างการเก็บรักษาสูงหรือต่ำที่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (ทัศนีย์, 2545) ซึ่งปัจจัยดังกล่าวอาจมีผลต่อความมีชีวิตของแบคทีเรียที่อยู่ในก้อนพอกได้เป็นอย่างมาก แต่ถึงแม้ความมีชีวิตของแบคทีเรียจะมีการลดลงอย่างรวดเร็ว แต่

Enterobacter sp. ยังคงสามารถมีชีวิตรอดอยู่ในก้อนพอกได้มากกว่า *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ และ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml จึงทำให้การพอกเมล็ดร่วมกับ *Enterobacter* sp. สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักกาดหอมได้ดีมากกว่าแบคทีเรียชนิดอื่น ๆ จากกลไกการผลิตกรด IAA และการละลายฟอตเฟตของ *Enterobacter* sp. ที่มากกว่า แบคทีเรียชนิดอื่น ส่วนการพอกเมล็ดร่วมกับ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$ และ *Burkholderia* sp. $1x10^8$ CFU/ml จะพบว่าความมีชีวิตของแบคทีเรียที่ลดลงอย่างรวดเร็ว ทั้งในการเก็บรักษาสภาพควบคุม และไม่ควบคุม ทั้งนี้ *Stenotrophomonas* sp. และ *Burkholderia* sp. เป็นแบคทีเรียที่มาจากดิน ทำให้เห็นว่าการนำ *Stenotrophomonas* sp. และ *Burkholderia* sp. มาพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ แล้วทำการเก็บรักษาอาจทำให้มีสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการมีชีวิตของแบคทีเรีย จึงทำให้พบว่า ในแต่ละเดือนที่ทำการทดสอบ มีจำนวนโคโลนีที่ลดลงอย่างรวดเร็ว โดยมีการรายงานของ Kaewkham (2015) พบว่าเมื่อเคลือบเมล็ดพันธุ์แตงกวาด้วย Methyl cellulose 1% ร่วมกับ *Bacillus subtilis* QST713 และ *Pseudomonas fluorescens* CA จากนั้นตรวจสอบความมีชีวิตของแบคทีเรีย โดยนำเมล็ดพันธุ์ไปเร่งอายุนาน 72 ชั่วโมง แล้วนำไปเพาะในกระบะทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อเป็นเวลานาน 7 วัน จากนั้นนำรากของต้นกล้าแตงมาตรวจสอบความมีชีวิตของแบคทีเรียในรากต้นกล้าพืชด้วยเครื่อง Fluorescence Microscope พบว่า มีแบคทีเรียสามารถอาศัยอยู่ในรากพืชได้ 3 วัน

4.2 ผลของเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่ผ่านการพอกร่วมกับแบคทีเรีย

หลังจากคัดเลือกแบคทีเรียที่ดีที่สุดจากการทดลองที่ 2 ได้ทั้งหมด 3 ไอโซเลทได้แก่ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$, *Burkholderia* sp. $1x10^8$ และ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml มาทำการศึกษาในการการเก็บรักษาภายใต้การเก็บรักษาที่ควบคุม และไม่ควบคุมพบว่าการพอกเมล็ดร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml สามารถทำให้เมล็ดมีความงอก ความเร็วในการงอก ความยาวต้น ความยาวราก และความยาวต้นกล้าดีกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก หลังผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน ทั้งในสภาพการเก็บรักษาที่ควบคุม และไม่ควบคุม ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากความสามารถในการมีชีวิตของ *Enterobacter* sp. ที่สามารถมีชีวิตอยู่ในก้อนพอกได้นาน และมีจำนวนมาก จึงทำให้เมื่อผ่านการเก็บรักษาจะเห็นได้ว่ายังคงมีความงอก และความเร็วในการงอกที่ดีกว่ากรรมวิธีการอื่น ๆ โดย *Enterobacter* sp. ที่ยังมีชีวิตจะผลิตกรด IAA ขึ้น ในระหว่างที่เมล็ดถูกเพาะทดสอบ โดยความสามารถของกรด IAA จะมีบทบาทกระตุ้นการเจริญที่ปลายรากต้นกล้า ทำให้มีพื้นผิวสัมผัสเพิ่มขึ้น เพิ่มความสามารถในการลำเลียง ธาตุอาหารและดูดซึมสารต่าง ๆ จึงมีผลทำให้ต้นกล้ามีการเจริญที่ปลายรากได้เร็วขึ้น และเจริญไปเป็นต้นกล้าได้อย่างรวดเร็ว (Yang et al., 2009) จากการรายงานของ กิตติวรรณ และบุญมี (2559) พบว่าการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับ IAA อัตรา 2.0% ทำให้ความงอกเพิ่มขึ้นสูงที่สุดประมาณ 27% และมีการเจริญเติบโตของต้นกล้าสูงกว่า

