ผลของสูตรตำรับและวิธีการพอกเมล็ดด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืช ต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ การควบคุมโรคเน่าคอดิน และการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ของดาวเรือง

อรัญญา สิงโสภา

ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชไร่
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2567

ผลของสูตรตำรับและวิธีการพอกเมล็ดด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืช ต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ การควบคุมโรคเน่าคอดิน และการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ของดาวเรือง

อรัญญา สิงโสภา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชไร่
สำนักบริหารและพัฒนาวิชาการ มหาวิทยาลัยแม่โจ้
พ.ศ. 2567

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ผลของสูตรตำรับและวิธีการพอกเมล็ดด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืช
ต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ การควบคุมโรคเน่าคอดิน
และการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ของดาวเรือง

อรัญญา สิงโสภา

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของความสมบูรณ์ของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาพืชไร่

พิจารณาเห็นชอบโดย **อาจารย์ที่ปรึกษา**

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

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....
(อาจารย์ ดร.ฉัตรสุดา เผือกใจแผ้ว)
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.ชัยยศ สัมฤทธิ์สกุล)
รักษาการแทนรองอธิการบดี
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

ชื่อเรื่อง ผลของสูตรตำรับและวิธีการพอกเมล็ดด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ การควบคุมโรคเน่าคอดินและการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ของดาวเรือง

ชื่อผู้เขียน นางสาวอรัญญา สิงโสภา

ชื่อปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรพงษ์ กางโสภา

บทคัดย่อ

เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองเป็นเมล็ดที่มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา อาหารสะสมภายในเมล็ดน้อย ทำให้เกิดปัญหาในเรื่องการงอกที่ช้า และไม่สม่ำเสมอ จึงได้มีการใช้เทคโนโลยีการพอกเมล็ดพันธุ์ที่สามารถช่วยเพิ่มขนาด เปลี่ยนแปลงรูปร่างของเมล็ดพันธุ์ ให้มีความสม่ำเสมอกัน อีกทั้งดาวเรืองยังมักประสบปัญหาของการถูกเข้าทำลายของ เชื้อรา *Pythium* sp. เป็นเชื้อราสาเหตุโรคที่สำคัญในการเข้าทำลายเมล็ดพันธุ์ก่อนเมล็ดดาวเรืองงอก ทำให้เมล็ดเหี่ยวย่นและเน่าในที่สุด หรือเกิดเป็นแผลฉ่ำน้ำบริเวณโคนต้น แล้วขยายรอบลำต้น ทำให้ต้นกล้าหักพับลงและแห้งตาย จากปัญหาดังกล่าวจึงประยุกต์ใช้เทคนิคการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อรา โดยการศึกษานี้ แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง คือ การทดลองที่ 1) การศึกษาหาชนิดของวัสดุประสาน และวัสดุพอก ที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง ประกอบด้วย การทดลองย่อยที่ 1.1 การศึกษาชนิดและอัตราส่วนของวัสดุประสานที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง ใช้วัสดุประสาน 3 ชนิด คือ carboxymethyl cellulose (CMC), methyl hydroxyethyl cellulose (MHEC) และ methylcellulose (MC) ที่อัตรา 0.2%, 0.3% และ 0.4% พบว่าการพอกร่วมกับ CMC 0.3% ทำให้ก้อนพอกมีความกร่อนต่ำละลายได้ช้า และทำให้มีความยาวต้นดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และการทดลองย่อยที่ 1.2 การศึกษาวัสดุพอกที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง ใช้วัสดุพอก 7 ชนิด คือ calcium sulfate ($CaSO_4$), calcium carbonate ($CaCO_3$), talcum, bentonite, zeolite, pumice และ vermiculite จากการทดลองพบว่า การพอกด้วย vermiculite ทำให้ก้อนพอกมีความกร่อนต่ำละลายได้ช้า และท่าให้มีความยาวต้นดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก จากนั้นนำผลที่ได้มาใช้ในการทดลองที่ 2) การศึกษาผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองร่วมกับสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรค ประกอบด้วย การทดลองย่อยที่ 2.1 ศึกษาหาชนิดของสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชที่สามารถยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. 6 ชนิด คือ metalaxyl, captan, mancozeb, Imidazole, fosetyl aluminium และ chlorothalonil พบว่า

สารเคมีที่สามารถยับยั้งการเจริญของ เส้นใยของเชื้อ *Pythium* sp. ได้ดีที่สุดซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 100 เปอร์เซ็นต์ คือ mancozeb และ fosetyl aluminium จากนั้นนำมาพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองในการทดลองย่อยที่ 2.2 ศึกษาผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง ร่วมกับสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง พบว่า การพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ทำให้เมล็ดมีความงอกความแข็งแรงที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก อีกทั้งยังมีการยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. จากนั้นนำมาศึกษาผลของการเก็บรักษาในการทดลองที่ 3) ศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันเชื้อสาเหตุโรคและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บรักษาที่อายุและสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน ประกอบด้วย 3.1 ศึกษาการป้องกันโรคจาก *Pythium* sp. หลังเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน และ 3.2 การศึกษาผลของเมล็ดพอกดาวเรืองที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพอกหลังการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน พบว่า การพอกเมล็ดร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. ทำให้เมล็ดมีความงอก การเจริญเติบโตที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพควบคุมสภาพแวดล้อมเป็นเวลา 8 เดือน และการเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมเป็นเวลา 6 เดือน อีกทั้งยังมีการยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. ทั้งในการเก็บรักษาที่ควบคุมและไม่ควบคุมเป็นระยะเวลา 4 เดือน

คำสำคัญ : การพอกเมล็ดพันธุ์, การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์, เมล็ดพันธุ์ดาวเรือง, สารป้องกันกำจัดโรคพืช

Title EFFECTS OF PELLETING FORMULAS AND METHODS OF PELLETING SEED WITH FUNGICIDES ON SEED QUALITY, CONTROLLING DAMPING-OFF AND LONGEVITY ON MARIGOLD SEEDS

Author Miss Aranya Singsopha

Degree Master of Science in Agronomy

Advisory Committee Chairperson Assistant Professor Dr. Jakkrapong Kangsopa

ABSTRACT

Marigold seeds are small in size, lightweight, and contain low nutrient reserves, leading to issues with slow and inconsistent germination. To address this, seed pelleting technology has been employed to increase seed size and uniformity, thereby improving germination consistency. Additionally, marigold seeds often face problems caused by the *Pythium* sp. fungus, a significant pathogen that attacks seeds before germination, resulting in shriveled, decayed seeds or water-soaked lesions at the base of the plant, eventually leading to seedling breakage and death. To tackle these challenges, a combination of seed pelleting techniques and fungicide agents for fungal protection has been applied. This study is divided into three experiments: Experiment 1: Investigation of suitable composite and pelleting materials for marigold seed pelleting. Sub-experiment 1.1: Study of suitable composite materials and their ratios for seed pelleting. Three composite materials were used: carboxymethyl cellulose (CMC), methyl hydroxyethyl cellulose (MHEC), and methylcellulose (MC) at concentrations of 0.2%, 0.3%, and 0.4%. It was found that pelleting with 0.3% CMC resulted in slower dissolution of the pelleting pellet and longer seedling length compared to non-pelleted seeds. Sub-experiment 1.2: Study of suitable pelleting materials for marigold seeds. Seven pelleting materials were used: calcium sulfate ($CaSO_4$), calcium carbonate ($CaCO_3$), talcum, bentonite, zeolite, pumice, and vermiculite. Pelleting with vermiculite resulted in slower dissolution of the pelleting

pellet and longer seedling length compared to non-pelleted seeds. Experiment 2: Study of the effects of pelleting marigold seeds with fungicide agents to inhibit plant disease-causing pathogens. Sub-experiment 2.1: Study of fungicide agents that can inhibit *Pythium* sp. Six chemical agents were tested: metalaxyl, captan, mancozeb, Imidazole, fosetyl aluminium, and chlorothalonil. It was found that mancozeb and fosetyl aluminium were the most effective in inhibiting *Pythium* sp. growth by 100%. Sub-experiment 2.2: Study of the effects of pelleting marigold seeds with mancozeb and fosetyl aluminium on seed quality. Pelleting with mancozeb 0.4 g.ai. and fosetyl aluminium 0.1 g.ai. resulted in significantly higher germination rates and vigour seedlings compared to non-pelleted seeds, while also inhibiting *Pythium* sp. Experiment 3: Study of the effectiveness of preventing *Pythium* sp. infection and changes in seed quality after storage under different conditions. 3.1: Study of disease prevention from *Pythium* sp. after storage in different conditions. 3.2: Study of the effects of pelleted marigold seeds on seed quality after storage in different conditions. Pelleting with mancozeb 0.4 g.ai. resulted in better germination and growth compared to non-pelleted seeds after 8 months of controlled environmental storage and 6 months of ambient conditions, while also inhibiting *Pythium* sp. for up to 4 months in both controlled and ambient conditions.

Keywords : seed pelleting, seed enhancement, marigold seed, fungicides

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีเนื่องจากความช่วยเหลือจากหลายบุคคลที่ข้าพเจ้าเคารพรัก แรกสุดข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรพงษ์ กางโสภา อาจารย์ที่ปรึกษาที่ท่านได้สละเวลาในการสั่งสอนวิชาความรู้ให้คำแนะนำ ชี้แนะแนวทางต่าง ๆ ช่วยตรวจ และแก้ไขวิทยานิพนธ์ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ได้

ลำดับต่อไปขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาร่วมทั้งสองท่าน คือ อาจารย์ ดร. ฉัตรสุดา เผือกใจแผ้ว และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุธีระ เหิมฮึก ที่ได้ให้คำปรึกษาและแนะนำ ตลอดจนแนวทางในการแก้ไขเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณ ผู้ช่วยวิจัยจากศูนย์เทคโนโลยีสมัยใหม่ มหาวิทยาลัยแม้โจ้ที่คอยให้ความช่วยเหลือตลอดมา

ท้ายที่สุดนี้ข้าพเจ้าหวังอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะสามารถสร้างประโยชน์ให้แก่ผู้อื่นในการนำไปศึกษาและต่อยอดงานไม่มากก็น้อย

อรัญญา สิงโสภา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ซ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญรูปภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 15

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 18

ขอบเขตของการวิจัย 18

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 18

บทที่ 2 19

การตรวจเอกสาร 19

ดาวเรือง 19

1. ความสำคัญของดาวเรือง 19

2. การผลิตดาวเรืองในประเทศไทย 19

การเกิดโรคของดาวเรือง 20

ลักษณะเชื้อ *Pythium* sp. 21

1. ลักษณะอาการโรคพืชที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* sp. 22

2. ระยะการเข้าทำลายของเชื้อ *Pythium* sp. 22

การใช้สารเคมีในการป้องกันโรคพืชในระยะต้นกล้า 22

1. สารเคมีชนิดสัมผัส (contact fungicide) 23

2. สารเคมีชนิดดูดซึม (systemic fungicide) 24
Seed treatments 24
ประโยชน์ของการทำ seed treatment 25
การคลุกเมล็ดพันธุ์ 26
การพอกเมล็ดพันธุ์ 26
1. วัตถุประสงค์ในการพอกเมล็ดพันธุ์ 27
2. องค์ประกอบของการพอกเมล็ดพันธุ์ 27
เครื่องพอกเมล็ดพันธุ์ 32
ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อรา 33
ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ต่อคุณภาพหลังการเก็บรักษา 34
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน 36
สถานที่ทำการทดลอง 36
แหล่งที่มาของเมล็ดพันธุ์ 36
การวางแผนการทดลอง 36
การทดลองที่ 1 การศึกษาหาชนิดของวัสดุพอก และวัสดุประสาน ที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง 36
การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองร่วมกับสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรค 41
การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันเชื้อสาเหตุโรคและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บรักษาที่อายุและสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน 43
การวิเคราะห์ผลการทดลอง 44
บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง 46
การทดลองที่ 1 การศึกษาหาชนิดของวัสดุประสาน และวัสดุพอก ที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง 46

การทดลองย่อยที่ 1 การศึกษาชนิด และอัตราส่วนของวัสดุประสานที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง 46
การทดลองย่อยที่ 2 การศึกษาชนิดของวัสดุพอกที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง 55
การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองร่วมกับสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรค 63
การทดลองย่อยที่ 1 ศึกษาหาชนิดของสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชที่สามารถยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. 63
การทดลองย่อยที่ 2 ศึกษาผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง ร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง 66
การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันเชื้อสาเหคุโรคและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บรักษาที่อายุและสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน 73
บทที่ 5 สรุป และข้อเสนอแนะ ..... ฎฎฎ
สรุปผลการทดลอง ..... ฎฎฎ
ข้อเสนอแนะ ..... ฎฎฎ
บรรณานุกรม 95
ประวัติผู้วิจัย 101

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 ชนิดวัสดุประสาน (%โดยน้ำหนัก) และสัดส่วนสารพอกต่อเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง 10 กรัม. 37

ตารางที่ 2 ชนิดวัสดุพอก (กรัม) ต่อเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง 10 กรัม 41

ตารางที่ 3 ผลของการตรวจลักษณะทางกายภาพของก้อนพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานในชนิด และอัตราต่าง ๆ 47

ตารางที่ 4 การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก ความเร็วในการงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน 50

ตารางที่ 5 ความยาวต้น ความยาวราก น้ำหนักสดต้น และน้ำหนักสดรากของต้นกล้าดาวเรืองหลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน 52

ตารางที่ 6 การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้น ความงอก ความเร็วในการงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน 53

ตารางที่ 7 ความยาวต้น และน้ำหนักสดของต้นกล้าดาวเรืองหลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน 54

ตารางที่ 8 ผลของการตรวจลักษณะทางกายภาพของก้อนพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกในชนิดต่าง ๆ 56

ตารางที่ 9 การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก ความเร็วในการงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกต่างชนิดกัน 59

ตารางที่ 10 ความยาวต้น ความยาวราก น้ำหนักสดต้น และน้ำหนักสดรากของต้นกล้าดาวเรืองผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกต่างชนิดกัน 62

ตารางที่ 11 การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้น ความงอก ความเร็วในการงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกต่างชนิดกัน 62

ตารางที่ 12 ความยาวต้น และน้ำหนักสดต้นกล้าดาวเรืองหลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกต่างชนิดกัน 63

ตารางที่ 13 การยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อ Pythium sp. ของสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่างชนิดกัน 64

ตารางที่ 14 การยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อ Pythium sp. ของสารป้องกันกำจัดโรคพืชที่ชนิด และความเข้มข้นแตกต่างกัน 66

ตารางที่ 15 การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก ความเร็วในการงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่างชนิดกัน 68

ตารางที่ 16 การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้นดิน ความงอก ความเร็วในการงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่างชนิดกัน. 69

ตารางที่ 17 ความยาวต้น ความยาวราก น้ำหนักสดต้น และน้ำหนักสดรากของต้นกล้าดาวเรืองหลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่างชนิดกัน 71

ตารางที่ 18 ความยาวต้น และน้ำหนักสดต้นกล้าดาวเรืองหลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่างชนิดกัน 72

ตารางที่ 19 การยับยั้ง Pythium sp. ในสภาพห้องปฏิบัติการและความมีชีวิตในสภาพเรือนทดลองของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังผ่านการพอกร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน 75

ตารางที่ 20 การงอกรากแรก และความเร็วในการงอกรากแรก ในสภาพห้องปฏิบัติการของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังผ่านการพอกร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน 78

ตารางที่ 21 ความงอก และความเร็วในการงอก ในสภาพห้องปฏิบัติการของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังผ่านการพอกร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน 81

ตารางที่ 22 ความยาวต้น และความยาวราก ในสภาพห้องปฏิบัติการของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังผ่านการพอกร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน 84

ตารางที่ 23 น้ำหนักสดต้น และน้ำหนักสดราก ในสภาพห้องปฏิบัติการของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังผ่านการพอกร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน 85

ตารางที่ 24 การโผล่พ้นดิน และความเร็วในการโผล่พ้นดิน ในสภาพเรือนทดลองของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังผ่านการพอกร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน 88

ตารางที่ 25 ความงอก และความเร็วในการงอก ในสภาพเรือนทดลองของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังผ่านการพอกร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน 91

ตารางที่ 26 ความยาวต้น และน้ำหนักสดต้น ในสภาพเรือนทดลองของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังผ่านการพอกร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน 93

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แสดงการทดสอบของสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชในการยับยั้งเชื้อ Pythium sp. ด้วยวิธีอาหารพิษ (poisoned food technique)..... 42

ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการดำเนินการทดลอง..... 45

ภาพที่ 3 ลักษณะของก้อนพอกหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานที่ชนิดแตกต่างกัน..... 48

ภาพที่ 4 ลักษณะของต้นกล้าดาวเรืองที่ผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานที่ชนิดแตกต่างกัน ที่อายุ 14 วัน เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ..... 54

ภาพที่ 5 ลักษณะของก้อนพอกหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกที่ชนิดแตกต่างกัน..... 57

ภาพที่ 6 ลักษณะของต้นกล้าดาวเรืองที่ผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกที่ชนิดแตกต่างกัน ที่อายุ 14 วัน เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ..... 61

ภาพที่ 7 ลักษณะการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อ Pythium sp. ของสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่างชนิดกัน โดยวิธีการทดสอบ Poison Food Technique..... 65

บทที่ 1
บทนำ

ดาวเรือง (*Tagetes erecta* L.) เป็นพืชในวงศ์ Asteraceae นิยมปลูกเป็นไม้ดอกไม้ประดับ มีความสำคัญทางเศรษฐกิจอย่างมากชนิดหนึ่งของประเทศไทย สามารถใช้ประดับตกแต่งสถานที่ ขายดอกเพื่อร้อยพวงมาลัย และยังสามารถใช้เป็นส่วนผสมของสีผสมอาหาร เครื่องสำอาง และเป็นส่วนผสมอาหารสัตว์ได้ (สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2558) นอกจากนี้ยังมีการส่งออกกลีบดาวเรืองอบแห้งจำหน่ายไปยังต่างประเทศประมาณ 300-400 ตันต่อปี (ขวัญหทัย และคณะ, 2561) ซึ่งในประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกดาวเรืองถึง 4,212.90 ไร่ ให้ผลผลิตเฉลี่ย 979 กิโลกรัมต่อไร่ สามารถเพาะปลูกได้ตลอดทั้งปี และเนื่องจากการเพาะปลูกดาวเรืองทั่วไปจะทำการเพาะเมล็ดให้ได้ต้นกล้าแล้วจึงย้ายปลูกลงแปลง แต่เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองมีขนาดเล็ก แบน รูปร่างยาว และน้ำหนักเบา เมื่อนำไปเพาะกล้าทำให้มีความยากลำบากให้การเพาะ อีกทั้งเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองยังมีอาหารสะสมที่น้อย ทำให้เจริญเติบโตของต้นกล้าไม่สม่ำเสมอ ได้ต้นกล้าที่ไม่แข็งแรง (กรมส่งเสริมการเกษตร , 2564) จึงทำให้มีต้นทุนการอนุบาลต้นกล้าที่สูง อีกทั้งพื้นที่การเพาะปลูกดาวเรืองมักพบเจอโรคที่สำคัญหลายชนิด โดยเฉพาะโรคที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium* sp. เป็นสาเหตุของโรคเน่าคอดิน หรือเน่าระดับดิน (damping-off) โดยเชื้อ *Pythium* sp. อาศัยอยู่ในดิน (soil borne) (Lu et al., 2010) มีความสามารถอยู่รอดด้วยการเป็นปรสิต (parasite) กับต้นพืชเกือบทุกชนิดไม่มีความเฉพาะเจาะจง จึงเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคโคนเน่า รากเน่า และเน่าคอดินของต้นกล้าพืชหลายชนิด (Laemmlen, 2001) ซึ่งเชื้อ *Pythium* sp. สามารถแพร่ลอยกระจายไปกับละอองน้ำในอากาศได้ มีการเจริญของเส้นใยราที่รวดเร็ว ส่งผลต่อการเกิดโรคได้อย่างรวดเร็ว (อำนาจ, 2545) โดยเฉพาะเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่เป็นเมล็ดพันธุ์ขนาดเล็ก เชื้อราจะเข้าทำลายเมล็ดก่อนงอก ทำให้เมล็ดมีลักษณะอาการเน่า ทั้งที่ยังไม่งอกหรืองอกอยู่ในดิน ส่วนเมล็ดที่เจริญเป็นต้นกล้าแล้ว เชื้อราจะเข้าทำลายจนต้นกล้ามีลักษณะแผลช้ำบริเวณโคนต้น เหี่ยวแฟบ โคนต้นกล้าเป็นสีน้ำตาลดำและเน่า จึงเป็นเหตุทำให้ต้นกล้าหักพับลงได้ (อมรรัตน์ และพีระวรรณ, 2549)