เมล็ดพันธุ์ที่ไม่เคลือบร่วมกับฮอร์โมนเมื่อตรวจสอบหลังการเคลือบและหลังการเร่งอายุเมล็ดพันธุ์ โดยมีการรายงานว่า *Enterobacter* spp. มีคุณสมบัติในการละลายฟอสเฟต การสร้างสารซิเดอร์โรฟอร์ การตรึงไนโตรเจน และผลิต IAA สามารถช่วยให้ข้าวมีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น ทั้งในด้านความยาวต้น ความยาวราก รวมถึงการสะสมน้ำหนัก (Saengsanga, 2018)

แต่จากการศึกษาจะเห็นชัดได้ว่า เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกจะมีการงอกราก และความเร็วในการงอกราก ทั้งในสภาพที่ควบคุม หรือไม่ควบคุมอุณหภูมิที่มากกว่าเมล็ดที่ถูกพอก ซึ่งโดยปกติแล้วเมล็ดพันธุ์ที่ถูกพอกจะถูกห่อหุ้มด้วยสารพอกเมล็ด ทำให้เมล็ดพันธุ์พืชบางชนิดไม่สามารถงอกได้ทันทีหรืองอกได้ช้าลง (Soulange and Levantard, 2008) เช่นเดียวกันกับการพอกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ พบว่าหลังการพอกเมล็ดจะสามารถงอกได้ช้า แต่ไม่มีผลขัดขวางต่อกระบวนการงอกของเมล็ด ตลอดจนพัฒนาไปเป็น ต้นกล้าปกติ เช่นเดียวกับการรายงานในการพอกเมล็ดพันธุ์แครอท (Halsey and White, 1980; Petch, 1991)

บทที่ 5
สรุป และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

1.1 สูตรสารพอกที่เหมาะสมต่อการพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม คือการใช้ Carboxymethyl cellulose (CMC) ที่อัตรา 0.4% เป็นวัสดุประสาน และ $CaSO_4$-zeolite เป็นวัสดุพอก ทำให้ก้อนพอกมีสารเกาะติดเมล็ดดี มีความสม่ำเสมอของก้อนพอก มีความกร่อนต่ำ วัสดุพอกมีความโปร่ง มีการละลายน้ำได้ในวงเวลาที่เหมาะสม อีกทั้งยังทำให้มีความงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้ดีกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก

1.2 จากการตรวจสอบคุณสมบัติของแบคทีเรียที่ส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ได้ทำการคัดเลือกแบคทีเรียมาทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ *Stenotrophomonas* sp. $1x10^7$, *Burkholderia* sp. $1x10^8$ และ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml มาใช้ในการเพาะทดสอบในระบบไร้ดินพบว่า การพอกเมล็ดร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml จะทำให้เมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมมีความ และการเจริญเติบโตได้ เมื่อเพาะทดสอบในระบบไร้ดิน 45 วัน อีกทั้งยังสามารถเพิ่มน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งทั้งต้นและรากให้ดีกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก

1.3 การพอกเมล็ดร่วมกับ *Enterobacter* sp. $1x10^8$ CFU/ml ทำให้เมล็ดมีความงอกความแข็งแรงที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก อีกทั้งยังมีการเจริญเติบโตได้ดี ทั้งในการเก็บรักษาที่ควบคุมและไม่ควบคุม อีกทั้งยังมีความมีชีวิตรอดหลังการทดสอบที่มากกว่าแบคทีเรียชนิดอื่น ๆ โดยเมล็ดที่เก็บรักษาในสภาพที่ควบคุม จะมีการเกิดโคโลนีที่มากกว่าการเก็บรักษาเมล็ดที่สภาพที่ไม่ควบคุมอุณหภูมิอย่างเห็นได้ชัด

ข้อเสนอแนะ

2.1 ควรมีการเติมชนิดของวัสดุประสานให้มีความหลากหลายเพิ่มขึ้น

2.2. ควรมีการตรวจสอบความสามารถของแบคทีเรียในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชเพิ่มเติม

2.3 ควรมีการเก็บรักษา เพื่อศึกษาความมีชีวิตของแบคทีเรียในก้อนพอกให้นานขึ้น

บรรณานุกรม

กรมวิชาการเกษตร. 2007. **สาระน่ารู้: การผลิตพืชอินทรีย์.อินทรีย์**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา www.doa.go.th/learning/organic/product.html–72k (18 กันยายน 2563).

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรมพัฒนาที่ดิน. ม.ป.ป. **talcum**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.ldd.go.th/home/ (18 กันยายน 2563).

กิตติวรรณ กล้ารอด และ บุญมี ศิริ. 2557. ผลของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับฮอร์โมนพืชต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ. น. 345-349. ใน **การประชุมทางวิชาการเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่** 11 ระหว่างวันที่ 20 - 23 ณ.โรงแรมกรนด์จอมเทียนพาเลซ เมืองพัทยา จังหวัดชลบุรี

กุณฑิกา ดำรงปราชญ์ และเกศรา ชูคำสัตย์. 2549. **อิทธิพลของพลาสทิไซเซอร์ต่อการปลดปล่อยยาที่ละลายน้ำได้ดีจากเม็ดยาออสโมติกปั๊มชนิดรูพรุน**. โครงการพิเศษปริญญาเภสัชศาสตร์บัณฑิต. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

กุณฑิกา ดำรงปราชญ์ และเกศรา ชูคำสัตย์. 2549. **อิทธิพลของพลาสทิไซเซอร์ต่อการปลดปล่อยยาที่ละลายน้ำได้ดีจากเม็ดยาออสโมติกปั๊มชนิดรูพรุน**. โครงการพิเศษปริญญาเภสัชศาสตร์บัณฑิต. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

กุศล ถมมา และ พิศาล ศิริธร. 2555. ผลของแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus subtilis* B006 ในการเคลือบเมล็ด เพื่อควบคุมเชื้อรา *Botryosphaeria rhodina* สาเหตุโรคยางไหลของแตง. **แก่นเกษตร**, 40, 53-60.

จตุพร บุณณดากุล, ศิราภรณ์ ชื่นบาล, ฐปน ชื่นบาล, ศรีกาญจนา คล้ายเรือง และศุภธิดา อ่ำทอง. 2562. การคัดเลือกแบคทีเรียตรึงไนโตรเจนอิสระเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของข้าว. **วารสารนเรศวรพะเยา,** 12(2), 32-40.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. **2529.** เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร.

จักรพงษ์ กางโสภา และบุญมี. ศิริ. 2556. ผลของการพอกเมล็ดด้วย pumice zeolite และ bentonite ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนีย. **วารสารแก่นเกษตร,** 41(1), 257-262.

จักรพงษ์ กางโสภา. 2557. **ผลของสูตรตำรับและวิธีการพอก เมล็ดด้วยสารเคมีป้องกันโรคเน่าคอดินต่อคุณภาพและ อายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ยาสูบ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาวิชาพืชไร่ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

จักรพงษ์ กางโสภา. 2558. ศักยภาพของการใช้ carboxymethyl cellulose และ hydroxypropyl methylcellulose เป็นวัสดุประสานสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม. **วารสารแก่นเกษตร**, 43(1), 268-273.

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

จีราภรณ์ อินทสาร, ฉัตรปวีณ์ เดชจิรรัตนสิริ และประวิทย์ บุญมี. 2560. ผลของแบคทีเรียที่ผลิตสาร Indole-3-Acetic Acid (IAA) ต่อการเจริญเติบโต และปริมาณธาตุอาหารของพริกขี้หนู. **วารสารเกษตร**, 33(3), 333-344.

จุฑามาศ อินต๊ะศรี. 2550. **การสังเคราะห์ซีโอไลต์ชนิดบีต้าจากเถ้าลอยของชานอ้อย**. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณ ทหารลาดกระบัง.

เชิดศักดิ์ อรรถอารุณ. 2539. **การสำรวจและวิจัยคุณสมบัติของดินเบาลำปางเพื่องานด้านสิ่งแวดล้อม**. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://library.dmr.go.th/elib/cgi-bin/opacexe.exe? op=mmvw&db=Main&sid=&skin=u&usid=&mmid=4402&bid=1774 (16 กันยายน 2564).