จากปัญหาดังกล่าว จึงได้ใช้หนึ่งในวิธีการปฏิบัติทางเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมและสามารถช่วยแก้ปัญหาได้ คือ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการพอกเมล็ดพันธุ์ โดยการพอกเมล็ดเป็นการห่อหุ้มเมล็ดพันธุ์ด้วยวัสดุเฉื่อย เพื่อเพิ่มขนาดของเมล็ดพันธุ์ให้มีขนาดเพิ่มขึ้นและมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม (บุญมี, 2558; Taylor et al., 1998) ซึ่งการพอกเมล็ดพันธุ์สามารถเข้ามาเปลี่ยนแปลงขนาดของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่มีขนาดเล็ก เรียวยาว ให้มีรูปร่างที่ใหญ่ขึ้นและเหมาะสมสำหรับนำไปใช้มากขึ้น และช่วยให้เมล็ดมีความเหมาะสมต่อการเพาะปลูกโดยการใช้เครื่องจักรกลทางการเกษตร ให้มีความสะดวก และรวดเร็วต่อการเพาะปลูกได้ดีมากยิ่งขึ้น (Hill, 1999) อีกทั้งยังช่วยปกป้องเมล็ดจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมได้ ซึ่งองค์ประกอบที่สำคัญที่จะทำให้การพอกเมล็ดพันธุ์ประสบผลสำเร็จได้นั้น ขึ้นอยู่กับวัสดุพอก วัสดุประสาน และสารออกฤทธิ์ โดยวัสดุพอกเป็นส่วนเติมเต็มเมล็ดพันธุ์ให้มีขนาดและน้ำหนักเพิ่มขึ้นตามที่ต้องการ โดยทั่วไปวัสดุพอกที่นิยมนำมาใช้ในการพอกเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ calcium sulfate, calcium carbonate, pumice, bentonite, talcum, zeolite และ vermiculite เป็นต้น โดยมีการรายงานการพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบด้วยวัสดุพอก 7 ชนิด คือ calcium carbonate, talcum, lime stone, bentonite, zeolite และ pumice พบว่า วัสดุพอก

แต่ละชนิดส่งผลต่อความงอก ความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ยาสูบแตกต่างกัน อีกทั้งวัสดุพอกชนิดอื่น ๆ ที่สามารถใช้ในการพอกเมล็ดได้ เช่น talcum, limestone, calcium carbonate, vermiculite, pumice, gypsum, bentonite, dolomite, zeolite, ดินขาว (kaolin clay), หินปูน (limestone), ดินเบา (diatomaceous earth) และปุ๋ยคอก (Taylor et al., 1992) โดยวัสดุพอกที่ดีควรมีคุณสมบัติในการขึ้นรูปได้ง่าย มีขนาดของอนุภาคที่สม่ำเสมอ ไม่มีผลไปขัดขวางต่อกระบวนการซึมผ่านของน้ำ ออกซิเจน และต้องไม่เป็นพิษหรือส่งผลเสียต่อคุณภาพและการงอกของเมล็ดพันธุ์ (จักรพงษ์ และบุญมี, 2557) และในส่วนของวัสดุประสานทำหน้าที่เป็นกาวยึดเกาะระหว่างเมล็ดกับวัสดุพอก มีหลายประเภท มีทั้งสารเคมีสังเคราะห์ และวัสดุธรรมชาติ เช่น Carboxymethyl cellulose (CMC), Hydroxymethyl cellulose (HMC), Methyl cellulose (MC), Sodium carboxymethyl cellulose (Na-CMC) และ hydroxypropyl methylcellulose phthalate (HPMCP) โดยระดับความเข้มข้น ปริมาณที่ใช้ และชนิดของวัสดุประสานที่ใช้ล้วนมีผลต่อเมล็ดพันธุ์ที่แตกต่างกัน (จักรพงษ์ กางโสภา , ธิดารัตน์ ศิริบูรณ์ , & เพชรรัตน์ จี้เพชร 2563) โดยมีการรายงานการพอกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไร่ขนาดเล็กด้วยวัสดุพอกที่แตกต่างกัน 7 ชนิด ร่วมกับวัสดุประสาน 4 ชนิด ที่อัตราแตกต่างกัน คือ hydroxypropyl methylcellulose (HPMC), gum arabic, carboxymethyl cellulose (CMC power) และ methyl cellulose พบว่า hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) มีคุณสมบัติในการนำมาใช้เป็นวัสดุประสานที่ดี มีความเหนียว และยืดหยุ่น สามารถยึดเกาะกับวัสดุพอกได้ดีขึ้นสามารถขึ้นรูปทรงกลมได้ง่าย (นงนุช และบุญมี, 2556)

อีกทั้งการพอกเมล็ดพันธุ์ยังสามารถเพิ่มเติมสารเคมีป้องกันโรค ควบคุมการเกิดโรคเน่าคอดินที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* sp. ได้ โดยช่วยให้คุณภาพของต้นกล้ามีการเจริญเติบโตแข็งแรงพร้อมที่จะย้ายปลูกในแปลงปลูกได้ยกตัวอย่างเช่นการใช้ metalaxyl, captan, mancozeb, Imidazole, fosetyl aluminium และ chlorothalonil เป็นต้น ซึ่งสารเคมีป้องกันเชื้อราเหล่านี้จะเข้าไปช่วยให้เมล็ดพันธุ์สามารถป้องกันการเข้าทำลายเชื้อราสาเหตุโรคที่สำคัญในระยะต้นกล้าได้ ยกตัวอย่างการรายงานของ จักรพงษ์ (2558) พบว่าการพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบด้วย captan อัตรา 4 และ 6 g.ai. metalaxyl อัตรา 2, 4 และ 6 g.ai. และ copper hydroxide อัตรา 4 และ 6 g.ai. สามารถยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อ *Pythium* sp. ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และเห็นได้ชัดเจนว่าเมล็ดพันธุ์ยาสูบไม่พอกจะมีแนวโน้มการเกิดโรคเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ โดยการใช้สารเคมีเพื่อป้องกันกำจัดโรคของดาวเรืองจะต้องมีความเหมาะสมทั้งชนิดและอัตราของสารเคมีที่ใช้ร่วมกับวิธีการพอกเมล็ด ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงได้พัฒนาสูตรตำรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองร่วมกับสารเคมีป้องกันโรคเน่าคอดินในระยะต้นกล้า เพื่อค้นหาสูตรตำรับสำหรับการพอกเมล็ดดาวเรืองที่เหมาะสม รวมทั้งการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองร่วมกับสารป้องกันโรคเน่าคอดิน เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในการผลิตดอกดาวเรืองให้ได้คุณภาพสูงด้วย

นอกจากนี้การพอกเมล็ดพันธุ์ ยังสามารถช่วยเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้นานยิ่งขึ้น ซึ่งศักยภาพสำหรับการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ส่วนใหญ่เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพันธุศาสตร์ แต่ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม โดยจะเป็นความแตกต่างของสายพันธุ์ที่มีอยู่จำนวนมากมาย และเมล็ดพันธุ์ที่มีเชื้อราติดอยู่ นอกจากนี้ลักษณะองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดพันธุ์ยังมีอิทธิพลต่อศักยภาพในการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ เพราะฉะนั้นความสามารถของการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ คือหนึ่งในลักษณะที่สำคัญของ

เมล็ดที่มีคุณภาพสูง (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2555) โดยมีการรายงานของ Javed and Afzal (2020) จากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ 5 เดือนหลังพอกร่วมกับ bentonite, China powder, rhizobia, calcium oxide (CaO) และ talcum พบว่า เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่พอกร่วมกับ bentonite, calcium oxide (CaO) และ talcum ยังมีอัตราการงอกสูงถึง 80.33 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ไม่ได้พอก ซึ่งมีอัตราการงอกเพียง 57.33 เปอร์เซ็นต์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาชนิดและอัตราของวัสดุประสาน วัสดุพอกที่เหมาะสมต่อการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง

2. เพื่อศึกษาสูตรการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองร่วมกับสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช

3. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง และการควบคุมเชื้อ *Pythium* sp. หลังการพอกร่วมกับสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช หลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพควบคุมอุณหภูมิและไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ

ขอบเขตของการวิจัย

1. เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่ใช้ในการทดลอง คือ เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองสายพันธุ์ศรีสยามดีฟโกลล์ (Sri Siam Deep Gold)

2. เชื้อ *Pythium* sp. ที่ใช้ทดสอบได้มาจากแปลงปลูกดาวเรือง ในอำเภอพร้าว จังหวัดเชียงใหม่

3. สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชที่ใช้เป็นสารเคมีชนิดสัมผัส และชนิดดูดซึม

4. การเก็บรักษาหลังการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองร่วมกับสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช โดยเก็บรักษาในห้องที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ (อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90%) และห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิ (อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80%)

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำไปต่อยอดให้บริการเพื่อเพิ่มคุณภาพและประสิทธิภาพของเมล็ดพันธุ์เพิ่มการเจริญเติบโตของพืช และลดการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ได้

2. สามารถเป็นผู้ให้บริการพอกเมล็ดพันธุ์เพื่อลดการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคเน่าคอดินเพิ่มโอกาสในการเก็บเกี่ยวที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นได้

3. สามารถยกระดับการเป็นผู้ประกอบการในอนาคตเกี่ยวกับการให้บริการการเคลือบหรือการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองได้

4. สามารถต่อยอดสร้างสูตรสารพอกเมล็ดพันธุ์สำเร็จรูปสำหรับจำหน่ายทั้งภายในและภายนอกประเทศได้

5. สามารถต่อยอดการสร้างเครื่องเคลือบและเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์ที่มีความจำเพาะเจาะจงต่อชนิดของเมล็ดพันธุ์ได้

6. สามารถยกระดับการเป็นผู้นำด้านเทคโนโลยีทางด้านเมล็ดพันธุ์ของประเทศไทยได้

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

ดาวเรือง

1. ความสำคัญของดาวเรือง

ดาวเรือง (*Tagetes erecta* L.) เป็นพืชในวงศ์ Asteraceae มีถิ่นกำเนิดในอเมริกาใต้ และมีการปลูกมานานโดยชาวพื้นเมือง ซึ่งนิยมนำมาทำเป็นเครื่องเทศและน้ำมันหอมระเหย (Babaei et al., 2021) และดาวเรืองยังมีสารสำคัญหลายชนิด เช่น แคโรทีนอยด์ กรดฟีนอล และ ฟลาโวนอยด์ เป็นต้น ซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบทางยาได้ ทั้งต้านเชื้อแบคทีเรีย กระตุ้นภูมิคุ้นกัน เป็นต้น (Zarrinabadi et al., 2019) นอกจากนี้ดาวเรืองยังสามารถใช้ประโยชน์ในการทำเป็นสีย้อม สีผสมอาหาร และสามารถนำไปผสมกับอาหารสัตว์ได้ (รัตนาภรณ์ และคณะ, 2554) ซึ่งในประเทศไทยนิยมใช้ดาวเรืองประดับตกแต่งสถานที่เพื่อความสวยงาม ใช้ดอกดาวเรืองร้อยเป็นพวงมาลัยเพื่อบูชาพระและสิ่งศักดิ์สิทธิ์ตามความเชื่อ (สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2558) และมีการส่งออกกลีบดาวเรืองอบแห้งจำหน่ายไปยังต่างประเทศประมาณ 300-400 ตันต่อปี (ขวัญหทัย และคณะ, 2561) ซึ่งดาวเรืองเป็นต้นไม้ล้มลุก มีอายุประมาณ 1 ปี ลำต้นมีสีเขียวเป็นร่อง ไม่มีเนื้อไม้ ทรงพุ่มเป็นเหลี่ยม สูง 25-60 เซนติเมตร แตกกิ่งมากที่โคน ใบเป็นใบประกอบคล้ายขนนก มีใบย่อยประมาณ 11-17 ใบ ความกว้างประมาณ 0.5-15 เซนติเมตร ยาวประมาณ 2.5-5 เซนติเมตร ออกดอกเดี่ยวที่ปลายยอด เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 5-10 เซนติเมตร ความยาวประมาณ 1.5-2 เซนติเมตร ส่วนกลีบดอกซ้อนกันแน่น ปลายกลีบดอกเป็นฟันเลื่อย มีทั้งดอกสีเหลือง ส้ม ทอง และขาว โคนกลีบดอกเป็นหลอดเล็ก ปลายแผ่เป็นรูปไข่กลับ กลีบบางเป็นริ้ว ดอกวงในกลีบดอกเป็นหลอดสีเหลืองปลายจัก มีกลิ่นหอมอ่อน ๆ มีเมล็ดสีดำ เรียวยาว และมีน้ำหนักเบา โดยที่พันธุ์ดาวเรืองที่นิยมปลูกในประเทศไทย คือ

1. พันธุ์ซอฟเวอร์เรน มีลักษณะดอกสีเหลือง กลีบดอกซ้อนกันแน่น สวยงาม ดอกมีขนาดประมาณ 10 เซนติเมตร
2. พันธุ์ทอรีดอร์ มีลักษณะดอกสีส้ม ขนาดประมาณ 8.5-10 เซนติเมตร
3. พันธุ์ดับเบิล อีเกิล มีลักษณะดอกสีเหลือง ขนาดประมาณ 8.5 เซนติเมตร และมีก้านดอกแข็ง
4. พันธุ์ดาวเรืองเกษตร เป็นดาวเรืองที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นำเข้ามาทดลองปลูกและคัดเลือกพันธุ์ที่โครงการเกษตรที่สูง และได้คัดเลือกพันธุ์ไว้ได้ 2 พันธุ์ คือ ดาวเรืองเกษตร พันธุ์สีทองเบอร์ 1 และดาวเรืองเกษตรพันธุ์สีทองเบอร์ 4 (สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2558)

2. การผลิตดาวเรืองในประเทศไทย

ในประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกดาวเรืองถึง 4,212.90 ไร่ กระจายทั่วประเทศ (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2556) โดยเฉพาะพื้นที่ในจังหวัดเชียงใหม่ พะเยา ลำปาง นนทบุรี ราชบุรี สุพรรณบุรี สมุทรสาคร อุดรธานี และกรุงเทพมหานคร เกษตรกรสามารถปลูกดาวเรืองได้ 1-2 รอบต่อปี ได้

ผลผลิตเฉลี่ย 979 กิโลกรัมต่อไร่ มีราคาขายเฉลี่ยได้ 63 บาทต่อกิโลกรัม และผลตอบแทนเฉลี่ย 27,056 บาทต่อไร่ต่อรอบการผลิต (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) โดยการผลิตดอกดาวเรืองเกษตรกรนิยมใช้วิธีการเพาะกล้าแล้วย้ายปลูก (ภาควิชาพืชสวนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2559) สำหรับประเทศไทยได้มีการปลูกดาวเรืองนั้นสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลายด้าน ยกตัวอย่างเช่น

2.1 การปลูกเพื่อประดับให้ความสวยงาม ตามอาคารสถานที่ต่าง ๆ เนื่องจากดอกที่สวยงามและมีอายุการใช้งานค่อนข้างนาน

2.2 การปลูกเพื่อป้องกันแมลง เนื่องจากดาวเรืองเป็นพืชที่มีกลิ่นฉุนจึงใช้เป็นพืชที่สามารถไล่แมลงได้ นอกจากนี้ส่วนของรากดาวเรืองยังมีสารแอลฟา เทอร์เธียนิล ซึ่งสามารถควบคุมไส้เดือนฝอยในดินได้ด้วย

2.3 การปลูกเพื่อตัดดอกขาย เนื่องจากดอกดาวเรืองมีกลีบดอกซ้อนกันแน่น ปลายกลีบดอกเป็นฟันเลื่อย มีทั้งดอกสีเหลือง ส้ม ทอง และขาว บางสายพันธุ์มีดอกขนาดใหญ่ จึงทำให้ได้รับความนิยมในการนำมาร้อยมาลัย ปักแจกัน และตกแต่งงานพิธีการต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย

2.4 การปลูกเพื่อเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรม โดยในดอกดาวเรืองมีสารสีที่สำคัญคือ แซนโธฟิลล์ในปริมาณมาก จึงมีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมสีผสมอาหาร อีกทั้งกลีบดอกดาวเรืองยังสามารถผสมเป็นอาหารสัตว์ และในปัจจุบันยังมีการส่งออกกลีบดาวเรืองอบแห้งจำหน่ายไปยังต่างประเทศประมาณ 300- 400 ตันต่อปี ดังนั้นจึงได้มีการสนับสนุนจากทางราชการและเอกชน ให้เกษตรกรปลูกดาวเรืองเพื่อการผลิตอาหารสัตว์และใช้ในอุตสาหกรรมมากขึ้น (ขวัญหทัย และคณะ, 2561)

2.5 การปลูกเพื่อผลิตเมล็ดพันธุ์ เมล็ดดาวเรืองเป็นเมล็ดแห้ง เล็ก และมีหาง ทำให้ยากต่อการเพาะเมล็ดและการอนุบาลต้นกล้า ทำให้บ่อยครั้งที่เกษตรกรต้องเพาะกล้าดาวเรืองเพิ่ม เพื่อซ่อมแซมต้นกล้าที่ผิดปกติ ทำให้เกิดต้นทุนในการซื้อเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น อีกทั้งเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองยังเป็นเมล็ดพันธุ์ที่มีมูลค่าค่อนข้างสูง ประมาณ 0.80 – 1 บาทต่อ 1 เมล็ด (กรมวิชาการเกษตร, 2565)

ในการผลิตดาวเรืองในระบบอุตสาหกรรมนั้น เกษตรกรจะเพาะเมล็ดให้ได้ต้นกล้า แล้วจึงย้ายลงแปลงปลูก ดังนั้นการมีเมล็ดคุณภาพดีจะส่งผลให้เกษตรกรได้ต้นกล้าดาวเรืองที่แข็งแรงสมบูรณ์ นอกจากคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองแล้วการจัดการแปลงปลูกของดาวเรืองให้ปราศจากโรคก็เป็นสิ่งที่สำคัญ เนื่องจากต้นกล้าดาวเรืองที่พึ่งย้ายปลูกยังมีความอ่อนแอต่อสภาพแวดล้อม และการเข้าทำลายของโรค ซึ่งจะส่งผลให้ต้นกล้าดาวเรืองเกิดความเสียหาย ทำให้เพิ่มต้นทุนการผลิตดาวเรืองมากขึ้น

การเกิดโรคของดาวเรือง

ในการเพาะปลูกดาวเรืองในระบบอุตสาหกรรม ดาวเรืองมักพบปัญหาเรื่องโรคตั้งแต่เป็นเมล็ด ระยะกล้า จนถึงออกดอก ส่งผลให้ผลผลิตของดาวเรืองลดลง ซึ่งปัจจัยการถูกเข้าทำลายมาจากทั้งแบคทีเรีย ไวรัส และไส้เดือนฝอย โดยเฉพาะเชื้อราซึ่งสามารถอาศัยอยู่ได้ทั้งในดิน ในต้นพืช สามารถแพร่กระจายมาได้ทั้งกับลม น้ำในระบบชลประทาน ทำให้เมื่อมีการเพาะปลูกดาวเรืองจึงส่งผลให้มีการแพร่กระจายของโรคในดาวเรืองมากขึ้น โดยเชื้อราสำคัญที่ก่อให้เกิดโรคในดาวเรือง (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2556) ได้มีสาเหตุของเชื้อก่อโรคมากมาย แต่เชื้อก่อโรคที่เป็นต้นเหตุสำคัญในการทำลายเมล็ด และต้นกล้าดาวเรือง คือ เชื้อรา *Pythium* sp. โดยเฉพาะโรคเน่าคอดินซึ่งจะทำ

ให้ต้นกล้าที่ติดเชื้อมีอาการเน่าเปื่อยบริเวณโคนต้น และทำให้ต้นกล้าตายในที่สุด ซึ่งเชื้อรา *Pythium* sp. สามารถอาศัยอยู่ในดินได้นาน มีเส้นใยเจริญเติบโตได้เร็ว และมีโอกาสไปสัมผัสกับเมล็ดในแปลงปลูกโดยตรง ซึ่งจะทำให้เมล็ดพันธุ์เน่าตายได้ (อำนาจ, 2545) ซึ่งลักษณะอาการต้นกล้าที่โดนเชื้อราเข้าทำลายจะมีลักษณะแผลช้ำบริเวณโคนต้น เหี่ยวแฟบ โคนต้นกล้าเป็นสีน้ำตาลดำและเน่า จึงเป็นเหตุทำให้ต้นกล้าหักพับลงได้ ซึ่งเชื้อรา *Pythium* sp. สามารถแพร่ลอยกระจายไปกับละอองน้ำในอากาศได้ มีการเจริญของเส้นใยราที่รวดเร็ว ส่งผลต่อการเกิดโรคได้อย่างรวดเร็ว (Gurjar et al., 2019)

ลักษณะเชื้อ *Pythium* sp.

การจัดระเบียบอนุกรมวิธานของเชื้อ *Pythium* sp. ตามเอกสารของ (Uzuhashi et al.2010) มีดังนี้

Kingdom: Chromista

Phylum: Oomycota

Class: Oomycetes

Order : Pythiales

Family: Pythiaceae

Genus: Pythium

เชื้อ *Pythium* sp. อยู่ในชั้น (Class) Oomycetes ลำดับ (Order) Pythiales วงศ์ (Family) *Pythiaceae* เป็นสาเหตุของโรคเน่าคอดิน หรือเน่าระดับดิน (damping-off) ของต้นกล้าพืชสำคัญหลายชนิด ซึ่งเข้าทำลายทั้งต้นกล้าพืชและเมล็ดพันธุ์ในดินก่อนงอก โดยที่เชื้อ *Pythium* sp. เป็นพวกที่เกิดและอาศัยอยู่ในดิน (soil borne) มีความสามารถที่อยู่รอดด้วยการเป็นพวกซาโพไฟท์ (saprophyte) ซึ่งเป็นปรสิตกับพืชเกือบทุกชนิด ไม่เฉพาะเจาะจง ทำให้เกิดโรคพืชหลายชนิดต่อพืชเศรษฐกิจ เข้าทำลายต้นพืชได้ทั้งก่อนและหลังการงอกของเมล็ดพืชในดิน การระบาดทำลายต้นกล้าได้อย่างรวดเร็วขึ้นอยู่กับชนิดและสิ่งแวดล้อม ต่อพืชบางชนิดอาจถูกเข้าทำลายได้เมื่อตอนอายุมาก ๆ เช่น พืชตระกูลแตงที่ปลูกในพื้นที่ระบายน้ำได้ไม่ดี ความไม่สมดุลเหมาะสมกับการใส่ปุ๋ยให้กับพืชหรือพืชที่ปลูกไร้ดิน เช่น ผักกระเฉด เป็นต้น (Schroeder et al., 2013)

เชื้อ *Pythium* sp. มีเส้นใยที่ไม่มีผนังกั้น สร้างสปอร์ที่เกิดจากการผสมพันธุ์ทางเพศ มีผนังหนาและสปอร์ที่เกิดแบบไม่ผสมพันธุ์ทางเพศ เป็นสปอร์รูปร่างต่างกัน อาจมีรูปร่างกลม เป็นเส้นยาวขึ้นอยู่กับชนิด โดยที่สปอร์จะงอกเส้นใย 1-2 วัน หรืออาจสร้างสปอร์มีหางว่ายน้ำได้ โดยเชื้อ *Pythium* sp. สามารถติดมากับเมล็ด ดินและวัสดุปลูก น้ำที่ใช้รด ถาดที่ใช้เพาะกล้า สภาพแวดล้อมที่ทำให้เชื้อรานี้ระบาดได้ง่ายคือ เมื่อมีอากาศร้อนและมีความชื้นสูง ดินหรือวัสดุเพาะระบายน้ำไม่ดีและมีสภาพเป็นกรดมากเกินไป (wei et al., 2010)

1. ลักษณะอาการโรคพืชที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* sp.

เชื้อ *Pythium* sp. เป็นพวกเชื้อราน้ำอาศัยอยู่บนเศษซากพืช อินทรีย์วัตถุในดินซึ่งทำให้สามารถเข้าทำลายเมล็ดก่อนเมล็ดพืชงอก ทำให้เมล็ดมีลักษณะอาการเน่าทั้งที่ยังไม่งอก หรืองอกอยู่ในดินได้ อาการของพืชหลังการเข้าทำลายของเชื้อ *Pythium* sp. จะพบว่าต้นกล้าฟุบตาย บริเวณโคนต้นจะมีลักษณะแผลช้ำ เหี่ยวแฟบ คอเป็นสีน้ำตาลดำและเน่า เป็นเหตุทำให้ต้นกล้าหักพับลง (อมรรัตน์ และพีระวรรณ, 2552)

2. ระยะการเข้าทำลายของเชื้อ *Pythium* sp.

อาการโรคโคนเน่าแบ่งออกเป็น 2 ระยะ คือ

2.1 ระยะก่อนงอกพ้นดิน เชื้อ *Pythium* sp. เข้าทำลายเมล็ดก่อนจะงอกพ้นดิน ทำให้เมล็ดไม่งอกหรือต้นอ่อนถูกทำลายทันที จึงไม่มีใบเลี้ยงเกิดขึ้นมา โดยเชื้อราจะเข้าทำลายเมล็ดก่อนเมล็ดพันธุ์งอก ทำให้เมล็ดมีลักษณะอาการเน่า ทั้งที่ยังไม่งอกหรืองอกอยู่ในดิน

2.2 ระยะต้นกล้า เมื่อเมล็ดพืชโตขึ้นในระยะต้นกล้าเชื้อ *Pythium* sp. จะแพร่กระจายอย่างรวดเร็วในเนื้อเยื่อพืชโดยเฉพาะราก ทำให้ต้นกล้าเหี่ยวและหักล้มก่อนจะแสดงอาการเหี่ยว โดยส่วนติดผิวดินจะเน่า ที่โคนต้นกล้าดาวเรือง จนเกิดอาการฉ่ำน้ำ ใบเลี้ยงยังคงเขียว ไม่มีอาการเหี่ยว จนกระทั่งต้นกล้าล้มพับเพราะมีแผลช้ำที่โคนต้นระดับดิน ต้นกล้าแสดงอาการเหี่ยวและตายในเวลารวดเร็วบริเวณที่เป็นโรคจะค่อย ๆ ขยายวงกว้างออกไปเป็นวงกลมกว้างขยายใหญ่ขึ้นในแปลงกล้าหรือในกระบะเพาะกล้า (Bruce et al., 2008)

ในการจัดการกับโรคที่เกิดจากเชื้อราสามารถทำได้หลายวิธี ยกตัวอย่างเช่น การจัดการแปลงปลูกไม่ให้เป็นแหล่งสะสมของเชื้อรา และการใช้สารเคมีป้องกันเชื้อรา เป็นต้น

การใช้สารเคมีในการป้องกันโรคพืชในระยะต้นกล้า

ปัจจุบันเกษตรกรมีการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชกันมากขึ้นเพราะต้องการให้ผลผลิตของตนที่เพาะปลูกไว้ปราศจากโรคและแมลง มาทำลายจนก่อให้เกิดความเสียหาย สารเคมีกำจัดศัตรูพืชที่เลือกใช้บางครั้งก็ไม่ตรงกับศัตรูพืชที่มารบกวน หรือใช้ผสมรวมกันหลากหลายชนิด และที่สำคัญสารแต่ละชนิดที่ใช้มีความเป็นพิษร้ายแรงสูงอาจทำให้เกษตรกรได้รับอันตราย เกิดอาการและความเจ็บป่วยต่างๆ ตามไปด้วย ผู้บริโภคที่ซื้อผลผลิตของเกษตรกรมารับประทานก็อาจจะได้รับอันตรายตามไปด้วย นอกจากนี้การใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชมากเกินความจำเป็น หรือไม่รู้จักวิธีการกำจัดหรือทำลายอย่างถูกต้องสารเคมีกำจัดศัตรูพืชนั้นก็อาจสะสมลงบนพื้นดิน แม่น้ำ ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในชุมชนของตนและบริเวณใกล้เคียงได้ ดังนั้นเกษตรกรควรที่จะทำความเข้าใจอย่างถ่องแท้เกี่ยวกับสารเคมีกำจัดศัตรูพืช ตั้งแต่ การผสม การฉีดพ่น การกำจัดหรือทำลายอย่างถูกต้อง และการเลือกซื้อสารเคมีในการป้องกันโรคพืชที่มีหลายชนิด (กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข, 2553) ซึ่งความเสียหายของพืชที่ติดเชื้อราจะเกิดได้ตั้งแต่การเพาะเมล็ด ไปจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิตทำให้มีการเหี่ยวและตายลง (Reuveni, 1982)

สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชมีหลายชนิด ซึ่งแบ่งตามคุณสมบัติการเข้าสู่พืชได้เป็น 2 ชนิดคือ

1. สารเคมีชนิดสัมผัส (contact fungicide)

ไม่ดูดซึมเข้าสู่พืช สารเคมีกลุ่มนี้เมื่อฉีดพ่นลงบนต้นพืชแล้วจะปกคลุมผิวพืชภายนอก สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา หรือยับยั้งการสร้างสปอร์บริเวณที่สัมผัสโดยตรง สามารถใช้ป้องกันก่อนที่พืชจะติดเชื้อ สารเคมีกลุ่มนี้มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดโรคได้อย่างกว้างขวาง ออกฤทธิ์ได้หลายจุด (multi-site actions) ยกตัวอย่างเช่น

1.1 แคปแทน (captan) อยู่ในกลุ่มสารเคมี Phthalimide มีสาระสำคัญ คือ N-(trichloromethylthio) cyclohex-4-ene-1,2-dicarboximide 50% WP ใช้ป้องกันและกำจัดโรคที่เกิดจาก เชื้อรา *Pseudocercospora dendrobii* เชื้อราสาเหตุโรคพืชทางดิน ได้แก่ เชื้อ *Phytophthora* spp. เชื้อ *Pythium* spp. เชื้อ *Fusarium* spp. เชื้อ *Rhizoctonia* spp. และเชื้อ *Sclerothium* spp. ให้ผลในทางป้องกันและกำจัดโรคพืชที่กำจัดได้ เช่น โรคเน่าดำ โรคเน่าสีน้ำตาล โรคใบจุด โรคราน้ำค้าง โรคใบไหม้ แอนแทรคโนส เน่าคอดิน ออกฤทธิ์แบบสัมผัส สามารถป้องกันโรคโคนเน่า แอนแทรคโนส ราน้ำค้าง ใบไหม้ ใบจุดใบแห้ง ใช้ป้องกันกำจัดโรคใบปื้นเหลือง (yellow leaf spot) ในกล้วยไม้ ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Pseudocercspore dendrobii* (H.C.Burnett) U.Braun เท่านั้น จากการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยแคปแทน ในอัตราที่แตกต่างกัน คือ 2, 4 และ 6 g.ai. พบว่าการเคลือบเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองด้วยแคปแทนทุกอัตรามีแนวโน้มเปอร์เซ็นต์เมล็ดเน่าเมล็ดแข็ง และต้นกล้าผิดปกติน้อยกว่าเมล็ดไม่เคลือบด้วยแคปแทน และการเคลือบเมล็ดด้วยแคปแทนที่อัตรา 2 g.ai. มีความยาวต้นกล้าสูงที่สุด การเคลือบเมล็ดด้วยแคปแทนที่อัตรา 4 และ 6 g.ai. มีความยาวผลรวมของต้นกล้าถั่วเหลืองดีที่สุด (จักรพงษ์ และคณะ, 2563)

1.2 คอปเปอร์ ไฮดรอกไซด์ (copper hydroxide) อยู่ในกลุ่มสาร Inorganic เป็นสารเคมีป้องกันโรคใบไหม้ในมันฝรั่ง ที่มีสาเหตุจากเชื้อรา *Phytophthora infestans* โรคใบติดในทุเรียน ที่มีสาเหตุจากเชื้อรา *Rhizoctonia* sp. โรคแคงเกอร์ในมะนาว ที่มีสาเหตุจากเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomnas axonopodis* pv. Citri และจากการทดสอบประสิทธิภาพสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช ในการป้องกันกำจัดเชื้อราสกุล *Pythium* สาเหตุโรคกล้าเน่าในผัก พบว่าสารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดเชื้อราที่มีประสิทธิภาพมาก ได้แก่ metalaxyl และ propamocarb hydrochloride รองลงไปที่พอจะใช้ในการป้องกันกำจัดได้บ้างระดับหนึ่ง ได้แก่ phosphonic acid (ยุทธศักดิ์ และคณะ, 2555) และจากการคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียวกับสารฆ่าเชื้อรา 6 ชนิด คือ benlate dithane M-45 captan metalaxyl thiram และ vitavax พบว่าการคลุกเมล็ดร่วมกับ benlate dithane M-45 และ thiram มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมเชื้อรา *M. phaseolina* ที่ติดมากับเมล็ดได้ และช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความงอกของถั่วเขียวได้ (แซมซูร และคณะ, 2544)

1.3 แมนโคเซป (mancozeb) จัดอยู่ในกลุ่มสารเคมี Dithiocarbamate อยู่ในกลุ่มเดียวกับ มาเนบ (maneb) ไซเนบ (zineb) โพรพิเนบ (propineb) และไธแรม (thiram) เป็นต้น สามารถยับยั้งหมู่ sulfhydryl ของกรดอะมิโนและเอนไซม์ภายในเซลล์ของเชื้อรา (พัชรินทร์ และคณะ, 2565) ซึ่งส่งผลต่อกระบวนการเมทาบอลิซึมของไขมันและการหายใจของเซลล์โดยทั่วไปแล้ว สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อสาเหตุโรคในกลุ่ม Oomycetes มักเป็นสารเคมีเมทาแลกซิล (Metalaxyl) เนื่องจากเป็นสารเคมีที่มีกลไกยับยั้งการสังเคราะห์และการทำงานของเอนไซม์ RNA polymerase Iซึ่งออกฤทธิ์จำเพาะต่อเชื้อในกลุ่ม Oomycetes ได้ตรงจุดกว่าสารเคมีแมนโคเซบ แต่ด้วยเหตุที่สารเคมีเมทาแลก

ซิลเป็นสารที่มีความเสี่ยงสูงที่ทำให้เชื้อในกลุ่มดังกล่าวเกิดความต้านทานได้ง่าย (Wu and Andreas, 2002); (Kongtragoul, 2021)

2. สารเคมีชนิดดูดซึม (systemic fungicide)

สารเคมีชนิดนี้เมื่อฉีดพ่นลงบนพืชแล้วจะถูกดูดซึมเข้าไปภายในเนื้อเยื่อพืช อีกทั้งยังสามารถเคลื่อนย้ายไปยังส่วนต่าง ๆ ของต้นพืชได้ จะออกฤทธิ์เพียงจุดใดจุดหนึ่ง (single-siteaction) เหมาะสำหรับพืชที่เพิ่งเริ่มเป็นโรค หรือเมื่ออาการของโรคยังไม่รุนแรง ยกตัวอย่างเช่น

2.1 เมทาแลกซิล (metalaxyl) มีสารสำคัญ คือ Phenylamide (Babaei)-2-[(2,6-dimethylphenyl)-methoxyacetylamino] propionic acid methyl ester เป็นสารเคมีป้องกันกำจัดประเภทดูดซึม ใช้ป้องกันกำจัดโรคเส้นดำ ป้องกันและกำจัดเชื้อราที่บาดแผลของต้นไม้ที่เกิดจากการทำลายของเชื้อรา ที่เป็นสาเหตุของโรคต้นเน่า โรครากเน่าโคนเน่า โรคราน้ำค้าง หรือป้องกันเชื้อราที่บาดแผลหลังจากตัดแต่งกิ่ง (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่าและพันธุ์พืช, 2564) ใช้ป้องกันและกำจัดโรคพืช เช่น โรคใบไหม้ในมะเขือเทศ มันฝรั่ง, โรคใบจุดตาเสือเผือก, โรคผลเน่า ในเงาะ, โรคยอดเน่าต้นเน่าสับปะรด, โรคผลเน่ามะเขือเปราะ มะเขือพวง, โรครากเน่าโคนเน่าในทุเรียน ส้ม ส้มโอ มะละกอ, โรคเน่าดำ, โรคยอดเน่าในกล้วยไม้ ที่มีสาเหตุเกิดจากเชื้อราไฟท็อปธอร่า โรคราน้ำค้างในองุ่น ข้าวโพด หอม กระเทียม ถั่ว ถั่วแระ ถั่วฝักยาว กุหลาบ แตงกวา แตงโม เมล่อน เป็นต้น จากการศึกษาของ (ปิยนุช และบุญมี (2551))ในการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานด้วยเมทาแลกซิล ในอัตรา 3.5 ซีซี 7 ซีซี พบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานที่เคลือบด้วย polymer ผสมเมทาแลกซิล 7 ซีซี สามารถป้องกันโรคราน้ำค้างได้ดีกว่า 3 ซีซีและเมล็ดที่ไม่มีการเคลือบ

2.2 ฟอสอีทิล-อะลูมิเนียม (fosetyl aluminium) สามารถรบกวนการสร้างสาร ergosterol ของเยื่อบุผนังเชื้อรา รบกวนการสังเคราะห์และการทำงานของผนังเซลล์ และเซลล์เมมเบรน ส่วนสารเคมี captan, mancozeb และ chlorothalonil เป็นสารชนิดสัมผัสตายมีผลการป้องกันเชื้อราได้หลายจุด ซึ่งจะมีปฏิกิริยากับสารประกอบ thiol สารประกอบที่มีกำมะถัน ไนโตรเจน และออกซิเจนในเชื้อรา อีกทั้งยังส่งผลต่อการตกตะกอนของโปรตีนและเอนไซม์ ทำให้เชื้อราหยุดการเจริญเติบโต (Adaskaveg, 2022) และจากการทดสอบประสิทธิภาพสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช ในการป้องกันกำจัดเชื้อสกุล *Pythium* sp. สาเหตุโรคกล้าเน่าในผัก พบว่าสารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดเชื้อราสกุล *Pythium* sp. ที่มีประสิทธิภาพมาก ได้แก่ metalaxyl และ propamocarb hydrochloride รองลงไปที่พอจะใช้ในการป้องกันกำจัดได้บ้างระดับหนึ่ง ได้แก่ phosphonic acid (ยุทธศักดิ์ และคณะ, 2554) โดยสารเคมีที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคและเกษตรกรนิยมกับใช้กับทุเรียน ได้แก่ สารกลุ่ม carbendazim iprodione, mancozeb, prochloraz และ propiconazole (ภาณุเดช และคณะ, 2562) และเมื่อผสมด้วย valifenalate และ metalaxyl ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 250 ppm ขึ้นไปสามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราได้ดีที่สุด (กนกพร และคณะ, 2561)

Seed treatments

เพื่อหลีกเลี่ยงความเสียหายหลังจากการเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ออกจากแปลงปลูก และระยะเวลาในการเก็บรักษา จึงต้องมีการจัดการที่เหมาะสมในการรักษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ให้คงสภาพ

และยาวนาน โดยการทำ seed treatments คือการปฏิบัติกับเมล็ดทั้งทางกายภาพ การประยุกต์ใช้สารบางชนิดซึ่งอาจเป็นสารเคมี สารชีวภาพกับเมล็ดในช่วงก่อนนำไปเพาะปลูก เพื่อป้องกัน ควบคุมโรคพืช แมลงศัตรูพืชที่จะเข้าทำลายตั้งแต่ระยะเมล็ด จนถึงระยะต้นกล้า โดยการทำ seed treatments สามารถป้องกันเมล็ดพันธุ์ระหว่างการเก็บรักษา ลดผลกระทบจากสิ่งแวดล้อม ช่วยควบคุม ป้องกันโรคพืชทั้งในระยะเมล็ด และต้นกล้าส่งผลให้เมล็ดมีการงอกอย่างสม่ำเสมอ อีกทั้งยังช่วยลดการพักตัวของเมล็ดบางชนิดได้ ซึ่งเริ่มแรกจะเริ่มจากการนำเมล็ดแช่ร่วมกับสารที่ต้องการ การเคลือบและการพอกร่วมกับสารที่ต้องการ (Sharma et al., 2015)

ประโยชน์ของการทำ seed treatment

1.1 การทำ seed treatments จะทำให้เพิ่มความสะดวกรวดเร็วสำหรับการปลูกพืช อีกทั้งมีอัตราการเพิ่มขึ้นของผลผลิตของต้นพืชสูงจากเดิม

1.2 การทำ seed treatment เป็นการนำพาสารออกฤทธิ์ให้ติดไปกับพื้นผิวของเมล็ดพันธุ์อย่างสม่ำเสมอ และมีประสิทธิภาพออกฤทธิ์ต่อเมล็ดพันธุ์โดยตรงอย่างแม่นยำ ทำให้ลดพื้นที่การกระจายตัวของสารออกฤทธิ์ในพื้นที่กว้างขวาง เช่น วิธีการฉีดพ่นสารป้องกันเชื้อรา เป็นต้น

1.3 การทำ seed treatments ถือเป็นการปกป้องคุณภาพสูงที่สุดของตัวเมล็ดพันธุ์เองไม่ให้เสื่อมสภาพ ซึ่งนับว่าเป็นมูลค่าที่แท้จริงสูงสุดของคุณภาพเมล็ดพันธุ์ และสามารถเพิ่มมูลค่าของพืชหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตตลอดจนผานการปรับปรุงคุณภาพสำหรับการนำไปใช้เพาะปลูก (สัญญา, 2556)

1.4 การทำ seed treatment สามารถกระตุ้นศักยภาพการเจริญเติบโตของต้นกล้า โดยสามารถเพิ่มธาตุอาหารเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้า ซึ่งกระบวนการที่นิยม คือ การคลุกเมล็ดพันธุ์ ซึ่งเป็นวิธีการที่สะดวกและง่ายต่อการจัดการ (บุญมี, 2558)