ฐิติพันธุ์ ขำภู่. 2542. **การศึกษาคุณภาพและต้นทุนการผลิตขึ้นฉ่ายและผักสลัด 4 ชนิด ภายใต้การควบคุมสภาพแวดล้อมในสารละลายธาตุอาหารพืช.** วิทยานิพนธ์ วท.ม. มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพฯ

ดวงกมล ประสิทธิ์วุฒิเวช และเตชิษฐ์. ศรีราจันทร์. 2549. **การพัฒนาตำรับพญายอสำหรับใช้ภายนอก**. โครงการพิเศษปริญญาเภสัชศาสตร์บัณฑิต. คณะเภสัชศาสตร์.มหาวิทยาลัยมหิดล.

ตะวัน สุขน้อย. 2549. **ซีโอไลต์และสารมีรูพรุนที่เกี่ยวข้อง.** กรุงเทพฯ: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีระศักดิ์ สาขามุละ และ บุญมี ศิริ. 2554. ผลของสารพอกสูตรตำรับที่แตกต่างกันต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร,** 42**,** 465-468.

นพดล เรียบเลิศหิรัญ. 2538. **การปลูกพืชไร้ดิน.** กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สหมิตรพริ้นติ้ง.

บุญมี ศิริ, กิตติวรรณ กล้ารอด และจิราภรณ์ หาญสุรีย์. 2559. ผลการเคลือบเมล็ดร่วมกับฮอร์โมนพืชต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม. **แก่นเกษตร**, 44(1), 345-349.

บุญมี ศิริ. 2546. **วิทยาการเมล็ดพันธุ์.** ขอนแก่น: ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ปิยะนุช เทียงดีฤทธิ์, บุญมี ศิริ, สุวารี ก่อเกษตรวิศว์ และ ธิดารัตน์ แก้วคำ. 2551. ผลของสารเคลือบเมล็ดพันธุ์ด้วยสารป้องกนราน้ำค้างต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานลูกผสมหลังการเคลือบและการเก็บรักษา. **แก่นเกษตร**, 36, 117-124.

พรสวาท วัฒนกูล, ลัดดา มีศุข และ ประมวลพงษ์ สินธุเสน. 2537. **รายงานฉบับสมบูรณ์แนวทางการใช้ประโยชน์แร่อุตสาหกรรมแหล่งลพบุรี**. กรุงเทพฯ: บริษัท เอทอปเทคโนโลยีจำกัด.

พัชรา คำพันธ์, จักรพงษ์ กางโสภา และ บุญมี ศิริ. 2561. ผลของการเคลือบเมล็ดพันธุ์ร่วมกับฮอร์โมนพืชต่อคุณภาพและการเจริญเติบโตระยะต้นกล้าของเมล็ดพันธุ์แตงกวา. น. 43-48. ใน **ประชุมวิชาการเกษตร ครั้งที่** 19. ขอนแก่น: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

พิสิทธิ์ ถนอมเกียรติ และภารุณี สุทธิอารมณ์. 2535. Teblet Coating. กรุงเทพฯ: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์.

พีรเดช ทองอำไพ. 2537. . **ฮอร์โมนพืชและสารสังเคราะห์แนวทางการใช้ประโยชน์ในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ วี.บี. บุ๊คเซนเตอร์.

มนูญ ศิรินุพงศ์. 2544. ธุรกิจการปลูกพืชไม่ใช้ดิน. **เคหะการเกษตร**, 6(2), 158-166.

มิยดา นาเอก. 2554. **การใช้เพอร์ไลต์ปลูกผักกาดหอมในระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน.** กรุงเทพฯ: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ลดา พันธ์สุขุมธนา. 2552. ปูนปลาสเตอร์กับการนำกลับมาใช้. **วารสารเซรามิกส์**, 3(3), 34-35.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2542. **เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่.** กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิยะดา มงคลธนารักษ์. (2554). **การศึกษาสารเร่งการเจริญเติบโตของพืชและคุณลักษณะของเชื้อเอ็นโดไฟติกแบคทีเรียที่ได้จากเขตพื้นที่เขื่อนอุบลรัตน์**: รายงานฉบับสมบูรณ์. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศศิประภา บัวแก้ว และ บุญมี ศิริ. 2561. ลักษณะทางกายภาพและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมหลังการพอกด้วยวัสดุประสานและวัสดุพอกที่แตกต่างกัน. **วารสารแก่นเกษตร**, 46(3), 469-480.

ศศิพร จอมคำ และจุฑามาศ อาจนาเสียว. 2564. ประสิทธิภาพของ PGPB ที่แยกจากต่างแหล่งในการส่งเสริมการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวขาวดอกมะลิ 105. **แก่นเกษตร**, 49(1), 1011-1017.