ดังนั้นการทำ seed treatments จึงเป็นการปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมสำหรับการงอกของเมล็ดพันธุ์ โดยสามารถประยุกต์ใช้สารออกฤทธิ์ต่าง ๆ กับเมล็ดพันธุ์ได้ และยังสามารถป้องกันโรคและแมลงระหว่างการเก็บรักษาได้ อีกทั้งยังสามารถช่วยให้เมล็ดพันธุ์ที่มีความเสื่อมสภาพสามารถยังมีความงอก ความแข็งแรงได้ ซึ่งวิธีการที่นิยม คือ การคลุกเมล็ดพันธุ์ ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกและง่ายต่อการจัดการ

การคลุกเมล็ดพันธุ์

การคลุกเมล็ดพันธุ์ เป็นวิธีการที่มีการนำสารออกฤทธิ์ชนิดต่าง ๆ มาคลุกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ เช่น สารเคมีป้องกันศัตรูเมล็ดพันธุ์ในโรงเก็บรักษา สารเคมีป้องกันเชื้อรา เป็นต้น (สุวารี, 2551) การคลุกเมล็ดด้วยสารเคมีได้มีการปฏิบัติกันนานแล้ว เพราะเป็นการลงทุนต่ำ ทำได้ง่าย สะดวก และรวดเร็ว ไม่มีขั้นตอนซับซ้อนเกษตรกรจึงนิยมใช้วิธีการนี้ แต่การคลุกเมล็ดพันธุ์พืชยังคงมีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม จึงได้มีการประยุกต์เพื่อลผลกระทบที่มีต่อมนุษย์และธรรมชาติลง เนื่องจากสารเคมีที่ติดอยู่กับเมล็ดพันธุ์สามารถสะสมอยู่ในดิน และแหล่งน้ำบริเวณพื้นที่เพาะปลูกได้ง่าย (กฤษณา และเกวลี, 2562) แต่เมล็ดพันธุ์มีความเสี่ยงต่อการเข้าทำลายของโรคและแมลงได้ตลอดเวลาตั้งแต่ก่อนการเก็บเกี่ยว หลังการเก็บเกี่ยว จนกระทั้งหลังการเก็บรักษา ทำให้เมื่อต้นกล้าถูกเข้าทำลายจากสาเหตุต่าง ๆ จะส่งผลต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้า เช่น ต้นกล้าเกิดโรค เมล็ดเน่า ความงอกต่ำ ไม่มีความสม่ำเสมอหลังการงอก เกิดความเสียหายต่อราก หรือลำต้น ทำให้ต้นกล้าแคระแกร็น ไม่สมบูรณ์ ดังนั้น การป้องกันการเข้าทำลายของแมลงและเชื้อสาเหตุโรค จึงได้ควบคุมป้องกันโดยวิธีการคลุกเมล็ดร่วมกับสารออกฤทธิ์

สามารถแบ่งวิธีการคลุกเมล็ดพันธุ์ออกได้เป็น 2 แบบ คือ

1. การคลุกเมล็ดพันธุ์แบบแห้ง (Dust method)

เป็นการนำเมล็ดพันธุ์มาคลุกเคล้ากับสารเคมีในภาชนะปิด หรือจะใช้วิธีการเขย่าให้เข้ากันจนเมล็ดพันธุ์ถูกเคลือบด้วยสารเคมีอย่างครอบคลุมไปทั่วทั้งเมล็ดอย่างสม่ำเสมอ (บุญมี, 2546)

2. การคลุกเมล็ดพันธุ์แบบเปียก (Slurry method)

เป็นการใช้น้ำเข้ามาเป็นส่วนผสมร่วมกับสารเคมี เพื่อให้สารเคมีที่ใช้มีลักษณะเหนียวหนืดแล้วจึงนำเมล็ดพันธุ์ไปคลุกเคล้าจนสารเคมีห่อหุ้มเมล็ดพันธุ์อย่างสม่ำเสมอ จากนั้นควรนำไปลดความชื้นก่อนการนำไปใช้สำหรับการเพาะปลูก

อย่างไรก็ตาม จากความไม่สม่ำเสมอของสารเคมีและสารออกฤทธิ์ที่ติดไปกับเมล็ดพันธุ์เมื่อผ่านการคลุกเมล็ดพันธุ์ จึงได้มีการพัฒนาวิธีการให้สารเคมีติดไปกับเมล็ดพันธุ์อย่างแนบแน่น และการเพิ่มขนาดของเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง เพื่อความสะดวกในการเพาะปลูก คือ เทคนิคการพอกเมล็ดพันธุ์

การพอกเมล็ดพันธุ์

การพอกเมล็ดพันธุ์ เป็นการห่อหุ้มเมล็ดพันธุ์ด้วยวัสดุเฉื่อยโดยอาจมีการเติมสารควบคุมป้องกันศัตรูพืช สารป้องกันกำจัดโรคพืช สารควบคุมการเจริญเติบโตในปริมาณที่มากพอที่ทำให้เมล็ดพันธุ์มีขนาดที่เท่ากัน และรูปร่างที่สม่ำเสมอเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการเพาะปลูก และลดอัตราการเสื่อมสภาพ ทำให้สามารถเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ได้นานขึ้น ซึ่งการพอกเมล็ดพันธุ์มีส่วนช่วยลดต้นทุนการผลิต โดยการลดปริมาณการใช้สารกำจัดศัตรูพืชต่อเมล็ด (Bhim and Sunita, 2016) และยังทำให้เมล็ดได้รับธาตุอาหารโดยตรงระหว่างการงอก และช่วยป้องกันยับยั้งโรคพืช (Asit et al., 2015) แต่การพอกเมล็ดต้องไม่เป็นการขัดขวางการงอกของเมล็ด ขัดขวางการดูดน้ำของเมล็ด และลดการสูญเสียที่เกิดจากการเคลื่อนย้ายและขนส่งเมล็ดพันธุ์ (Taylor et al., 1998) การพอกเมล็ดนั้นเป็นเทคโนโลยีใหม่ที่นำมาใช้กับเมล็ดพันธุ์ เป็นองค์ความรู้ที่พัฒนามาจากการพอกเมล็ดยา แต่ในการพอกเมล็ดพันธุ์จำเป็นต้องมีความระมัดระวังมากกว่าเพราะเมล็ดพันธุ์เป็นสิ่งมีชีวิต อีกทั้งการพอกต้อง

ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ภายหลังการเก็บรักษา ในทางการค้ามีการพอกเมล็ดพันธุ์ตั้งแต่เมล็ดขนาดเล็ก เช่น บีโกเนีย ไปจนถึงเมล็ดที่มีขนาดใหญ่ เช่น พริก ถั่วเหลือง และข้าวโพด เป็นต้น อีกทั้งเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น 1-100 เท่า การพอกเมล็ดพันธุ์เป็นการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พืชในลักษณะต่าง ๆ กัน โดยมีข้อดี ดังนี้

1. 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 อีกทั้งยังลดการเสียดสีของผิวเมล็ดขณะท่าการขนส่ง

1.10 สามารถชะลอการดูดซับน้ำหรือความชื้นเข้าไปยังภายในเมล็ด และรวมถึงชะลอการใช้อาหารที่สะสมอยู่ของเมล็ดก่อนปลูก เพราะอากาศ และน้ำซึมผ่านเข้าได้ยากกว่า

1.11 ป้องกันอันตรายจากสารเคมีที่ใช้ฝุ่นหรือผง ที่เกิดจากสารเคมีต่อเกษตรกรผู้ปลูก

2. องค์ประกอบของการพอกเมล็ดพันธุ์

การพอกเมล็ดพันธุ์ส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มขนาดและน้ำหนักให้กับเมล็ดพันธุ์ โดยสารที่นำมาพอกกับเมล็ดพันธุ์นั้นไม่ส่งผลเสียต่อคุณภาพของความงอกของเมล็ดพันธุ์ และต้องไม่ขัดขวางกระบวนการดูดซับน้ำ (Hill, 1999) ความเหมาะสมของการพอกเมล็ดพันธุ์แตกต่างกันไปตามชนิดพืช การพอกเมล็ดพันธุ์จะประสบผลสำเร็จหรือไม่ ขึ้นกับองค์ประกอบที่ใช้ในการพอก ซึ่งรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบของการพอกมีดังต่อไปนี้

2.1 วัสดุประสาน

ทำหน้าที่เป็นกาวยึดเกาะระหว่างเมล็ดกับวัสดุพอก แต่วัสดุประสานต้องไม่ขัดขวางต่อการดูดซึมน้ำ และการงอกของเมล็ด โดยที่วัสดุประสานมีให้เลือกตามคุณสมบัติทางเคมี และชนิดของเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ การใช้ระดับความเข้มข้นของวัสดุประสานในปริมาณที่ไม่เหมาะสม จะทำให้ความงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลง แต่เมื่อใช้น้อยเกินไปจะมีผลต่อการเกาะติดของเมล็ดพันธุ์กับวัสดุพอกอย่างหลวม ๆ เกิดการแตกหัก และหลุดล่อนเมื่อนำเมล็ดพันธุ์หลังพอกไปลดความชื้นหรือนำไปใช้งาน

ซึ่งกลุ่มของวัสดุประสานมีหลายประเภท มีทั้งสารเคมีสังเคราะห์ และวัสดุธรรมชาติ โดยสามารถแยกตามการละลายของวัสดุประสานได้ คือ 1. วัสดุประสานที่สามารถละลายน้ำ เช่น xanthan gum, guar gum, pectins, chitosan derivatives, dextran, carrageenan, hydroxypropylmethyl cellulose (HPMC), hydroxypropyl cellulose (HPC), hydroxyethyl cellulose (HEC), sodium carboxymethyl cellulose (Na-CMC), starch หรือ starch based derivatives 2. วัสดุประสานที่ไม่ละลายน้ำ เช่น lactide-co-glycolide polymers และ 3. วัสดุประสานที่มีการละลายขึ้นอยู่กับค่า pH (ความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย) เช่น cellulose acetate phthalate (CAP), cellulose acetate trimellitate (CAT), hydroxypropyl methylcellulose phthalate (HPMCP) และ eudragit L หรือ S เป็นต้น (จักรพงษ์ และคณะ, 2563)

เนื่องจากวัสดุประสานนั้นมีหลายประเภททั้งแบบสังเคราะห์และแบบธรรมชาติซึ่งสามารถเลือกใช้งานได้ ที่นิยมมากคือ Carboxymethyl Cellulose (CMC), Methyl Cellulose (MC), Methyl Hydroxyethyl Cellulose (MHEC), คาราจีแนน, ไคโตซาน, กัมอารบิก, โพลีเอทิลีนไกลคอล และ โพลิไวนิล แอลกอฮอล์ เป็นต้น (Taylor et al., 1998) โดยแต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบและคุณสมบัติแตกต่างกัน (Pedrini et al, 2018) ยกตัวอย่างเช่น

1. Carboxymethyl cellulose (CMC) เป็นสารเติมแต่งที่แพร่หลายซึ่งหาได้ง่ายและมีคุณภาพ เป็นพอลิเมอร์กึ่งสังเคราะห์ ราคาค่อนข้างถูก (Jha and Saraf, 2015)เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสที่ประกอบด้วยกลุ่ม -CH_2COOH ในสายโซ่โมเลกุลเซลลูโลส มีประจุลบและละลายน้ำได้ นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมอาหารและยา (Reza and Nicoll, 2010); (Li, 2015) จากการใช้ CMC เป็นวัสดุประสานสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม พบว่ามีความเปราะของก้อนพอกเล็กน้อย และไม่มีผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ (Kangsopa and Siri, 2015)

2. Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) ถูกใช้อย่างแพร่หลายในสาขาเภสัชกรรมเป็นองค์ประกอบในการทำเม็ดยา (Ford, 2014); Rowe et al., 2009) เพื่อทำให้รสขมของยาลดลง หรือเพื่อควบคุมการปลดปล่อยตัวยา ช่วยให้การตกตะกอนของสารประกอบช้าลงและเพิ่มเวลาในการสัมผัสตัวยาได้นานขึ้น (Tiwari et al, 2011); Senderoff, 1994)

3. Polyvinylpyrrolidone (PVP) มีโครงสร้างโมเลกุล $(C_6H_9No)_n$ น้ำหนักโมเลกุล 2,500-2.500,000 g.mol-1 ความหนาแน่น 1.2 g/cm^3 มีจุดหลอมเหลว 150-180 °C มีความสามารถในการดูดซับความชื้นถึง 40% และมีความสามารถในการละลายได้ดีในน้ำ เอทานอล และเมทานอล (Buhler and Webster, 2015)

4. Methylcellulose (MC) ลักษณะทั่วไปเป็นผงสีขาวหรือเหลืองอ่อน ละลายได้ดีในน้ำ และมีการพองตัวและกระจายอย่างช้า ๆ สำหรับการใช้เป็นวัสดุประสานสำหรับการพอกเมล็ดควรใช้เกรดที่มีความหนืดต่ำ หรือใช้อัตราระหว่าง 0.3%-1.0% โดยน้ำหนัก โดยเลือกใช้แต่ละอัตราให้เหมาะสมกับชนิดของเมล็ดพันธุ์และความเข้ากันได้กับชนิดของวัสดุพอก ถ้าเตรียม MC ด้วยอัตราความเข้มข้นสูงจะทำให้สารละลายจับตัวกันแน่น และแข็งได้ง่ายแม้จะถูกเตรียมในสภาพอุณหภูมิห้อง จึงไม่สามารถนำมาใช้ฉีดพ่นสำหรับพอกเมล็ดพันธุ์ได้

ในการค้นหาวัสดุประสานที่ทำหน้าที่เป็นกาวที่ยึดเกาะระหว่างผิวของเมล็ดพันธุ์ และอนุภาคของวัสดุพอกให้ติดกันไม่ให้ล่วงหลุดออกจากกัน ในส่วนของวัสดุพอกหรือสารเติมเต็มที่จะทำให้เมล็ดพันธุ์มีขนาด รูปร่าง และน้ำหนักเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้นตามที่ต้องการนั้นมีผลต่อความสำเร็จของการพอก จากการวิจัยการพอกเมล็ดข้าวฟ่างไข่มุก พบว่าวัสดุประสานประสิทธิภาพสำหรับข้าวฟ่างไข่มุก คือ โพลีไวนิลอะซิเตทและเมทิลเซลลูโลส สำหรับสารเคลือบ คือ เวอร์มิคูไลท์และไมโครเซลลูโลส ทำให้สามารถเพิ่มขนาดเมล็ดข้าวฟ่างไข่มุกที่มีขนาดเล็ก และเพิ่มความงอกให้กับเมล็ดพันธุ์ข้าวฟ่างไข่มุกมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอก (Fabrício and Novembre, 2011) และจากการศึกษาของ (ธีระศักดิ์ และ บุญมี2555) นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไร่ที่มีขนาดเล็กมาพอกด้วย Vermiculite เป็นวัสดุพอก และ HPMC (Hydroxyl Propyl Methylcellulose) เป็นวัสดุประสาน โดยเตรียมวัสดุประสานร่วมกับธาตุอาหาร พบว่าข้าวโพดไร่ที่ผ่านการพอกมีเปอร์เซ็นต์การงอกในสภาพไร่ มีน้ำหนักแห้งต้นกล้า การเจริญเติบโตของใบ และความสูงต้นกล้า เพิ่มขึ้นมากกว่าต้นกล้าที่เกิดจากเมล็ดที่ไม่ได้พอก ดังนั้นจึงสามารถใช้การพอกเมล็ดพันธุ์ด้วยธาตุอาหารพืชเพื่อยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไร่ที่มีขนาดเล็กให้สามาถนำมาใช้ประโยชน์ในทางเมล็ดพันธุ์ได้ ทั้งนี้แล้วความเข้มข้นของธาตุอาหารพืชต้องมีความเหมาะสมด้วยเช่นกัน

2.2 วัสดุพอก

เป็นส่วนเติมเต็มเมล็ดพันธุ์ที่มีลักษณะบิดเบี้ยว เป็นร่อง มีรอยหยัก ให้มีรูปร่างกลม น้ำหนักเพิ่มขึ้นตามที่ต้องการ โดยวัสดุพอกที่นำมาใช้ต้องเป็นกลุ่มที่ไม่เป็นอันตรายต่อเมล็ดพันธุ์ ดูดซับน้ำได้ดี ละลายน้ำได้ง่าย โดยทั่วไปวัสดุที่นิยมนำมาใช้ในการพอก คือ vermiculite, pumice, gypsum, bentonite, dolomite, zeolite, ดินขาว (kaolin clay), หินปูน (limestone), ดินเบา (diatomaceous earth) และปุ๋ยคอก (จักรพงษ์ และ บุญมี, 2557) ซึ่งวัสดุพอกแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน การเลือกใช้วัสดุพอกที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ในการพอกเมล็ดพันธุ์แต่ละชนิดจึงเป็นองค์ประกอบที่สำคัญมาก

1. vermiculite เป็นแร่ธรรมชาติที่ได้จากการ ซึ่งเป็นแร่ที่พบในรูป อะลูมิเนียมไอออน-แมกนีเซียมซิลิเกต มีธาตุอาหารฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียมเป็นส่วนประกอบ ซึ่งพืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เมื่อนำเวอร์มิคูไลท์มาอบด้วยความร้อน 1,000 องศาเซลเซียส จะทำให้ขยายตัวขึ้นหลายเท่า มีน้ำหนักเบา มีปฏิกิริยาเป็นกลาง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง (Suriyatem) ไม่ละลายน้ำ สามารถดูดซับน้ำได้ดี มีความสามารถแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง สามารถดูดซับธาตุอาหารแล้วค่อย ๆ ปลดปล่อยให้ในภายหลัง (Marta and Gražyna, 2014) การนำ vermiculite มาใช้เป็นวัสดุในการพอกจะต้องบดให้ละเอียดขนาด 1-4 ไมโครมิลลิเมตร จึงจะสามารถขึ้นรูปและทำให้ผิวก้อนพอกมีความเรียบ สม่ำเสมอได้ อีกทั้งเวอร์มิคูไลท์สามารถดูดซับธาตุอาหารได้สูงโดยกักเก็บสารเคมีแล้วปล่อยออกมาช้า ๆ เมื่อถูกใช้นานความพรุนจะหมดจึงนิยมผสมกับเพอร์ไลท์ในการปลูกพืชในกระถาง หรือใช้เป็นวัสดุสำหรับการปลูกพืชในระบบไฮโดรโพนิกส์ ซึ่งสามารถใช้ได้นานประมาณ 2 ปี เวอร์มิคูไลท์มีประโยชน์ในด้านอุตสาหกรรมและในเชิงพาณิชย์มาก เช่น ใช้สำหรับทำฉนวนกันความร้อน ผนังกันไฟเป็นวัสดุเก็บเสียง วัสดุห่อสำหรับกันกระแทรก เป็นเครื่องมือสำหรับใช้ในการเป่าแก้ว ทำตะเกียง เหล็ก หรือลูกแก้วใช้เป็นวัสดุในเครื่องหุงต้ม และทำถุง

มือ เป็นต้น และเนื่องจากคุณสมบัติของเวอร์มิคูไลท์ที่มีน้ำหนักเบา จึงเป็นวัสดุที่ถูกนำมาใช้ในด้านวิศวกรรม เช่น ใช้ผสมในปูนฉาบผนัง คอนกรีต ปูนขาว และซีเมนต์ ใช้ทำพื้นสระน้ำ ให้มีความเรียบ นอกจากนี้ เวอร์มิคูไลท์ยังถูกใช้ในงานด้านเกษตรกรรม เช่น ใช้ปรับปรุงดิน และ ใช้เป็นตัวอุ้มน้ำ เป็นต้น

2. pumice เป็นหินภูเขาไฟ มีลักษณะคล้ายแก้ว มีความพรุนและความหนาแน่นต่ำ เป็นวัสดุน้ำหนักเบาตามธรรมชาติ ย่อยสลายได้ยาก มีพื้นผิวสัมผัสที่มีความพรุนโปร่ง คล้ายกับโครงสร้างของฟองน้ำ คุณสมบัติลดการสูญเสียน้ำจากดินได้ สามารถอยู่ในดินได้นาน อีกทั้งช่วยให้ซิลิกาที่อยู่ในดินเปลี่ยนเป็นรูปที่พืชสามารถดูดไปใช้ได้ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการละลายเร็วของปุ๋ย และยังช่วยลดการสูญเสียปุ๋ยด้วย ในขณะเดียวกันเมื่อเกิดการชะล้างจากน้ำหรือฝน ยังสามารถดักกรองและจับตรึงแก๊สต่าง ๆ ได้ดี (Marco et al., 2018) นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติในการแลกเปลี่ยนประจุบวกและลบที่สำคัญต่อพืชได้แก่ Na^{+} K^{+} Ca^{2+} Mg^{2+} นั่นคือถ้ามีสารละลายของประจุบวกเหล่านี้ผ่านมาสัมผัสกับแร่ดิน ต้นพืชสามารถที่จะนำเอาประจุเหล่านี้มาใช้ได้ทันที โดยการแลกเปลี่ยนผ่านทางราก และไม่จำเป็นต้องทำให้ประจุเหล่านั้นเป็นสารละลายก่อนจึงมีการนำ pumice มาใช้เป็นวัสดุพอกในหลายชนิดพืช

3. bentonite เป็นดินที่อยู่ในกลุ่ม montmorillonite มีความสามารถในการดูดซับน้ำได้ดี มีความชื้นภายในมากถึง 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มของเบนโทไนต์ออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆ ประกอบไปด้วย 1) เบนโทไนต์ที่ดูดซับน้ำได้เป็นอย่างดี (good swelling) และ 2) เบนโทไนต์ที่ดูดซับน้ำได้น้อย มีลักษณะใกล้เคียงกับ plastic clay ในประเทศไทยจะพบเบนโทไนต์ที่เป็นชนิดแคลเซียมเบนโทไนต์มากที่อำเภอชัยบาดาล จังหวัดลพบุรี เนื่องจากความละเอียดของผงเบนโทไนต์ จึงทำให้ยึดเกาะกันอย่างแน่นหนาทำให้น้ำซึมผ่านสารพอกไปยังเมล็ดพันธุ์ได้ช้า และกลไกการทำงานของแร่ธาตุซิลิคอนในดินเบนโทไนท์ เมื่อพืชได้รับธาตุอาหารเสริม โดยเฉพาะธาตุซิลิคอน เมื่อพืชดูดซึมธาตุซิลิคอนผ่านทางรากแล้วก็จะกระจายไปทั่วทั้งลำต้นและใบทั่วทุกผนังเซลล์ผิวลำต้นและใบขึ้นไปพร้อมน้ำและธาตุอาหารต่าง ๆ ต่อมาน้ำจะระเหยออกทางผิว แต่ธาตุซิลิคอนไม่ระเหยจึงสะสมอยู่ที่ผิวมากขึ้นก็กลายเป็นผลึกควอร์ทซ์ (Anamarija et al., 2012) จึงเหมาะที่จะนำมาเป็นวัสดุพอกเมล็ดพันธุ์

4. dolomite เป็นหินปูนที่มีคาร์บอเนตเป็นองค์ประกอบหลัก มีอนุภาคที่เล็กและละเอียด โดยมีคุณสมบัติใช้ลดความเป็นกรด และปรับคุณสมบัติทางกายภาพของปุ๋ยผสม และใช้เป็นวัสดุพอกเมล็ดพันธุ์ได้

5. zeolite เป็นโครงสร้างผลึกที่เกิดจากการเชื่อมต่อกันของหน่วยทรงสี่หน้าของซิลิเกตและอะลูมิเนต จากการก่อตัวที่เป็นระเบียบดังกล่าวทำให้ภายในโครงสร้างของซีโอไลต์เกิดมีรูพรุนและโพรงที่มีขนาดใหญ่ จึงทำให้สามารถอุ้มน้ำได้ดีขึ้น และมีการแลกเปลี่ยนไอออน มีความสามารถในการจับ ดูดซึมและยังปลดปล่อยธาตุอาหารที่สำคัญกับพืช เมื่อใช้ในปริมาณที่เหมาะสมจะสามารถให้ผลผลิตที่เพิ่มขึ้น และลดการใช้สารเคมีกำจัดแมลง อีกทั้งยังสามารถในการดูดซับแก๊สพิษ แก๊สแอมโมเนีย แก๊สไข่เน่า รวมทั้งสารพิษอื่น ๆ ซีโอไลต์สามารถประยุกต์ในกระบวนการดูดซับโมเลกุลสารเคมีที่เป็นมลพิษได้ ทั้งในสถานะก๊าซและของเหลว ซึ่งเป็นผลมาจากสมบัติทางโครงสร้างและ

คุณสมบัติความชอบน้ำ (ศิรินุช, 2556) ยกตัวอย่างเช่น Wakita (2001) ได้ประยุกต์ใช้ซีโอไลต์ เป็นตัวดูดซับเพื่อกำจัด dimethylsulfide (DMS) และ t-butylmercaptan (TB˚M) โดยศึกษาสมบัติทางโครงสร้างที่แตกต่างกันของซีโอไลต์ต่อประสิทธิภาพการดูดซับ นอกจากนี้ค่าความสามารถในการดูดซับ DMS ของซีโอไลต์เหล่านี้มีค่าต่ำมาก ซึ่งยังไม่เหมาะกับการนำไปประยุกต์กบระบบกรองอากาศในห้องสะอาด (clean room)

6. calcium sulfate ช่วยปรับปรุงโครงสร้างและสภาพทางกายภาพของดินโดยการคลายดินที่แน่น อีกทั้งส่วนประกอบของแคลเซียมยังเอื้อต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิตในดิน ซึ่งช่วยสร้างและรักษาโครงสร้างของดิน แคลเซียมซัลเฟตสามารถปรับ pH ในดิน โดยค่า pH ของดินส่งผลโดยตรงต่อสิ่งมีชีวิตในดินและการเจริญเติบโตของพืช นอกจากนี้แคลเซียมซัลเฟตสามารถใช้เป็นปุ๋ยทางการเกษตร และยาฆ่าแมลง เป็นแหล่งแคลเซียมและกำมะถันตามธรรมชาติ ซึ่งพืชสามารถดูดซึมได้โดยตรงและมีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืชและความแข็งแรงของพืช (Krajewska and Makowski, 2017)

7. calcium carbonate มีลักษณะเป็นผงสีขาว ไม่มีกลิ่น ไม่ละลายในน้ำ ได้จากการขุดหินปูน ซึ่งจะมีลักษณะเป็นก้อนหินไม่ได้มีการบดจนสามารถนำมาพอกเมล็ดได้ แต่ส่วนที่เป็นผงละเอียดได้จากการตกตะกอน ซึ่งถูกผลิตขึ้นโดยการสลายตัวของหินปูนเป็นแคลเซียมออกไซด์ตามด้วยการทำให้เป็นคาร์บอนซ้ำในภายหลังหรือเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการโซลเวย์ซึ่งใช้ทำโซเดียมคาร์บอเนต นอกจากนี้ แคลเซียมคาร์บอเนตที่ตกตะกอนจะบริสุทธิ์กว่าแคลเซียมคาร์บอเนตแบบบดและมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน (Virto et al., 2018)

2.3 สารออกฤทธิ์

เป็นส่วนประกอบที่เติมเข้าไปเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะปลูก เช่น สารควบคุมป้องกันศัตรูพืช สารป้องกันกำจัดโรคพืช สารควบคุมการเจริญเติบโต (Bhim and Sunita, 2016) ธาตุอาหารพืช สารเร่งการเจริญเติบโตของพืช และสารชีวภาพ เป็นต้น

1. สารป้องกันกำจัดโรคและแมลง จากการพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบโดยใช้ pumice เป็นวัสดุพอกร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อรา captan, metalaxyl และ copper hydroxide ที่อัตราความเข้มข้นที่แตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 1, 2, 4 และ 6 g.ai. ใช้ hydroxylpropyl methylcellulose (HPMC) เป็นวัสดุประสาน ในระยะต้นกล้าทั้งหลังการพอกและหลังการเก็บรักษา 6 เดือนพบว่า หลังการพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบร่วมกับ captan อัตรา 4 และ 6 g.ai., metalaxyl อัตรา 2, 4 และ 6 g.ai. และ copper hydroxide อัตรา 4 และ 6 g.ai. เมื่ออายุต้นกล้า 30 วัน สามารถยับยั้งเชื้อราได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และหลังการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมแตกต่างกันพบว่า การพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบร่วมกับ captan, metalaxyl อัตรา 4 และ 6 g.ai. และ copper hydroxide อัตรา 6 g.ai. ตลอดระยะการตรวจสอบ 16 และ 30 วัน สามารถยับยั้งเชื้อรา *Pythium* spp. ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อมีการตรวจสอบคุณภาพหลังการพอกและการลดความชื้นพบว่า คุณภาพเมล็ดพันธุ์ยาสูบที่พอกร่วมกับ metalaxyl อัตรา 4 และ 6 g.ai. และ copper hydroxide ในระดับความเข้มข้นสูง คือ 4 และ 6 g.ai. จะทำให้ ปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดลดลง แต่จะเพิ่มปริมาณกรดไขมันอิสระมากขึ้น มีผลต่อการกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ lipoxygenase และการเพิ่มขึ้นของ lipid peroxidation

ทำให้เอนไซม์ถูกยับยั้งต่อการยอยสลายโปรตีน จึงเกิดการหยุดชะงัก การยืดขยายของเยื่อหุ้มเซลล์ จึงเป็นอันตรายต่อความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์และสรีรวิทยาของต้นกล้ายาสูบ (จักรพงษ์ และคณะ, 2558)

2. ธาตุอาหารพืช จากการพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบร่วมกับธาตุอาหารพืช 3 อัตรา คือ 1, 2 และ 3 เท่า ต่อเมล็ดพันธุ์ยาสูบ 3 กรัม ผลการตรวจสอบคุณภาพในสภาพห้องปฏิบัติการพบว่า เมล็ดพันธุ์ยาสูบที่ผ่านการพอกร่วมกับธาตุอาหารพืชมีเปอร์เซ็นต์ความงอกและความเร็วในการงอกสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้พอก (สุริยา และคณะ, 2559) นอกจากนี้การพอกเมล็ดพันธุ์ที่มีธาตุอาหารพืชจะส่งผลให้เมื่อก้อนพอกนั้นได้รับความชื้นจะทำธาตุอาหารละลายอยู่รอบก้อนพอก เมื่อเกิดการงอกรากจะทำให้พืชสามารถนำธาตุอาหารไปใช้ได้ทันทีโดยไม่เกิดการสูญเสีย และจากการพอกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศร่วมกบ N, P, K, Fe, Cu, Mn และ Zn ส่งผลให้มีเปอร์เซ็นต์การงอกในแปลงปลูกสูงมากกวาเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกเมล็ด (Konstantinov and Petkov, 1982) เป็นวิธีการประหยัดการใช้ธาตุอาหารในแปลงปลูกได้

3. แบคทีเรียส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช แบคทีเรียที่มีชีวิตอยู่ร่วมกันกับพืช มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโตของพืชในการช่วยหาสารอาหาร และการต้านทานต่อโรคที่เกิดจากเชื้อจุลินทรีย์อื่น ๆ หรือช่วยลดสารพิษที่มีอยู่ในดิน (Vessey, 2003) โดยเฉพาะแบคทีเรียเป็นประโยชน์ต่อพืช สามารถสร้างสารอาหารที่ต้นพืชต้องการเพิ่มขึ้น

เครื่องพอกเมล็ดพันธุ์

ปัจจุบันเครื่องมือที่ใช้ในการพอกเมล็ดพันธุ์พืชได้ก้าวหน้าอย่างมาก เพราะได้มีการพัฒนาเครื่องจักรกลทำงานด้วยระบบคำสั่งคอมพิวเตอร์ โดยสามารถกำหนดระยะเวลาที่เหมาะสมต่อชนิดของเมล็ดพันธุ์ อีกทั้งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งานและขึ้นอยู่กับวัสดุพอกที่จะนำมาใช้ ทั้งที่เป็นของเหลวหรือชนิดผงฝุ่น นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับชนิดและปริมาณเมล็ดพันธุ์ที่จะใช้พอกด้วย โดยทั้งหมดต้องอาศัยความชำนาญและประสบการณ์ของผู้ปฏิบัติงานด้วย (สายพันธุ์, 2552) ในปัจจุบันเครื่องมือที่ใช้ในการพอกเมล็ดพันธุ์โดยทั่วไป ประกอบด้วย 2 ระบบ คือ

1. เครื่องพอกเมล็ดพันธุ์ระบบฉีดพ่น

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

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, 2558)

ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อรา

การงอกของเมล็ด (seed germination) ในพืชทั่วไปจะเกิดขึ้นเมื่อเมล็ดอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม คือ ได้รับความชื้น (น้ำ) ออกซิเจน อุณหภูมิและแสงพอเหมาะเพื่อส่งเสริมการงอกเมล็ด ซึ่งการงอกเมล็ดทางสรีรวิทยาเริ่มต้นตั้งแต่การดูดน้ำและสิ้นสุดที่การยืดตัวของแกนต้นอ่อนซึ่งโดยปกติจะเป็นการยืดตัวของรากแรกเกิด ซึ่งในระหว่างการงอกเมล็ดมีกิจกรรม หรือกระบวนการต่างๆ เกิดขึ้น ได้แก่ การดูดน้ำของแป้งและโปรตีน การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในเซลล์ การหายใจที่สูงขึ้น การสังเคราะห์สาร เช่น เอนไซม์ ที่จำเป็นจำเป็นในขบวนการสลายสารโมเลกุลใหญ่เป็นโมเลกุลเล็กที่สามารถละลายน้ำได้ ส่งผลต่อการกระตุ้นให้คัพภะภายในเมล็ดเจริญเติบโตและสามารถแทงทะลุผ่านเยื่อหุ้มเมล็ดออกมาเจริญไปเป็นต้นกล้า (วันชัย, 2542) ซึ่งกระบวนการต่าง ๆ นี้มักจะเจอกับปัญหาหลายอย่าง โดยเฉพาะเมล็ดพันธุ์ขนาดเล็ก ที่มีอาหารสะสมที่น้อย และอาจมีความผิดปกติทำให้รูปร่างของเมล็ดไม่สม่ำเสมอ และเท่ากัน ทำให้เกิดความยุ่งยากต่อกระบวนการเพาะปลูก การเพาะกล้า จึงต้องมีการหว่านเมล็ดขนาดเล็กเป็นจำนวนมาก ทำให้เมล็ดที่งอกมีความอัดแน่นกัน ส่งผลให้เกิดการเข้าทำลายของโรคและแมลงได้

ดังนั้นการพอกเมล็ดพันธุ์มีส่วนช่วยในการเพิ่มขนาดเมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดเล็กให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้ประโยชน์ จึงมีความสำคัญต่อคุณภาพและการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของเมล็ดพันธุ์ ยกตัวอย่างการรายงานของ Narasimha (1994) พบว่าการพอกเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองสามารถช่วยเพิ่มคุณภาพความงอกและผลผลิตของถั่วเหลืองได้ถ้าเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และจากการพอกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไร่ขนาดเล็กด้วยวัสดุพอกที่แตกต่างกัน 7 ชนิด ร่วมกับวัสดุประสาน 4 ชนิดที่อัตราแตกต่างกัน คือ hydroxypropyl methylcellulose (HPMC), gum arabic, carboxymethyl cellulose (CMC power) และ methyl cellulose พบว่า hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) มีคุณสมบัติในการนำมาใช้เป็นวัสดุประสานที่ดี มีความเหนียว และยืดหยุ่น สามารถยึดเกาะกับวัสดุพอกได้ดีขึ้นสามารถขึ้นรูปทรงกลมได้ง่ายทำให้สามารถเพาะปลูกได้ง่ายขึ้น (นงนุช และ บุญมี, 2556) อีกทั้งการพอกเมล็ดพันธุ์ยังสามารถเพิ่มสารออกฤทธิ์ที่มีผลต่อการงอกของเมล็ด การเจริญเติบโตของต้นกล้าได้ เช่น การพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบด้วยวัสดุพอก 2 ชนิด คือ talcum และ pumice โดยพอกร่วมกับธาตุอาหาร ผลการตรวจสอบพบว่าเมล็ดพันธุ์ยาสูบที่ผ่านการพอกมีอัตราร่า

เชื้อราการเจริญเติบโตของต้นกว่าดีกว่าเมล็ดพันธุ์ยาสูบที่ไม่ผ่านการพอก (สุริยา และคณะ, 2559) และเมื่อมีการเพิ่มสารเคมีป้องกันโรคเน่าคอดิน จากเชื้อ *Pythium* spp. โดยการใช้ captan และ metalaxyl ที่อัตราความเข้มข้น 0.5, 1.0 และ 1.5 g.ai. พบว่า การเคลือบเมล็ดเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ด้วย metalaxyl 1.0 g.ai. ทำให้เกิดเมล็ดเน่าน้อยที่สุด มีผลกระทบต่อกระบวนการงอกของต้นกล้าน้อยที่สุด และมีความยาวต้นกล้าและผลรวมของต้นกล้าสูงที่สุด เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ (เพชรรัตน์ และจักรพงษ์, 2565) และจากการพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบร่วมกับสารป้องกันเชื้อรา captan, metalaxyl และ copper hydroxide ที่อัตราความเข้มข้น 1, 2, 4 และ 6 g.ai. แล้วนำไปตรวจสอบการเข้าทำลายของเชื้อรา *Pythium* spp. ในระยะต้นกล้ายาสูบที่อายุ 16 และ 30 วัน พบว่า การพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบด้วย captan อัตรา 4 และ 6 g.ai. metalaxyl อัตรา 2, 4 และ 6 g.ai. และ copper hydroxide อัตรา 4 และ 6 g.ai. สามารถยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อ *Pythium* spp. ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และเห็นได้ชัดเจนว่าเมล็ดพันธุ์ยาสูบไม่พอกจะมีแนวโน้มการเกิดโรคเพิ่มสูงขึ้นมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ (จักรพงษ์, 2558) และจากการใช้ captan ซึ่งเป็นสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราชนิดสัมผัสตาย (protectant) มีฤทธิ์ป้องกัน ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราบริเวณที่สัมผัสกับเชื้อราโดยตรง นอกจากนี้ metalaxyl ยังเป็นสารออกฤทธิ์ที่นิยมนำมาใช้เนื่องจากเป็นสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชประเภทดูดซึมซึ่งสามารถรบกวนการสร้างสาร ergosterol ของเยื่อบุผนังเชื้อรา และการสังเคราะห์การทำงานของผนังเซลล์ของเชื้อราได้ดี (Adaskaveg, 2022)ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานการพอกเมล็ดพันธุ์ยาสูบร่วมกับ captan, metalaxyl อัตรา 4 และ 6 g.ai. และ copper hydroxide อัตรา 6 g.ai. ตลอดระยะการตรวจสอบ 16 และ 30 วัน สามารถยับยั้งเชื้อ *Pythium* spp. ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ (จักรพงษ์ และคณะ, 2558)

ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ต่อคุณภาพหลังการเก็บรักษา

เมล็ดพันธุ์เป็นหน่วยที่มีชีวิต ที่ถูกเชื่อมต่อกับปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายใน ซึ่งศักยภาพสำหรับการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ส่วนใหญ่เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับพันธุศาสตร์ แต่ได้รับอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม โดยจะเป็นความแตกต่างของสายพันธุ์ที่มีอยู่จำนวนมากมาย และเมล็ดพันธุ์ที่มีเชื้อราติดอยู่ นอกจากนี้ลักษณะองค์ประกอบทางเคมีของเมล็ดพันธุ์ยังมีอิทธิพลต่อศักยภาพในการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ เพราะฉะนั้นความสามารถของการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ คือหนึ่งในลักษณะที่สำคัญของเมล็ดที่มีคุณภาพสูง (สำนักโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม, 2555) จากการเก็บรักษาข้าวสาลี 2 สายพันธุ์ คือ TRI23248 และ TRI10230 ในสภาวะเย็น (-18 องศาเซลเซียส) และสภาพแวดล้อม (20 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 10 ปี พบว่าอัตราการงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลีหลังเก็บรักษาของสายพันธุ์ TRI10230 มีน้อยกว่าสายพันธุ์ TRI23248 (Xiuling et al., 2018) และจากการเก็บรักษาเมล็ดสบู่ดำ และมะเดื่ออินเดียหลังจากการพอกด้วยผงหยีน้ำ และผงใบสะเดา ระยะเวลา 9 เดือน พบว่าเมล็ดสบู่ดำที่พอกด้วยผงหยีน้ำมีการงอกสูงถึง 169 เปอร์เซ็นต์ และเมล็ด มะเดื่ออินเดียที่พอกด้วยผงใบสะเดามีความงอกสูงถึง 92% และยังสามารถป้องกันเมล็ดจากการเข้าทำลายของโรคและแมลงได้ (Srimathi et al., 2013)นอกจากนี้จากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ 5 เดือนหลังพอกร่วมกับ bentonite, China powder, rhizobia, calcium oxide

(CaO) และ talcum พบว่า เมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่พอกร่วมกับ bentonite, calcium oxide (CaO) และ talcum ยังมีอัตราการงอกสูงถึง 80.33 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศที่ไม่ได้พอก ซึ่งมีอัตราการงอกเพียง 57.33 เปอร์เซ็นต์ (Javed and Afzal, 2020) และจากการพอกเมล็ดพันธุ์หัวหอมร่วมกับมูลไส้เดือน มูลโคและผงดินเหนียว โดยใช้ methyl cellulose และ polyvinyl alcohol เป็นวัสดุประสาน พบว่าเมล็ดพันธุ์หัวหอมยังมีการงอกที่ดี และมีความแข็งแรงของเมล็ดเมื่อเก็บรักษาแล้ว 3-4 เดือน (Yogeesha et al., 2017) ดังนั้นอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์หลังการพอกจะมีความแปรปรวนขึ้นกับวิธีการและกระบวนการในการพอกเมล็ดพันธุ์ และที่สำคัญ คือ สภาพของการเก็บรักษาหลังจากการพอกเมล็ดพันธุ์ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับสารออกฤทธิ์ที่นำมาพอกร่วมกับเมล็ดด้วย จากการศึกษาของ (จักรพงษ์ และบุญมี, 2558) พบว่าเมื่อเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ยาสูบที่พอกร่วมกับสารป้องกันเชื้อราเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่ามีเมล็ดพันธุ์ยาสูบมีอัตราความงอกที่ลดลง