สรินทร ลิ่มปนาท. 2550. ดินเบนโทไนต์. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://irre.ku.ac.th/project/pdf/255813.pdf (25 พฤศจิกายน 2563)

สันติภาพ ไชยสาร จักรพงษ์ กางโสภา และบุญมี ศิริ. 2561. ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ด้วยวัสดุประสานชนิดแตกต่างกันต่อลักษณะทางกายภาพของก้อนพอกและคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสม. **วารสารแก่นเกษตร**, 46(1), 36-42.

สัมฤทธิ์ เฟื่องจันทร์. 2538. **แร่ธาตุอาหารพืชสวน**. ขอนแก่น: ศิริภัณฑ์ ออฟเซ็ท.

สายพันธุ์ กาบใบ. 2552. **อิทธิพลของสารที่ปลดปล่อยออกซิเจนของวัสดุพอกเมล็ดต่อการงอกของข้าวโพดหวาน**. เชียงใหม่: คณะเกษตรศาสตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. นำเข้า-ส่งออก. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา https://www.oae.go.th/view/1/ (25 พฤศจิกายน 2563)

สำนักเหมืองแร่และสัมปทาน. 2547. เพอร์ไลต์ (Perlite). [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://www.dpim.go.th/ppr/title.php?tid=000001074149948 (25 พฤศจิกายน 2563)

สุนทร เรืองเกษม. 2540**. ผักกินใบ.** [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา http://library.montfort.ac.th/mylib/bookdetail.php?book_id=11097 (26 พฤศจิกายน 2563)

สุริยา ตราชู และ บุญมี ศิริ. 2558. การพอกเมล็ดด้วย pumice talcum และ green cal ที่มีผลต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ยาสูบเวอร์จิเนีย. **แก่นเกษตร**, 43(1), 83-88.

สุวารี ก่อเกษตรวิศว์. 2551**. ผลของสารเคลือบที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน**. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

โสระยา ร่วมรังสี. 2544. **การผลิตพืชสวนแบบไม่ใช้ดิน**. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

อรอนงค์ กิตติพงษ์พัฒนา. 2548. **สารเคลือบ**. เชียงใหม่: คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อารักษ์ ธีรอำพน. 2544. **การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.** นครราชสีมา: สำนักวิชาเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

อารีย์ เสนานันท์สกุล. 2540. **การคัดเลือกเทคนิคที่เหมาะสมในการปลูกพืชโดยวิธีไฮโดรไปนิกส์.** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

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

Association of Official Seed Analysts (AOSA). 2002. **Seed Vigor Testing Handbook** No.32. America: **Association of Official Seed Analysts**.

Barrow, K., and D.H. Kwon. 2009. Alterations in two-component regulatory systems of phoPQ and pmrAB are associated with polymyxin B resistance in clinical isolates of Pseudomonas aeruginosa. **Antimicrob Agents Chemother**, 53, 5150-5154.

Bhardwaj, V., Mirliss, M.J. 2001. **Diatomaceous earth filtration for drinking water.** Virginia: Tech Brief National Drinking Water Clearinghouse.

Bloemberg, G. V., and B.J.J. Lugtenberg. 2001. Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria. Curr. **Plant. Biol**, 4(4), 343–350.

Boonnadakul, C., Cheunbarn, S., Cheunbarn, T., Klayraung, S., Aumtong, S. and Sintuya, P. 2019. Study on the efficiency of free-living nitrogen fixing bacteria isolated from rice rhizosphere soil on auxin and gibberellin production. **The Journal of Applied Science**,18(1), 62-74.

Bruggink, G.T. 2005. Flower seed priming, pregermination, pelleting and coating. **Flower seed biology and technology,** 23, 249–262.

Cazorla, FM, Romero, D, Pérez-Garcia, A, Lugtenberg, BJ, Vicente, A and Bloemberg, G. 2007. Isolation and characterization of antagonistic *Bacillus subtilis* strains from the avocado rhizoplane displaying biocontrol activity. **Journal Appl Microbiol.**,103, 1950-1959.

Chang, R.K. and A.J. Shukla. 2000. **Polymethacrylates**. London: Handbook.

Chanway, C.P. 1998. Bacterial endophytes: ecology and practical implication. **Sydowia**, 50, 149-170.

Chindaprasirt, P., K. Boonserm, T. Chairuangsri, W. Vichit-Vadakan, T. Eaimsin, T. Sato, and K. Pimraksa. 2011. Plaster material from waste calcium sulfate containing chemicals, organic fibers and inorganic additive. **Construction and Building Materials**,25(8), 3193-3203.

Colmer, T. D, Cox, M. C. H. and Voesenek, L. A. C. J. 2006. Root aeration in rice (*Oryza sativa*): evaluation of oxygen, carbon dioxide, and ethylene as possible regulators of root acclimatizations. **New Phytologist**, 170, 767–778.

Compant, S., B. Duffy, and J. Nowak. 2005. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of Plant Diseases: principle, mechanisms of action, and future prospects. **Environ. Microb**, 71, 4951-4959.

Copeland, O.L. and Miller, B.M. . 1995. **Principles of Seed Science and Technology 3rd edition**. New York: Chapman.

Desai, M. P., Labhasetwar, V., Walter, E., Levy, R. J., and Amidon, G. L. . 1997. The mechanism of uptake of biodegradable microparticles in caco-2 cells is size dependent. **Pharm. Res.**, 14, 1568–1573.

Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. **Journal of Microbiol**, 41, 109-117.

Glick, B.R. 2012. **Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications**. London: Hindawi Corporation.

Glick, B.R., Z. Cheng, J. Czarny, and J. Duan. 2007. Promotion of plant growth by ACC deaminase-producing soil bacteria. **Journal of Plant Pathology.**, 119(3), 329-339.

Halsey, L.H., and J.M. White. 1980. Influence of raw and coated seed on production of carrot in relation to seeder device. **Hort. Sci.**, 15, 142-144.

Hardoim, P., V.L. Overbeek, and V.J. Elsas. 2008. Properties of bacterial endophytes and their proposed role in plant growth. **Trends Microbiol**, 16, 463-471.

Hartley E, Greg-Gemell L, Herridge FD. 2004. Lime pelleting inoculation serradella (*Ornithopus* spp.) increases nodulation and yield. **Soil Biol. Biochem**, 36, 1289-1294.

Hayat, R., S. Ali, and U. Amara. 2010. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. **Ann Microbiol**, 60, 98-579.

Helmer, P. 1987. Technical and commercial aspect of seed pelleting and film coating. **Thornton Heath,** 39**,** 194-204.

Herrera, J.M., G. Rubio, L. Levy, J.A. Delgado, C.A. Lucho-Constantino, S. Islas-Valdez, and D. Pellet. 2016. Emerging and established technologies to increase nitrogen use efficiency of cereals. **Agronomy**, 6(25), 1-19.

Hill, H.J. 1999. Advances in Seed Technology. **Journal of New Seeds**, 1(1), 105-112.

Igual, J., M. A. Valverde, E. Cervantes and E. Velázquez. . 2001. Phosphate-solubilizing bacteria as inoculants for agriculture: use of updated molecular techniques in their study. **Agron**, 21, 561-568.

International Seed Testing Association. 2008. **International Rules for Seed Testing. Seed Science and Technology**. Switzerland: The International Seed Testing Association, Bassersdorf

Kaewkham, T., R.K. Hynes, and B. Siri. 2016. The effect of accelerated seed ageing on cucumber germination following seed treatment with fungicides and microbial biocontrol agents for managing gummy stem blight by Didymella bryoniae. Biocontrol. **Sci. Techn**, 26(8), 1048-1061.

Khan, M.S., Zaidi, A., Wani, P.A. and Oves, M. 2009. Role of plant growth promoting rhizobacteria in the remediation of metal contaminated soils. **Environmental Chemistry Letters,** 7(1), (1-19).

Kloepper, J.W., and Schroth, M.N. 1978. Plant growth promoting rhizobacteria on radishes. In: Proceedings of the Fourth International Conference on Plant Pathogen Bacteria. **France**, 2, 879-82.

Kundu, B.S., and Gaur, A.C. 1980. Estabilshment of nitrogen-fixing and phosphate-solubilizing bacteria in rhizosphere and their effect on yield and nutrient uptake of wheat crop. **Plant and Soil**, 57(2), 223-230.

Lagunas-Lagunas, J., Zavaleta-Mejía, E., Osada-Kawasoe, S., Aranda-Ocampo, S., Luna-Romero, I. and Vaquera-Huerta, H. 2001. Bacillus firmus como agente de control biológico de Phytophthora capsici Leo. en jitomate (Lycopersicon esculentum Mill.). **Revista Mexicana de Fitopatología**, 19, 57-65.

Lakshminarayana, K., N. Narula, I.S. Hooda, and A.S. Faroda. 1992. Nitrogen economy in wheat (*Triticum aestivum*) through use of Azotobacter chroococcum. **J. Agr. Sci.**, 62(1), 75–76.

Liu, H., Y. He, H. Jiang, H. Peng, X. Huang, X. Zhang, L.S. Thomashow, and Y. Xu. 2007. Characterization of a phenazineproducing strain Pseudomonas chlororaphis GP72 with broadspectrum antifungal activity from green pepper rhizosphere. **Microbiol.**, 54, 302-306.

Mahmood, A. O.C. Turgay., M. Farooq, and R. Hayat. 2016. Seed biopriming with plant growth promoting rhizobacteria: a review. **Microbiology Ecology**, 92, 1-14.

Mehnaz, S., D.N. Baig, and G. Lazarovits. 2010. Genetic and phenotypic diversity of plant growth promoting rhizobacteria isolated from sugarcane plants growing in Pakistan. **J. Microbiol. Bio.**, 20, 1614-1623.

Oteino, N., R.D. Lally, S. Kiwanuka, A. Lloyd, D. Ryan, K.J. Germaine, and D.N. Dowling. 2015. Plant growth promotion induced by phosphate solubilizing endophytic Pseudomonas isolates. **Frontier in Microbiology.**,6, 745-751.

Petch, G. M., Maude, R.B. and White, J.G. 1991. Effect of film-coat layering of metalaxyl on the germination of carrot seeds, their emergence and the control of cavity spot. **Crop Protection.**,10, 117-120.

Phi, Quyet-Tien, P. Yu-Mi, S. Keyung-Jo, R. Choong-Min, P. Seung-Hwan, K. Jong-Guk, and G. Sa-Youl. 2010. Assessment of root-associated Paenibacillus polymyxa groups on growth promotion and induced systemic resistance in pepper. **J. Microbiol. Biotechnol.**, 20, 1605-1613.

Poole, K. 2012. Bacterial stress responses as determinants of antimicrobial resistance. **J. Antimicrob. Chemother**, 67, 2069-2089.

Ramamoorthy, V., R. Viswanathan, T. Raguchander, V. Prakasan, and R. Samiyappan. 2001. Induction of systemic resistance by plant growth promoting rhizobacteria in crop plants against pests and diseases. **Crop Protection**, 20, 1-11.

Ramette, A., M. Frapolli., G. Défago, and Y.M. Loccoz. 2003. Phylogeny of HCN synthase-encoding hcnBC genes in biocontrol fluorescent pseudomonads and its relationship with host plant species and HCN synthesis ability. **Mol. Plant-Microbe Interact.**, 16, 525-535.

Rodriguez-Vivas RI, Rodriguez-Arevalo F, Alonso-Díaz MA, Fragoso-Sanchez H, Santamaria VM, Rosario-Cruz R. 2006. Prevalence and potential risk factors for amitraz resistance in Boophilus microplus ticks in cattle farms from the state of Yucatan, Mexico. **Prev Vet Med**, 75(4), 280–286.

Rowe, R.C., Sheskey, P.J., and Quinn, M.E. 2009. Handbook of pharmaceutical excipients. 6th Edition. London: Pharmaceutical Press.

Schachtman D. P., Reid, R. J., and Ayling, S. M. 1998. Phosphorus uptake by plants: from soil to cell. **Plant Physiology,** 116, 447-453.

Shahab, S., A. Nuzhat, and S.K. Nasreen. 2009. Indole acetic acid production and enhanced plant growth promotion by indigenous PSBs. African. **J. Agricul. Res**, 4, 1312-1316.

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

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(10), 725-731.

Srimathai, P., Malarkodi, K., Geetha, R. and Krishnasamy, V. 2002. Nutrient pelleting to augment quality seed production in soybean. India Society of seed technology. **Journal of Seed Technology**, 30, 186-189.

Sujatha, P., Raju, K. B., and Ramana, T. 2005. Studies on a new marine streptomycete BT-408 producing polyketide antibiotic SBR-22 effective against methicillin resistant Staphylococcus aureus. **Microbiol. Res**, 160, 119–126.

Tank, N., and Saraf, M. 2009. Enhancement of plant growth and decontamination of nickel-spiked soil using PGPR. **Basic Microbiol**, 49, 195-204.

Taylor, A.G. and Harman, G.E. 1990. Concepts and technologies of selected seed treatments. **Annual Review of Phytopathology.**, 28, 321-339.

Thongjan, W., Luangchaisri, N. and Siri, B. 2018. Effects of seed pelleting with plant nutrients on seed quality and seedling growth of hybrid tomato seed. **Khon Kaen Agricultural Journal**, 46(3), 487-496.

Tian, Z., Zhou, H., Xu, Y., and Bai, J. 2017. MicroRNA-495 inhibits new bone regeneration via targeting high mobility group AT-Hook 2 (HMGA2). **Medical Science Monitor,** 3, 24689–4698.

Tu J. J., Wan J., Xiong H. X., Zhang J. 2016. Parental support and college students' interpersonal adaptation: the mediating role of emotional intelligence. **J. Psychol. Sci.**, 39, 964–969.

Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. **Plant Soil**, 255(2), 571–86.

Yadav R.L., Dwivedi B.S., Prasad K., Tomar O.K., Shurpali N.J., Pandey P.S. 2000. Yield trends and changes in soil organic-C and available NPK in a long-term rice-wheat system under integrated use of manures and fertilisers. **Field Crops Research**, 68, 219–246.

Yadav, R.L. 1998. Factor productivity trends in a rice-wheat cropping system under long-term use of chemical fertilizers. **Experimental Agriculture**, 34, 1–18.

Yang, O., Li, C., Li, H., Li, Y. and Yu, N. 2009. Degradation of synthetic reactive azodyes and treatment of textile wastewater by a fungi consortium reactor. **Biochemical Engineering Journal.**, 43, 225-230.

Yaqub, F and Shahzad, S. 2008. Effect of seed pelleting with *Trichoderma* spp., and Gliocladium virens on growth and colonization of roots of sunflower and mugbean by Sclerotium rolfsii. Pak. **J. Bot**, 40, 947-963.

Zenk, P. 2004. Seed coatings get serious. [Online]. Available http://farmindustrynews.com/mag/ (5 June 2021).

มหาวิทยาลัยแม่โจ้
MAEJO UNIVERSITY

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

สูตรสารพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

ตารางภาคผนวกที่ 1 สูตรสารพอก ที่ใช้ในการพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม

วัสดุพอก	วัสดุประสาน
Calcium sulfate	CMC 0.4%*
Calcium sulfate + Pumice	CMC0.4%
Calcium sulfate + Bentonite	CMC0.4%
Calcium sulfate + Talcum	CMC0.4%
Calcium sulfate + Zeolite	CMC0.4%
Calcium sulfate + Diatomaceous earth	CMC0.4%

หมายเหตุ * Carboxymethyl cellulose

ภาคผนวก ข

สูตรสารละลาย การทดสอบในระบบการปลูกพืชไร้ดิน

ตารางภาคผนวกที่ 2 สูตรสารละลาย สำหรับการทดสอบในระบบการปลูกพืชไร้ดิน

สูตรเคมี	mol m^{-3}
ธาตุอาหารหลัก	
K^+	3.95
Ca^{2+}	1.50
Mg^{2+}	0.40
NH_4^+	0.625
NO_3^-	4.375
SO_4^{2-}	1.90
$H_2PO_4^-$	0.20
Na^+	0.20
H_4SiO_4	0.10
ธาตุอาหารรอง	
B	0.025
Mn	0.002
Zn	0.002
Ni	0.0005
Cu	0.0005
Mo	0.0005
Fe-EDTA	0.05

ที่มา: Colmer et al. (2006)

ภาคผนวก ค

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล เพชรรัตน์ จี้เพชร

เกิดเมื่อ 13 พฤษภาคม 2541

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2562 ปริญญาตรี คณะเกษตร สาขาพืชไร่ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่

พ.ศ. 2559 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนแม่เจดีย์วิทยาคม เชียงราย

ประวัติการทำงาน

พ.ศ. 2564 เป็นผู้ช่วยสอนภาคบรรยายในรายวิชากระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว แก่นักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2564 มีประสบการเป็นผู้ช่วยสอนภาคปฏิบัติในรายวิชากระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว แก่นักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2564 มีประสบการณ์เป็นผู้ช่วยสอนภาคบรรยายวิชาวิทยาการเมล็ดพันธุ์ (Seed Technology) แก่นักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2564 มีประสบการณ์สอนภาคปฏิบัติการวิชาวิทยาการเมล็ดพันธุ์ (Seed Technology) แก่นักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2564 มีประสบการณ์การเป็นผู้ช่วยสอนการเรียนรู้อิสระ แก่นักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2563- 2564 มีประสบการณ์การเป็นผู้ช่วยสอนปัญหาพิเศษ แก่นักศึกษาระดับปริญญาตรี ทั้ง 2 ปี และ 4 ปี คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้