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

สถานที่ทำการทดลอง

ศึกษาผลของสูตรตำรับและวิธีการพอกเมล็ดร่วมกับสารเคมีป้องกันโรคเน่าคอดินต่อคุณภาพและการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง ได้ดำเนินการทดลองที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ และเรือนทดลองสาขาวิชาพืชไร่ ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพการป้องกันโรคเน่าคอดิน ณ ห้องปฏิบัติการด้านและการใช้ประโยชน์ทางจุลินทรีย์ โรคพืชสาขาวิชาอารักขาพืช คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ จังหวัดเชียงใหม่

แหล่งที่มาของเมล็ดพันธุ์

เมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองสายพันธุ์ศรีสยามดีฟโกลล์ (Sri Siam Deep Gold) จากบริษัทอะเมริซีด อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด จังหวัดเชียงใหม่ รอบฤดูการผลิต ปี 2564

การวางแผนการทดลอง

การศึกษานี้ได้แบ่งออกเป็น 3 การทดลอง คือ

การทดลองที่ 1 การศึกษาหาชนิดของวัสดุประสาน และวัสดุพอก ที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองร่วมกับสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช ต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรค

การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันเชื้อสาเหตุโรคและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บรักษาที่อายุและสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน

การทดลองที่ 1 การศึกษาหาชนิดของวัสดุพอก และวัสดุประสาน ที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง

เพื่อศึกษาหาชนิดและอัตราส่วนของสารพอกที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง การทดลองขั้นตอนนี้จึงได้ศึกษาทดลองพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วยวิธีการต่างๆ กับวัสดุพอกและวัสดุประสาน ประเภทต่างๆ และทำการประเมินเชิงคุณภาพด้านกายภาพและคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการพอก โดยแบ่งวิธีการศึกษาออกเป็น 2 การทดลองย่อยดังนี้

การทดลองย่อยที่ 1.1 การศึกษาชนิด และอัตราส่วนของวัสดุประสานที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาชนิดและอัตราส่วนของวัสดุประสานที่เหมาะสมสำหรับการพอก จากการคัดเลือกสารพอกที่มีคุณสมบัติสามารถใช้เป็นองค์ประกอบในการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง โดยจัดหากลุ่มพอลิเมอร์ 3 ชนิดที่สามารถละลายน้ำได้ คือ carboxymethyl

cellulose (CMC), methyl ethyl hydroxyethyl cellulose (MHEC) และ methylcellulose (MC) เพื่อเป็นพอลิเมอร์สำหรับใช้เป็นวัสดุประสาน (ตารางที่ 1) โดยใช้ calcium sulfate เป็นวัสดุพอกสำหรับการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุประสานชนิดต่าง ๆ ซึ่งจากคุณสมบัติของ calcium sulfate ที่มีอนุภาคขนาดเล็กเพียง 79 ไมครอน หลังจากนั้นทำการพอกด้วยวัสดุพอก และวัสดุประสานด้วยเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์ถังหมุนรุ่น JK-01 จากนั้นนำเมล็ดหลังพอกไปลดความชื้น จนความชื้นของเมล็ดหลังการพอกเท่ากับความชื้นของเมล็ดก่อนการพอก (7 %)

ตารางที่ 1 ชนิดวัสดุประสาน (%โดยน้ำหนัก) และสัดส่วนสารพอกต่อเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง 10 กรัม

วัสดุประสาน	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
*CMC	-	0.2	0.3	0.4	-	-	-	-	-	-
**MHEC	-	-	-	-	0.2	0.3	0.4	-	-	-
***MC	-	-	-	-	-	-	-	0.2	0.3	0.4
น้ำกลั่น	-	99.8 ml	99.7 ml	99.6 ml	99.8 ml	99.7 ml	99.6 ml	99.8 ml	99.7 ml	99.6 ml
รวม	-	100 ml	100 ml	100 ml	100 ml	100 ml	100 ml	100 ml	100 ml	100 ml

*CMC = carboxymethyl cellulose ** MHEC = methyl hydroxyethyl cellulose ***MC = methylcellulose

หลังจากลดความชื้นเมล็ดพอกแล้วนำมาประเมินคุณภาพด้านกายภาพและคุณภาพล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังการพอก ดังนี้

1. การบันทึกผลการทดลองลักษณะทางกายภาพของก้อนพอก

1.1 เปอร์เซ็นต์ความกร่อนของก้อนพอก

สุ่มเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังพอกจำนวน 4 ซ้ำๆ ละ 100 เมล็ด มาชั่งน้ำหนักก่อนทดสอบ หลังจากนั้นนำมาปั่นเหวี่ยงโดยใช้เครื่องทดสอบความกร่อน Tablet Friability Tester รุ่น 45-2200 ที่ความเร็ว 25 รอบ/นาที เป็นเวลา 4 นาที (100 รอบ) แล้วชั่งน้ำหนักเมล็ดที่เหลืออยู่ทั้งหมดหลังทดสอบ จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความกร่อน (กุณฑิกา และเกศรา, 2549)

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความกร่อน} = \frac{(\text{น้ำหนักเมล็ดก่อนทดสอบ} - \text{น้ำหนักเมล็ดหลังทดสอบ})}{\text{น้ำหนักเมล็ดก่อนทดสอบ}} \times 100$$

1.2 การขึ้นรูปของเมล็ดพอก

บันทึกจากการสังเกตความยาก-ง่าย ระหว่างการพอกเมล็ดพันธุ์โดยให้ค่าคะแนนการขึ้นรูปของเมล็ดพอก โดยดัดแปลงจาก สันติภาพ และ บุญมี (2562) คือ 1 = ยากมาก (ใช้เวลาในการพอกเมล็ด 5 ชั่วโมง), 2 = ยาก (ใช้เวลาในการพอกเมล็ด 4 ชั่วโมง), 3 = ปานกลาง (ใช้เวลาในการพอกเมล็ด 3 ชั่วโมง) และ 4 = ง่าย (ใช้เวลาในการพอกเมล็ด 2 ชั่วโมง)

1.3 การละลายน้ำของก้อนพอก

สุ่มเมล็ดที่ผ่านการพอกแต่ละกรรมวิธีต่าง จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 เมล็ดพอก มาแช่น้ำกลั่นปริมาตร 10 มิลลิลิตร พร้อมกับเริ่มจับเวลา และหยุดเวลาเมื่อมีการปริแตกสารพอกและหลุดร่วงออกจากเมล็ด (จักรพงษ์ และบุญมี, 2557)

2. การบันทึกผลการทดลองในสภาพห้องปฏิบัติการ

นำเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกและไม่ผ่านการพอกมาทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่มาทดสอบความงอกโดยวิธี Top of paper (TP) และนำไปไว้ในตู้เพาะความงอกที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80% ความเข้มข้นแสง 180 μE ให้แสงตลอด 24 ชั่วโมง

2.1 การตรวจสอบความงอก

ตรวจนับต้นกล้าปกติหลังการเพาะ 5 วัน (first count) และหลังเพาะ 14 วัน (final count) จากนั้นรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (ISTA, 2022) จากสูตร

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

2.2 การตรวจสอบความเร็วในการงอก

ประเมินความเร็วในการงอกของเมล็ด โดยตรวจนับจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติ ในทุก ๆ วัน โดยประเมินทุกวัน ตั้งแต่ครั้งแรกหลังจากเพาะ 5 วัน จนถึงวันที่ 14 หลังเพาะ ทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอกของเมล็ด จากสูตร

$$\text{ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)} = \text{ผลรวมของ} \left(\frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันที่เพาะ}}\right)$$

2.3 การตรวจสอบการงอกราก

ประเมินการงอกของรากแรกเกิดที่โผล่พ้นเมล็ด โดยจะเริ่มนับเมื่อเมล็ดมีการงอกรากที่ความยาว 2 มิลลิเมตร โดยนับวันที่ 1 หลังเพาะ และวันที่ 4 หลังเพาะ จากนั้นรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์การงอกราก จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การงอกรากแรก} = \frac{\text{จำนวนของรากแรกที่โผล่พ้นเมล็ดแต่ละวัน}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \times 100$$

2.4 การตรวจสอบความเร็วการงอกราก

ประเมินการงอกของรากแรกเกิดที่โผล่พ้นเมล็ดโดยจะเริ่มนับเมื่อเมล็ดมีการงอกรากที่ความยาว 2 มิลลิเมตร โดยประเมินทุกวัน ตั้งแต่วันที่ 1 หลังเพาะ จนถึงวันที่ 4 หลังเพาะ จากสูตร

$$\text{ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน)} = \text{ผลรวมของ} \left(\frac{\text{จำนวนของรากแรกที่โผล่พ้นเมล็ดแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}\right)$$

2.5 การตรวจสอบเวลาเฉลี่ยในการงอก

ตรวจนับจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติตั้งแต่เริ่มเพาะจนถึงวันสุดท้าย โดยนับ 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด จากนั้นนำมาคำนวณหาเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ด (Orchard, 1977) จากสูตร

$$\text{เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)} = \frac{(G_1 \times D_1 + G_2 \times D_2 + \ldots + G_n \times D_n)}{\text{จำนวนต้นกล้าปกติทั้งหมด}}$$

เมื่อ $G_{1, 2, \ldots, n}$ คือ จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกวันที่ 1, 2, ..., n (n = 14)

$D_{1, 2, \ldots, n}$ คือ จำนวนวันที่ 1, 2, ..., n (n = 14) หลังจากวันเพาะเมล็ด

2.6 การตรวจสอบความยาวราก ความยาวต้น

สุ่มต้นกล้าปกติ อายุ 14 วัน จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น วัดความยาวของลำต้นโดยวัดตั้งแต่ส่วนรอยต่อของต้นกับรากไปจนถึงปลายสุดใบจริง ส่วนความยาวราก วัดจากปลายรากจนถึงบริเวณข้อต่อระหว่างส่วนรากและลำต้นของต้นกล้า โดยใช้หน่วยเป็นเซนติเมตร

2.7 การตรวจสอบน้ำหนักสดราก น้ำหนักสดต้น

สุ่มต้นกล้าปกติ อายุ 14 วัน จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น และชั่งน้ำหนักแยกต้น และรากด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก 3 ตำแหน่ง โดยใช้หน่วยเป็นกรัม

3. การบันทึกผลการทดลองในสภาพเรือนทดลอง

นำเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่ผ่านการพอกและไม่พอกมาทดสอบความงอกที่ถาดหลุมเพาะเมล็ด โดยมีพีทมอสเป็นวัสดุเพาะ ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ดพอก

3.1 การตรวจสอบความงอก

ทำการนับต้นกล้าปกติ หลังจากเพาะ 5 วัน (first count) และนับหลังเพาะ 14 วัน (final count) จากนั้นรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ (ISTA, 2022) จากสูตร

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

3.2 การตรวจสอบความเร็วในการงอก

ประเมินความเร็วในการงอกของเมล็ด โดยตรวจนับจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติในทุก ๆ วัน ตั้งแต่ครั้งแรกหลังจากเพาะ 5 วัน จนถึงวันที่ 14 หลังเพาะ ทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด จากนั้นนำมาคำนวณหาความเร็วในการงอกของเมล็ด จากสูตร

$$\text{ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)} = \text{ผลรวมของ} \left(\frac{\text{จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกในแต่ละวัน}}{\text{จำนวนวันที่เพาะ}}\right)$$

3.3 การตรวจสอบการโผล่พ้นดิน

ประเมินการงอกของใบเลี้ยง (Cotyledon) ที่โผล่พ้นดิน โดยนับวันที่ 1 หลังเพาะ และวันที่ 4 หลังเพาะ ทำ 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด จากนั้นรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์การโผล่พ้นดิน จากสูตร

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

3.4 การตรวจสอบความเร็วในการโผล่พ้นดิน

ประเมินการงอกของใบเลี้ยง (Cotyledon) ที่โผล่พ้นดิน ในทุก ๆ วัน ตั้งแต่วันที่ 1 หลังเพาะ จนถึงวันที่ 4 หลังเพาะ จากสูตร

$$\text{ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน)} = \text{ผลรวมของ} \frac{\text{(จำนวนของใบเลี้ยงที่โผล่พ้นดินแต่ละวัน)}}{\text{จำนวนวันหลังเพาะ}}$$

3.5 การตรวจสอบเวลาเฉลี่ยในการงอก

ตรวจนับจำนวนเมล็ดที่งอกเป็นต้นกล้าปกติตั้งแต่เริ่มเพาะจนถึงวันสุดท้าย โดยนับ 4 ซ้ำ ๆ ละ 50 เมล็ด จากนั้นนำมาคำนวณหาเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ด (Orchard, 1977) จากสูตร

$$\text{เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)} = \frac{(G_1 \times D_1 + G_2 \times D_2 + \ldots + G_n \times D_n)}{\text{จำนวนต้นกล้าปกติทั้งหมด}}$$

เมื่อ $G_{1, 2, \ldots, n}$ คือ จำนวนต้นกล้าปกติที่งอกวันที่ 1, 2, ..., n (n = 14)

$D_{1, 2, \ldots, n}$ คือ จำนวนวันที่ 1, 2, ..., n (n = 14) หลังจากวันเพาะเมล็ด

3.6 การตรวจสอบความยาวต้น

สุ่มต้นกล้าปกติ อายุ 14 วัน จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น โดยตัดลำต้นให้ชิดกับวัสดุปลูก แต่ไม่ควรตัดลึกลงไปในวัสดุปลูก จากนั้น วัดความยาวของลำต้นตั้งแต่ส่วนรอยต่อของต้นกับรากไปจนถึงปลายสุดใบจริง โดยใช้หน่วยเป็นเซนติเมตร

3.7 การตรวจสอบน้ำหนักสดต้น

สุ่มต้นกล้าปกติที่อายุ 14 วัน จำนวน 4 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น ซึ่งในการตัดลำต้นควรตัดให้ชิดกับวัสดุปลูก แต่ไม่ควรตัดลึกลงไปในวัสดุปลูก จากนั้นนำมาชั่งน้ำหนักต้นด้วยเครื่องชั่งน้ำหนัก 3 ตำแหน่ง โดยใช้หน่วยเป็นกรัม

การทดลองย่อยที่ 1.2 การศึกษาวัสดุพอกที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาชนิดของวัสดุพอกที่เหมาะสมสำหรับการพอก จากการคัดเลือกสารพอกที่มีคุณสมบัติสามารถใช้เป็นองค์ประกอบในการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง โดยคัดเลือกวัสดุพอกที่มีความเหมาะสม ได้แก่ bentonite, pumice, zeolite, calcium carbonate, calcium sulfate, talcum และ vermiculite ดังแสดงในตารางที่ 2 โดยมี CMC 0.3% เป็นวัสดุประสาน หลังจากนั้นทำการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วยเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์ถังหมุนรุ่น JK-01 จากนั้นนำเมล็ดหลังพอกไปลดความชื้น จนความชื้นของเมล็ดหลังการพอกเท่ากับความชื้นของเมล็ดก่อนการพอก (7 %) แล้วนำมาประเมินผลคุณภาพด้านกายภาพและคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการพอกตามวิธีการทดลองที่ 1 การทดลองย่อยที่ 1

ตารางที่ 2 ชนิดวัสดุพอก (กรัม) ต่อเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง 10 กรัม

วัสดุพอก	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
calcium sulfate	-	100	-	-	-	-	-	-
calcium carbonate	-	-	100	-	-	-	-	-
talcum	-	-	-	100	-	-	-	-
bentonite	-	-	-	-	100	-	-	-
zeolite	-	-	-	-	-	100	-	-
pumice	-	-	-	-	-	-	100	-
vermiculite	-	-	-	-	-	-	-	100

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองร่วมกับสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรค

เพื่อศึกษาหาชนิดและอัตราส่วนของสารเคมีที่สามารถป้องกันโรคเน่าคอดินที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* sp.

การทดลองขั้นตอนนี้จึงได้ศึกษาทดลองหาชนิดและอัตราส่วนของสารเคมีประเภทต่างๆ และทำการประเมินผล คุณภาพด้านกายภาพและคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการพอกร่วมกับสารเคมีป้องกันโรคเน่าคอดิน โดยแบ่งวิธีการศึกษาออกเป็น 2 การทดลองย่อยดังนี้

การทดลองย่อยที่ 2.1 ศึกษาหาชนิดของสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชที่สามารถยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp.

การทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาชนิดและอัตราส่วนของวัสดุพอกและวัสดุประสานที่เหมาะสม จากการคัดเลือกสารเคมีป้องกันโรคเน่าคอดินที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium* sp. 6 ชนิด คือ captan (เอ็กซต้า-แคป; 50% WP), metalaxyl (เมทโทร่า; 25% WP), mancozeb (ทรีเทน-เอ็ม; 80% WP), Imidacloprid (โปรวาโด; 70% WG), fosetyl aluminium (ทอลล่า80; 80% WG) และ chlorothalonil (ลีนิล; 75% WP) มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Pythium* sp. ในห้องปฏิบัติการ ดังนี้

1. เตรียมเชื้อ *Pythium* sp. โดยเลี้ยงบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) และบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 วัน

2. เตรียมสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช 6 ชนิด คือ captan, metalaxyl, mancozeb, Imidacloprid, fosetyl aluminium และ chlorothalonil โดยผสมสารเคมีแต่ละชนิดลงในอาหาร PDA จำนวน 4 ซ้ำ ซ้ำละ 20 มิลลิลิตร ต่ออาหาร PDA 80 มิลลิลิตร

3. ทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชในการยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. ด้วยวิธีอาหารพิษ (poisoned food technique) โดยเจาะปลายโคโลนีของเชื้อสาเหตุโรคด้วย cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร แล้วนำมาวางบริเวณกลางหน้าอาหารพิษแต่ละกรรมวิธี (ภาพที่ 1) ส่วนชุดควบคุมเป็นอาหาร PDA ที่ไม่มีสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำต่อกรรมวิธี

ภาพที่ 1 แสดงการทดสอบของสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชในการยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. ด้วยวิธีอาหารพิษ (poisoned food technique)

การทดลองย่อยที่ 2.2 ศึกษาผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง ร่วมกับสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง

นำตำรับสารพอกที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่ดีที่สุด จากการทดลองที่ 1 และสารเคมีป้องกันเชื้อราในการทดลองที่ 2 การทดลองย่อยที่ 1 มา 2 ชนิด โดยใช้อัตราความเข้มข้นแตกต่างกัน 4 ระดับ คือ 0.1, 0.2, 0.3 และ 0.4 g.ai. (ตารางที่ 3) จากนั้นพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วยเครื่องพอกเมล็ดพันธุ์ถังหมุนรุ่น JK-01 แล้วนำเมล็ดพอกไปลดความชื้น จนความชื้นของเมล็ดหลังการพอกเท่ากับความชื้นของเมล็ดก่อนการพอก (7 %) และนำมาตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์หลังการพอก เหมือนการทดลองย่อยที่ 1

การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันเชื้อสาเหตุโรคและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บรักษาที่อายุและสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน

นำตำรับสารพอกร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อราที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่ดีที่สุด จากการทดลองที่ 2 มาบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ กรรมวิธีละ 20 กรัม แล้วปิดผนึกนำไปเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน คือ ห้องที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ (อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90%) และห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิ (อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80%) หลังจากนั้นทำการสุ่มเมล็ดพันธุ์ทุก ๆ 2 เดือน เป็นเวลา 10 เดือน มาตรวจสอบการป้องกันโรค และตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ดังนี้

3.1 การตรวจสอบการป้องกันโรคจาก *Pythium* sp. หลังเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน

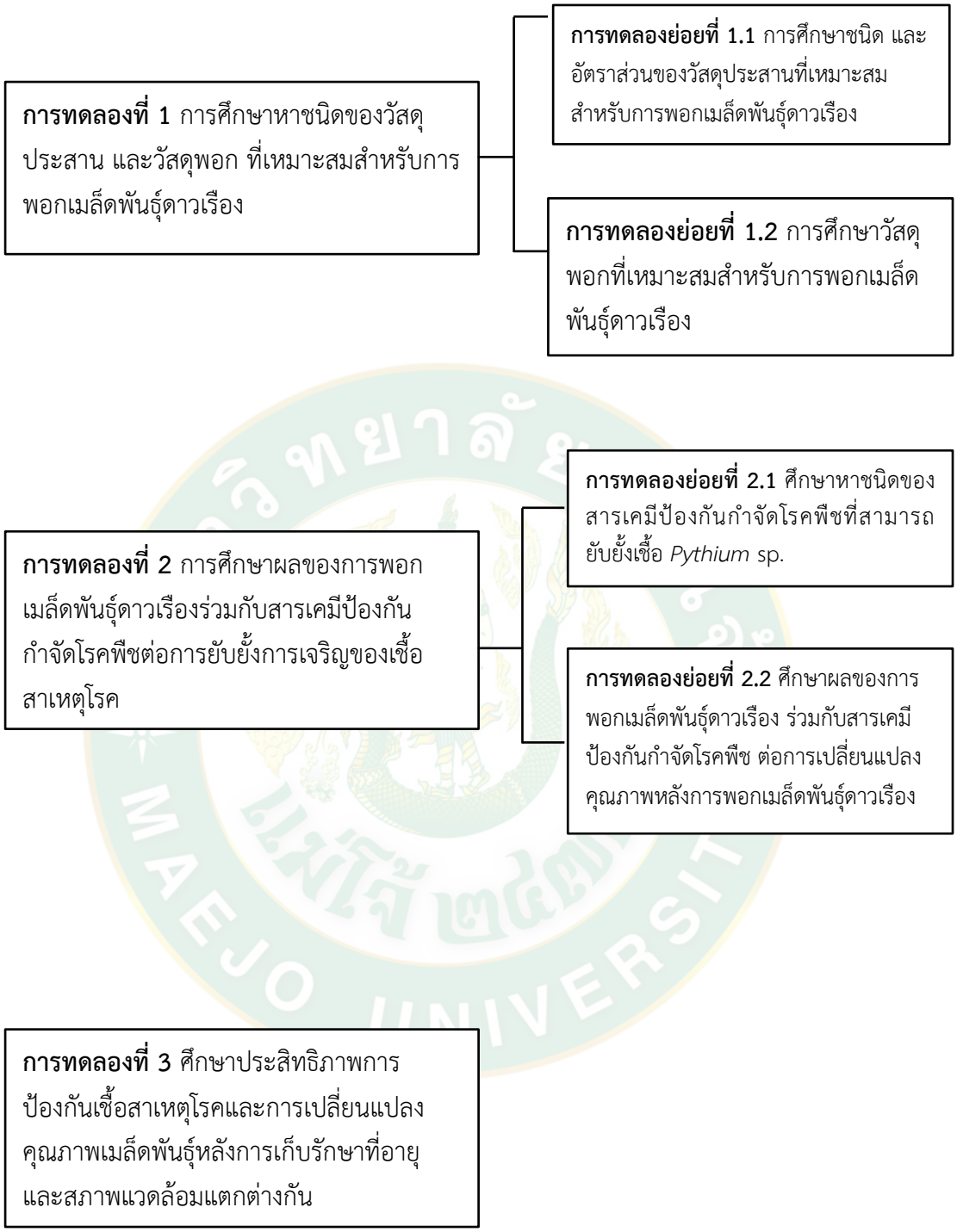
ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ๆ ละ 20 เมล็ดพอก โดยมีเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกเป็นชุดควบคุมนำมาเพาะในถุงเพาะชำขนาด 3x7 นิ้ว โดยใช้วัสดุเพาะที่มีการคลุกผสมเชื้อ *Pythium* sp. หลังจากทำการเพาะเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ทำการบันทึกข้อมูลและหาค่าเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคในวันที่ 14 เนื่องจากเป็นระยะที่เจริญเป็นต้นกล้าสมบูรณ์และเป็นช่วงการย้ายปลูก

3.2 การตรวจสอบผลของเมล็ดพอกดาวเรืองที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพอกหลังการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

นำเมล็ดพอกที่ได้จากกิจกรรมที่ 2 กิจกรรมย่อยที่ 2 มา 2 ตำรับบรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยด์ แล้วปิดผนึกด้วยเครื่องปิดผนึกไฟฟ้า แล้วนำไปเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ห้องที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิ (อุณหภูมิ 25-30 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90%) และห้องที่มีการควบคุมอุณหภูมิ (อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80%) หลังจากนั้นทำการสุ่มเมล็ดพันธุ์ทุก ๆ 2 เดือน เป็นเวลา 10 เดือนมาตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในลักษณะต่าง ๆ เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

นำข้อมูลทำวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) ตามแผนการทดลองแบบ Complete Randomized Design (CRD) แปลงข้อมูลเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์เพื่อวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้วิธี Arcsine transformation และเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเมื่อข้อมูล มีค่าเป็น 0 มีการแปลงค่าโดยวิธี square root $\sqrt{x+0.5}$ เพื่อวิเคราะห์ทางสถิติ การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละกรรมวิธีด้วยวิธี Dauncan's new Multiple Range Test (DMRT) โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป



ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการดำเนินการทดลอง

บทที่ 4
ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองค้นหาชนิดของวัสดุประสาน วัสดุพอกที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง รวมถึงการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังผ่านการพอกร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อราในสภาพการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ซึ่งมีผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง ดังนี้

การทดลองที่ 1 การศึกษาหาชนิดของวัสดุประสาน และวัสดุพอก ที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง

การทดลองย่อยที่ 1 การศึกษาชนิด และอัตราส่วนของวัสดุประสานที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง

1.1 ลักษณะทางกายภาพของก้อนพอกหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานต่างชนิดและอัตรา

การพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานที่มีอัตราที่สูงขึ้นทำให้มีการขึ้นรูปก้อนพอกได้ง่ายมากขึ้น ส่วนการประเมินการละลายน้ำของก้อนพอก พบว่า การพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานที่มีอัตราที่สูงขึ้นทำให้มีระยะเวลาในการละลายน้ำของก้อนพอกที่มากขึ้น ทำให้การพอกเมล็ดด้วย carboxymethyl cellulose (CMC), methyl hydroxyethyl cellulose (MHEC), methylcellulose (MC) ที่อัตรา 0.4%w/v มีระยะเวลาการละลายน้ำที่มากกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการพอกเมล็ดด้วย CMC MHEC และ MC ที่อัตรา 0.3%w/v ส่วนการตรวจสอบความกร่อนของก้อนพอก พบว่า การพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานที่มีอัตราที่สูงขึ้นทำให้มีความกร่อนของก้อนพอกน้อยกว่าอัตราที่น้อย ทำให้การพอกเมล็ดด้วย CMC MHEC และ MC ที่อัตรา 0.4%w/v มีความกร่อนน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับการพอกเมล็ดด้วย CMC MHEC และ MC ที่อัตรา 0.3%w/v (ตารางที่ 3) ซึ่งหากพิจารณาจากภาพที่ 3 จะเห็นว่าการพอกเมล็ดด้วย CMC MHEC และ MC ที่อัตรา 0.2%w/v ไม่สามารถทำให้วัสดุพอกเกาะติดเมล็ดได้ครอบคลุม และไม่แน่นหนา จึงทำให้ก้อนพอกมีความปริแตก ก้อนพอกไม่เป็นรูปทรง

เนื่องจาก CMC และ MHEC เป็นอนุพันธ์เซลลูโลสที่สกัดได้จากพืช มีสูตรโครงสร้างคือ $[C_6H_7O_2(OH)_{3x}(Bruce)_x]_n$ โดยที่ n คือจำนวนโครงสร้างที่เข้ามาต่อกันเป็นสายยาว และ x คือจำนวนหมู่ OH ที่จะมาสานกันเป็นโครงสร้างร่างแห ทำให้เมื่อมีความเข้มข้นของ CMC และ MHEC มากขึ้นจึงทำให้พอลิเมอร์มีความหนืดที่มากขึ้น (Kovalenko et al, 2020) โดย Jeephet and Kangsopa (2022) ได้รายงานว่าการใช้ MHEC และ CMC ที่ความเข้มข้น 0.3% และ 0.4% ร่วมกับการใช้ calcium sulfate เป็นวัสดุพอกทำให้การขึ้นรูปก้อนพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมได้ง่ายที่สุด และทำให้ได้ก้อนพอกที่สวยและแข็งแรง อีกทั้งงานทดลองนี้ได้ใช้ calcium sulfate เป็นวัสดุพอกสำหรับการศึกษาคุณสมบัติของวัสดุประสานชนิดต่าง ๆ ซึ่งจากคุณสมบัติของ calcium sulfate ที่มีอนุภาคขนาดเล็กเพียง 79 ไมครอน เมื่อรวมกับพอลิเมอร์ที่มีความหนืดเช่น CMC และ MHEC จึงทำให้ได้ก้อนพอกที่แข็งแรงสูง ความพรุนต่ำ และการขยายตัวสูง (Chindaprasirt et al., 2011)ทำให้เมื่อใช้ CMC และ MHEC ความเข้มข้นสูงขึ้นจึงทำให้มีระยะเวลาการละลายน้ำของก้อนพอกที่มากกว่ากว่าการใช้พอลิเมอร์ความเข้มข้นต่ำ โดยที่ทั้ง CMC และ MHEC เป็นพอลิเมอร์ที่สามารถละลายน้ำได้ทำ

ให้ก้อนพอกดาวเรืองที่ได้ ไม่ขัดขวางต่อการงอกของเมล็ด (J. S. Kangsopa, A. and Thawong, N 2023)และก้อนพอกที่ได้จากการใช้ CMC และ MHEC ความเข้มข้นสูงยังทำให้ความกร่อนของก้อนพอกน้อยกว่าการใช้พอลิเมอร์ความเข้มข้นต่ำ และทำให้น้ำหนักเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น เนื่องจากการพอกเมล็ดพันธุ์เป็นการเพิ่มสารเฉื่อยให้ติดไปกับผิวของเมล็ดพันธุ์ จึงทำให้เมล็ดพอกมีขนาดและน้ำหนักเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และจากการใช้ CMC และ MHEC ความเข้มข้นสูงทำให้วัสดุพอกติดกับเมล็ดอย่างแน่น ทำให้เกิดความกร่อนของก้อนพอกที่น้อย (Chaiyasarn and Siri, 2019) และในส่วนของ MC เป็น nonionic polymer จึงไม่มีประจุในโครงสร้าง ไม่ละลายในน้ำร้อน แต่เมื่อมีการละลายน้ำจนถึงจุดเจลของ MC จะส่งผลให้มีความหนืดที่มาก สามารถทำให้วัสดุพอกเกาะติดกันได้ดีขึ้น (สถาพร, 2548)

ตารางที่ 3 ผลของการตรวจลักษณะทางกายภาพของก้อนพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานในชนิด และอัตราต่าง ๆ

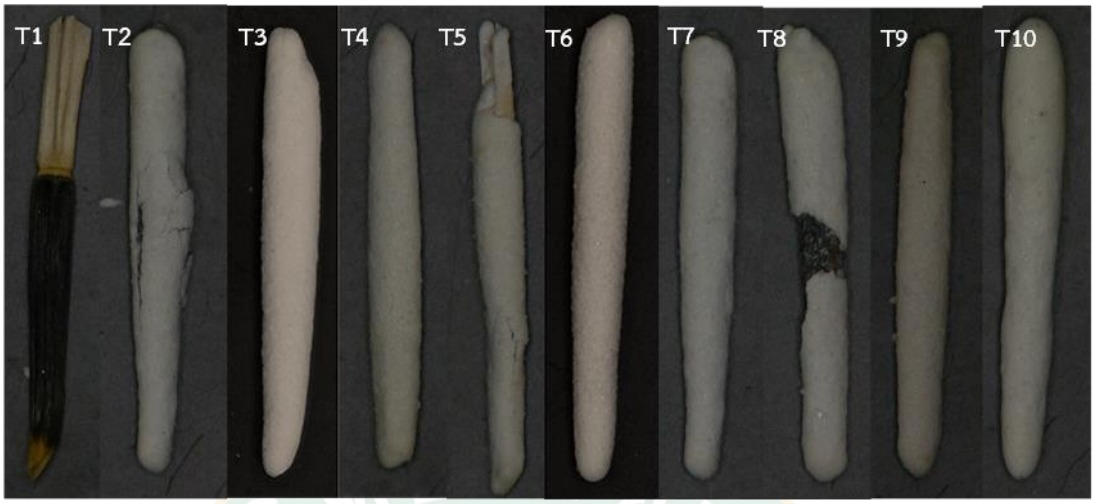
กรรมวิธี[1/]	การขึ้นรูปของเมล็ดพอก	การละลายน้ำของเมล็ดพอก (วินาที)	ความกร่อนของเมล็ดพอก (%)
T1	3	2.85 ab[2/3/]	52 a
T2	4	3.10 ab	41 ab
T3	4	5.12 a	32 b
T4	3	1.85 b	54 a
T5	4	2.83 ab	37 ab
T6	4	5.54 a	30 b
T7	3	1.95 b	56 a
T8	3	3.40 ab	43 ab
T9	4	5.50 a	36 b
F-test	-	*	*
C.V.%	-	10.73	9.18

* : มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05

[1/]T1=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.2%w/v, T2=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.3%w/v, T3=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.4%w/v, T4=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.2%w/v, T5=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.3%w/v, T6=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.4%w/v, T7=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.2%w/v, T8=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.3%w/v และ T9=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.4%w/v

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

[3/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05



ภาพที่ 3 ลักษณะของก้อนพอกหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานที่ชนิดแตกต่างกัน
T1=เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.2%w/v, T3=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.3%w/v, T4=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.4%w/v, T5=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.2%w/v, T6=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.3%w/v, T7=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.4%w/v, T8=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.2%w/v, T9=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.3%w/v และ T10=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.4%w/v

1.2 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานชนิดและอัตรากันที่แตกต่างกัน เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และสภาพเรือนทดลอง

จากการศึกษาคุณภาพเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานชนิดและอัตรากันที่แตกต่างกันมีวัตถุประสงค์เพื่อหาชนิดและอัตราส่วนของวัสดุประสานที่เหมาะสมกับเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง เมื่อประเมินคุณภาพเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่ผ่านการพอกด้วยประสานชนิดและอัตรากันที่แตกต่างกัน จากการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ ในส่วนของการงอกรากแรก พบว่า เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก มีการงอกรากแรกมากกว่าเมล็ดที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธี แต่เมื่อตรวจสอบความเร็วในการงอกรากแรก พบว่า เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และเมล็ดที่พอกด้วย CMC 0.3%w/v มีความเร็วในการงอกรากแรกที่มากกว่ากรรมวิธีอื่น ส่วนการตรวจสอบความงอก และความเร็วในการงอก พบว่า เมล็ดที่พอกด้วย CMC 0.3%w/v มีความงอก และความเร็วในการงอกมากกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับ เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก เมล็ดที่พอกด้วย CMC 0.4%w/v เมล็ดที่พอกด้วย MC 0.2%w/v และ 0.3%w/v แต่จากการตรวจสอบเวลาเฉลี่ยในการงอก พบว่า เมล็ดที่พอกด้วย MHEC 0.3%w/v และ 0.4%w/v มีเวลาเฉลี่ยในการงอกที่น้อยกว่ากรรมวิธีอื่น (ตารางที่ 4)

เมื่อตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานชนิดและอัตรากันที่แตกต่างกัน ในสภาพเรือนทดลอง พบว่า เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.3%w/v ส่งผลให้มีการโผล่พ้นดิน และความเร็วในการโผล่พ้นดินมากกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.2%w/v, 0.3%w/v, เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.2%w/v, 0.3%w/v และเมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.2%w/v เช่นเดียวกับการตรวจสอบความงอกและความเร็วในการงอก พบว่า เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.3%w/v ส่งผลให้มีความงอกและความเร็วในการงอกมากกว่าและแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความ

เชื่อมั่น 99% เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่การตรวจสอบเวลาเฉลี่ยในการงอก พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก (ตารางที่ 6)

จากการศึกษาจะเห็นได้ว่าเมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.3%w/v เป็นอัตราที่เหมาะสมต่อการนำไปพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ เนื่องจาก CMC เป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) หรือพอลิเมอร์ชนิด hydrophilic ซึ่งมีคาร์โบไฮเดรตที่เป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสที่ประสานกันเป็นร่างแห ถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ อย่างแพร่หลาย เช่น อาหาร ยา กาว สิ่งทอ และเซรามิก เป็นต้น มีคุณสมบัติเป็นสารเพิ่มความหนืดที่ช่วยในการยึดเกาะและเป็นสารคงสภาพ (Zhivkov, 2013) อีกทั้ง CMC ยังจัดเป็นพอลิเมอร์ที่ละลายน้ำได้ดีเมื่อนำมาเป็นวัสดุประสานสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ จึงไม่มีผลขัดขวางต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ทำให้เมล็ดพอกได้รับอากาศ ความชื้นทำให้มีความงอก ความเร็วในการงอกที่ดี ในขณะที่ MHEC เป็นองค์ประกอบของเซลลูโลสสายยาว มีความหนืดระดับปานกลาง โครงสร้างเป็นร่างแหคล้ายกับ CMC มีความสามารถในการยึดเกาะอย่างแน่นหนา ส่งผลให้เมื่อนำมาพอกร่วมกับเมล็ดจะทำให้ก้อนพอกมีความแข็ง อีกทั้ง MHEC ยังละลายน้ำได้ช้าจึงส่งผลให้เมื่อนำมาพอกร่วมกับเมล็ดจึงทำให้มีการงอกราก และความงอกที่ช้ากว่าเมื่อตรวจสอบในห้องปฏิบัติการ และเมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นจะยิ่งส่งผลให้เกิดการขัดขวางความชื้นและอากาศ ทำให้เมล็ดงอกได้ช้าขึ้น (Bülichen and Plank, 2012); Kovalenko et al., 2020) เช่นเดียวกับ MC ที่มีองค์ประกอบเป็นอนุพันธ์ของเซลลูโลสที่เป็นร่างแหแบบหลวม โดยที่หมู่เมทิล ($–CH_3$) แทนที่ไฮดรอกซิลที่ตำแหน่ง C-2, C-3 และ/หรือ C-6 ของหน่วยแอนไฮโดร-ดี-กลูโคส ส่งผลให้มีช่องว่าในการกักเก็บความชื้นได้ดีทำให้มีความหนืดค่อนข้างสูงเมื่อเกิดเป็นลักษณะเจลหนืดแล้วจะละลายน้ำได้น้อย (Nasatto et al., 2015) เมื่อนำมาพอกร่วมกับเมล็ดในความเข้มข้นที่สูงจึงส่งผลให้เกิดการขัดขวางการงอกของเมล็ดได้ ดังนั้นการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วยวัสดุประสานที่มีความเข้มข้นต่ำ จึงทำให้เมล็ดพอกมีความกร่อนของก้อนพอกที่สูง การละลายน้ำที่มาก แต่ส่งผลให้มีความงอกที่มาก แต่เมื่อพอกเมล็ดร่วมกับวัสดุประสานที่มีความเข้มข้นสูง ทำให้เมล็ดพอกมีความกร่อนของก้อนพอกที่น้อย มีการละลายน้ำที่น้อย แต่ส่งผลให้มีความงอกที่น้อยมากกว่าการใช้วัสดุประสานที่มีความเข้มข้นต่ำ และจากการทดลองของ Kangsopa et al. (2021) ได้รายงานว่า การใช้ CMC 0.1% และ calcium sulfate ในการพอกเมล็ดพันธุ์แครอท ส่งผลให้มีความงอกมากกว่า 90% และจากการใช้ CMC 5 กรัม เป็นวัสดุประสานสำหรับพอกเมล็ดพันธุ์ถั่วมะแฮะ พบว่ามีความงอกและการเจริญเติบโตที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก (Anbalagan, 2016) และจากการรายงานของ จักรพงษ์ และบุญมี (2558) พบว่าการใช้ CMC ที่ความเข้มข้น 0.4, 0.6, 0.8 และ 1.0 กรัม เป็นวัสดุประสานสำหรับพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอม พบว่า ไม่มีผลกระทบต่อความงอก และความเร็วในการงอกเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้ผ่านการพอก ซึ่งไม่สอดคล้องกับการรายงานของ (Kangsopa et al. (2023)) พบว่า การพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วย MHEC 0.3% ทำให้ความงอกและความยาวต้นกล้าที่มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก

ตารางที่ 4 การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก ความเร็วในการงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ				
	การงอกรากแรก (%)	ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)	เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)
T1	56 a[2/3/]	14.71 a	47 ab	4.50 ab	2.18 a
T2	28 cd	8.88 b	44 b	4.14 b	1.92 a
T3	40 b	12.63 a	57 a	5.55 a	2.33 a
T4	33 b-d	7.96 bc	51 ab	5.00 ab	2.19 a
T5	25 de	5.88 b-d	42 b	4.07 b	1.90 a
T6	17 ef	4.38 d	26 c	2.56 ab	1.10 b
T7	16 f	4.96 cd	29 c	2.80 c	1.30 b
T8	32 b-d	8.13 bc	47 ab	4.64 ab	2.06 a
T9	36 bc	9.17 b	52 ab	5.00 ab	2.28 a
T10	19 ef	3.88 d	46 ab	4.41 b	2.18 a
F-test	**	**	**	**	**
C.V.%	12.84	26.71	10.29	16.13	17.67

** : มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.01

[1/]T1=เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.2%w/v, T3=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.3%w/v, T4=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.4%w/v, T5=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.2%w/v, T6=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.3%w/v, T7=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.4%w/v, T8=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.2%w/v, T9=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.3%w/v และ T10=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.4%w/v

[2/]แปลงข้อมูลการงอกรากแรกและความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin

[3/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

1.3 การเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรือง หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และสภาพเรือนทดลอง

เมื่อตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรืองในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า ความยาวต้นของเมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.4%w/v มีความยาวต้นที่มากกว่าและแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่เมื่อตรวจสอบน้ำหนักสดต้น พบว่า เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.4%w/v และเมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.2%w/v มีน้ำหนักสดต้นที่มากกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.2%w/v, 0.3%w/v, เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.3%w/v และเมล็ดที่พอกด้วย MC ทุกอัตรา ส่วนการตรวจสอบน้ำหนักสดราก พบว่า เมล็ดที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธีมีน้ำหนักสดรากมากกว่าและแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่การตรวจสอบความยาวรากไม่พบความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก (ตารางที่ 5)

ส่วนการตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรืองในสภาพเรือนทดลอง ในส่วนของความยาวต้น พบว่า เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.3%w/v, เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.2%w/v และ 0.3%w/v มีความยาวต้นที่มากกว่าและแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก ส่วนการตรวจสอบน้ำหนักสดต้น พบว่า เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.2%w/v มีน้ำหนักสดต้นที่มากกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, เมล็ดที่พอกด้วย CMC 0.3%w/v, 0.4%w/v, เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.2%w/v และเมล็ดผ่านการพอกด้วย MC ทุกอัตรา (ตารางที่ 7)

จากการตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรืองจะเห็นได้ว่าเมล็ดที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธีทำให้มีการเจริญเติบโตทั้งรากและลำต้นที่ดีกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกเมื่อตรวจสอบทั้งห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง เนื่องจากองค์ประกอบของ CMC MHEC และ MC มีองค์ประกอบเป็นเซลลูโลสเป็นหลัก ซึ่งมีสูตรโมเลกุล $(C_6H_{10}O_5)_n$ ประกอบไปด้วยโมเลกุลของกลูโคสที่ต่อกันเป็นเส้นตรง ส่วนใหญ่จะละลายน้ำได้ไม่ค่อยดีแต่จะมีคุณสมบัติในการดูดซับน้ำจากบริเวณใกล้เคียงได้ดี (จุฬาลักษณ์, 2559) ดังนั้นเมื่อนำมาใช้เป็นวัสดุประสานในการพอกเมล็ดร่วมกับ Calcium sulfate ที่เป็นวัสดุพอกซึ่งสามารถให้ธาตุอาหารรองได้คือ แคลเซียม และกำมะถัน เมื่อก้อนพอกได้รับความชื้นจนมีการปริแตกจึงทำให้มีธาตุอาหารรองกระจายอยู่ใกล้ ๆ เมื่อรากสัมผัสกับธาตุอาหารจึงส่งผลให้มีการเจริญเติบโตที่มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก สอดคล้องกับการรายงานของ Jeephet and Kangsopa (2022) ที่พบว่าการพอกเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมด้วย CMC 0.4% ทำให้มีความยาวรากและความยาวต้นกล้าผักกาดหอมมากกว่าและแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก ซึ่งเห็นได้ชัดว่า CMC และ MHEC ไม่มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรืองแม้ว่าจะมีการเพาะทดสอบในสภาพไม่ควบคุมสภาพแวดล้อม โดยที่ CMC และ MHEC มีลักษณะเป็นโครงสร้างร่างแหที่มีความหนืดแต่ยังมีความสามารถละลายน้ำได้อย่างรวดเร็ว (Suriyatem, 2020) ทำให้เมล็ดพอกปริแตก และความชื้น และอากาศสามารถเข้าสู่เมล็ดได้ ส่งผลให้เมล็ดมีการงอกราก และมีการเจริญเติบโตของต้นกล้าที่สมบูรณ์

ตารางที่ 5 ความยาวต้น ความยาวราก น้ำหนักสดต้น และน้ำหนักสดรากของต้นกล้าดาวเรืองหลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ			
	ความยาวต้น (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	น้ำหนักสดต้น (กรัม)	น้ำหนักสดราก (กรัม)
T1	6.94 c[2/]	3.19	0.39 ab	0.21 b
T2	10.62 ab	3.10	0.35 ab	0.33 a
T3	11.17 ab	3.10	0.36 ab	0.33 a
T4	10.44 ab	3.09	0.41 a	0.37 a
T5	11.49 ab	3.21	0.42 a	0.38 a
T6	10.25 ab	3.14	0.37 ab	0.33 a
T7	8.95 bc	2.95	0.32 b	0.29 ab
T8	11.09 ab	3.21	0.39 ab	0.35 a
T9	10.69 ab	3.13	0.39 ab	0.37 a
T10	11.67 a	3.14	0.38 ab	0.38 a
F-test	**	ns	*	*
C.V.%	15.28	6.44	13.6	19.54

ns, *, ** : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ

[1/]T1=เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.2%w/v, T3=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.3%w/v, T4=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.4%w/v, T5=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.2%w/v, T6=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.3%w/v, T7=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.4%w/v, T8=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.2%w/v, T9=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.3%w/v และ T10=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.4%w/v

[2/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

ตารางที่ 6 การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้น ความงอก ความเร็วในการงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี [1/]	สภาพเรือนทดลอง				
	การโผล่พ้นดิน (%)	ความเร็วในการโผล่พ้นดิน (ต้น/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็ว ในการงอก (ต้น/วัน)	เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)
T1	15 ab [2/3/]	2.25 a-c [3/]	16 ab	1.60 ab	3.55
T2	15 ab	2.31 a-c	22 ab	2.14 a	3.83
T3	18 ab	2.60 a-c	20 ab	1.94 ab	3.62
T4	12 b	1.75 bc	16 ab	1.53 ab	3.92
T5	14 ab	2.00 a-c	17 ab	1.61 ab	3.88
T6	14 ab	2.13 a-c	15 ab	1.50 ab	3.56
T7	11 b	1.73 bc	13 b	1.24 b	3.51
T8	19 ab	2.90 ab	21 ab	2.04 ab	3.42
T9	22 a	3.29 a	24 a	2.34 a	3.49
T10	10 b	1.44 c	13 b	1.22 b	4.02
F-test	*	*	*	*	ns
C.V.%	19.83	36.54	16.88	31.37	9.71

ns, * : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และ มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 ตามลำดับ

[1/]T1=เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.2%w/v, T3=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.3%w/v, T4=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.4%w/v, T5=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.2%w/v, T6=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.3%w/v, T7=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.4%w/v, T8=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.2%w/v, T9=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.3%w/v และ T10=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.4%w/v

[2/]แปลงข้อมูลการโผล่พ้นดินและความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin

[3/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

ภาพที่ 4 ลักษณะของต้นกล้าดาวเรืองที่ผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานที่ชนิดแตกต่างกัน ที่อายุ 14 วัน เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

T1=เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.2%w/v, T3=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.3%w/v, T4=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.4%w/v, T5=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.2%w/v, T6=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.3%w/v, T7=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.4%w/v, T8=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.2%w/v, T9=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.3%w/v และ T10=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.4%w/v

ตารางที่ 7 ความยาวต้น และน้ำหนักสดของต้นกล้าดาวเรืองหลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุประสานชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี[1/]	สภาพเรือนทดลอง	
	ความยาวต้น (เซนติเมตร)	น้ำหนักสดต้น (กรัม)
T1	3.83 ab[/2]	0.50 ab
T2	4.10 ab	0.63 a
T3	4.48 a	0.58 ab
T4	4.18 ab	0.37 a-c
T5	4.17 ab	0.53 ab
T6	3.56 b	0.25 c
T7	3.90 ab	0.33 bc
T8	4.25 a	0.53 ab
T9	4.32 a	0.55 ab
T10	4.20 ab	0.38 a-c
F-test	*	*
C.V.%	9.64	23.32

* : มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05

[1/]T1=เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.2%w/v, T3=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.3%w/v, T4=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย CMC 0.4%w/v, T5=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.2%w/v, T6=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.3%w/v, T7=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MHEC 0.4%w/v, T8=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.2%w/v, T9=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.3%w/v และ T10=เมล็ดที่ผ่านการพอกด้วย MC 0.4%w/v

[2/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

การทดลองย่อยที่ 2 การศึกษาชนิดของวัสดุพอกที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง

1.1 ลักษณะทางกายภาพของก้อนพอกหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกต่างชนิดกัน

จากการค้นหาชนิดและอัตราของวัสดุประสานที่เหมาะสมสำหรับการพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง จากนั้นคัดเลือกวัสดุประสานที่ดีที่สุดมา 1 อัตรา คือ CMC 0.3%w/v มาใช้เป็นวัสดุประสานสำหรับการค้นหาวัสดุพอกโดยเลือกวัสดุพอกที่หาได้ง่าย ราคาไม่แพงทั้งหมด 7 ชนิด คือ calcium sulfate ($CaSO_4$), calcium carbonate ($CaCO_3$), talcum, bentonite, zeolite, pumice และ vermiculite จากการทดลองพบว่าการพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$ และ $CaCO_3$ มีการขึ้นรูปก้อนพอกได้ง่าย รองลงมาคือเมล็ดที่พอกด้วย vermiculite ส่วนการประเมินการละลายน้ำของก้อนพอก พบว่าเมล็ดที่พอกด้วย pumice และ vermiculite มีระยะเวลาในการละลายน้ำที่มากกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$ และ bentonite ส่วนความกร่อนของก้อนพอก พบว่า เมล็ดที่พอกด้วย bentonite, zeolite, pumice และ vermiculite มีความกร่อนของก้อนพอกที่น้อยกว่ากรรมวิธีอื่น (ตารางที่ 8) ซึ่งหากพิจารณาจากภาพที่ 5 จะเห็นได้ว่าลักษณะของก้อนพอกที่ได้จากการใช้วัสดุพอกต่างชนิดกันส่งผลต่อรูปร่าง และลักษณะของก้อนพอกอย่างชัดเจน ซึ่งเมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$, bentonite, zeolite, pumice และ vermiculite ไม่มีการหลุดร่วงแตกหัก ทำให้ก้อนพอกมีรูปทรงที่เรียวยาวตามรูปทรงของเมล็ดพันธุ์ แต่เมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$ จะทำให้ได้ก้อนพอกที่มีลักษณะที่คงรูปมากกว่าวัสดุพอกชนิดอื่น และในส่วนของการพอกเมล็ดด้วย $CaCO_3$ และ talcum จากรูปจะเห็นได้ว่ามีการปริแตกและไม่สามารถเป็นก้อนพอกที่สมบูรณ์ได้ เนื่องจาก $CaSO_4$ และ $CaCO_3$ สามารถขึ้นรูปก้อนพอกได้ง่ายกว่าวัสดุพอกชนิดอื่น เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีของ $CaSO_4$ มีอนุภาคขนาด 79 ไมครอน (Chindaprasirt et al., 2011) ทำให้มีความแข็งแรงสูง ความพรุนต่ำ และการขยายตัวสูง เมื่อนำมาใช้เป็นวัสดุพอกทำให้สามารถขึ้นรูปก้อนพอกได้ง่าย มีความแข็งแรงของก้อนพอกทำให้มีความกร่อนที่น้อย อีกทั้งเมื่อเจอความชื้นยังทำให้ก้อนพอกปริแตกได้ช้า ในส่วนของ $CaCO_3$ ที่มีขนาดอนุภาค 1.5-4.0 ไมครอน ทำให้สามารถขึ้นรูปได้ง่าย แต่โครงสร้างมีความโปร่งมากทำให้ก้อนพอกมีความกร่อนมากที่สุด และเมื่อเจอความชื้นจึงทำให้ปริแตกได้ง่าย (Fabrício and Ana, 2011) เช่นเดียวกับ Talcum ที่แม้จะเป็นผงละเอียด สามารถดูดซับความชื้นได้ดีแต่มีความแข็งเพียง 1 ทัลก์ซึ่งถือว่ามีความแข็งแรงที่น้อยและมีผิวที่ลื่น ทำให้เมื่อนำมาพอกกับเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองทำให้ยึดเกาะเป็นก้อนพอกได้ยาก และทำให้มีความกร่อนของก้อนพอกที่มาก (Sridhar and Srinivas, 2017) ส่วน pumice, zeolite และ bentonite มีอนุภาคที่มีรูพรุนโปร่งคล้ายฟองน้ำ สามารถดูดซับความชื้นได้ดีทำให้รวมตัวกับวัสดุประสานได้ง่าย และยังสามารถคงรูปได้เร็ว ขึ้นรูปก้อนพอกได้ยากแต่จะมีความกร่อนที่น้อย และละลายน้ำได้ช้า และในส่วนของ 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 (ภาพที่ 1) (กรมทรัพยากรธรณี, 2551) สอดคล้องกับการรายงานของ นงนุช และบุญมี (2556) ที่ทดสอบการพอกเมล็ดข้าวโพดไร่ขนาดเล็ก

ด้วย vermiculite ทำให้มีความกร่อนและการละลายน้ำช้ากว่าวัสดุพอกชนิดอื่นเมื่อเจอความชื้นยังทำให้ก้อนพอกปริแตกได้ช้า ส่วน calcium carbonate ที่มีขนาดอนุภาค 1.5-4.0 ไมครอน ทำให้สามารถขึ้นรูปได้ง่ายแต่โครงสร้างมีความโปร่งมากทำให้ก้อนพอกมีความกร่อนมากที่สุด และเมื่อเจอความชื้นจึงทำให้ปริแตกได้ง่าย (Febrida et al., 2021) สอดคล้องกับ สันติภาพ และคณะ (2561) ที่พบว่าการพอกเมล็ดมะเขือเทศลูกผสมร่วมกับ calcium sulfate ทำให้ก้อนพอกมีความกร่อนน้อยที่สุด (0.02%) รองลงมาคือการพอกเมล็ดด้วย pumice และ bentonite

ตารางที่ 8 ผลของการตรวจลักษณะทางกายภาพของก้อนพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกในชนิดต่าง ๆ

กรรมวิธี	การขึ้นรูปของเมล็ดพอก	การละลายน้ำของเมล็ดพอก (วินาที)	ความกร่อนของเมล็ดพอก (%)
เมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$	5[1/]	3.53 ab[2/]	20 bc
เมล็ดที่พอกด้วย $CaCO_3$	4	1.90 bc	63 a
เมล็ดที่พอกด้วย talcum	2	1.97 bc	46 ab
เมล็ดที่พอกด้วย bentonite	2	2.83 ab	10 c
เมล็ดที่พอกด้วย zeolite	2	2.07 bc	18 c
เมล็ดที่พอกด้วย pumice	2	3.94 a	16 c
เมล็ดที่พอกด้วย vermiculite	3	4.53 a	11 c
f-test	-	*	*
C.V.%	-	11.42	13.91

* : มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05.

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

[2/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

ภาพที่ 5 ลักษณะของก้อนพอกหลังการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกที่ชนิดแตกต่างกัน

T1=เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2=เมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$, T3=เมล็ดที่พอกด้วย $CaCO_3$, T4=เมล็ดที่พอกด้วย talcum, T5=เมล็ดที่พอกด้วย bentonite, T6=เมล็ดที่พอกด้วย zeolite, T7=เมล็ดที่พอกด้วย pumice และ T8=เมล็ดที่พอกด้วย vermiculite

1.2 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกต่างชนิดกัน เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และสภาพเรือนทดลอง

จากการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกต่างชนิดกัน เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า เมล็ดที่พอกด้วย vermiculite ส่งผลให้มีการงอกรากแรก และความเร็วในการงอกรากแรกที่มากกว่าและแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นที่ระดับ 99% เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก ส่วนการตรวจสอบความงอก พบว่าเมล็ดที่พอกด้วย vermiculite มีความงอกมากกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, เมล็ดที่พอกด้วย bentonite, zeolite และ pumice เช่นเดียวกับความเร็วในการงอกที่พบว่า เมล็ดที่พอกด้วย vermiculite ความเร็วในการงอกที่มากกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่พอกด้วย bentonite และ pumice แต่การตรวจสอบเวลาเฉลี่ยในการงอก พบว่า เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกใช้เวลาในการงอกเป็นต้นกล้าปกติที่มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 9)

จากการตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกต่างชนิดกัน เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง พบว่า เมล็ดที่พอกด้วย vermiculite ส่งผลให้มีการโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้น ความงอก ความเร็วในการงอก มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่ไม่แตกต่างกับเมล็ดที่พอกด้วย $CaCO_3$, talcum, bentonite และ pumice แต่การตรวจสอบเวลาเฉลี่ยในการงอก พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ (ตารางที่ 11)

จากการตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลองจะเห็นได้ว่า เมล็ดที่พอกร่วมกับ vermiculite ทำให้มีการงอกราก ความงอก การโผล่พ้นดิน มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก เนื่องจาก vermiculite เป็นแร่ดินเหนียวธรรมชาติที่ไม่เป็นพิษต่อธรรมชาติ มีลักษณะเป็นแผ่นบาง ๆ ซ้อนกันหลาย ๆ ชั้น เกิดจากการยืดขยายตัวด้วยความร้อนประมาณ 800 °C มีคุณสมบัติเบา เป็นกลาง ไม่ละลายน้ำ มีลักษณะรูพรุนเหมือนฟองน้ำ ไม่กดอัดขณะเปียก ดูดน้ำได้ดี สามารถอุ้มน้ำได้มากถึง 500 % (w/w) อีกทั้งยังสามารถดูดซับธาตุอาหารและค่อย ๆ ปลดปล่อยออกมาภายหลังได้ (Bartol and Martin, 1998) ในปัจจุบันมีอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้นำ vermiculite มาใช้เพื่อเป็นฉนวนกันความร้อน วัสดุปรับปรุงดิน ซึ่งจะทำให้ดินร่วนซุย อากาศและน้ำถ่ายเทได้สะดวก (Marcos et al., 2014) นอกจากนี้ยังใช้เป็นวัสดุปลูกพืชไฮโดรโปนิกส์ การนำ vermiculite มาใช้เป็นวัสดุในการพอกจะต้องบดให้ละเอียดจนมีขนาด 1-4 ไมโครเมตร (มนูญ, 2544) หลังจากนำ vermiculite มาพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง เมื่อก้อนพอกนั้นได้รับความชื้นจะมีการกักเก็บความชื้นไว้เป็นจำนวนมาก ทำให้เมล็ดพันธุ์ได้รับความชื้นโดยตรง และสม่ำเสมอ จึงทำให้เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองมีการงอกรากที่รวดเร็วกว่าการพอกด้วยวัสดุพอกชนิดอื่น ส่วนการพอกเมล็ดด้วย $CaSO_4$ และ $CaSO_3$ พบว่ามีการขึ้นรูปก้อนพอกที่ง่าย แต่มีการงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก การโผล่พ้นดิน และความเร็วในการโผล่พ้นดินที่น้อย เนื่องจากเป็นวัสดุพอกที่มีอนุภาคขนาดเล็ก (Febrida, 2021) เมื่อมีการรวมตัวกับวัสดุประสานจึงทำให้สามารถขึ้นรูปเป็นก้อนพอกได้ง่ายและมีความแข็งแรง เมื่อสัมผัสกับความชื้นจึงทำให้ใช้เวลาค่อนข้างนานที่จะทำให้ก้อนพอกแตก ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์สัมผัสความชื้น และอากาศค่อนข้างช้าจึงทำให้มีการงอกราก การโผล่พ้นดินที่ช้า ส่วนการพอกเมล็ดด้วย talcum แม้จะมีลักษณะเป็นผงละเอียดสามารถดูดซับความชื้นได้ดี แต่ไม่สามารถละลายน้ำได้

โดยง่ายทำให้เมื่อก้อนพอกสัมผัสความชื้นจึงทำให้อาจเกิดการขัดขวางการดูดซับน้ำของเมล็ด และการพอกเมล็ดด้วย bentonite, zeolite และ pumice มีอนุภาคที่มีรูพรุนโปร่งคล้ายฟองน้ำ สามารถดูดซับความชื้นได้ดีทำให้รวมตัวกับวัสดุประสานได้ดี (Sridhar and Srinivas, 2017) และสามารถคงรูปได้เร็วทำให้สามารถขึ้นรูปก้อนพอกได้ยากแต่จะมีความกร่อนที่น้อย และละลายน้ำได้ช้า จึงทำให้ก้อนพอกที่ได้มีลักษณะที่แข็ง ส่งผลให้เมล็ดได้รับความชื้นและอากาศได้ยาก จึงส่งผลให้เมล็ดเกิดการงอกรากที่ช้า และเจริญเป็นต้นกล้าปกติที่ช้ากว่ากรรมวิธีอื่น ๆ ในข้างต้น

ตารางที่ 9 การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก ความเร็วในการงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกต่างชนิดกัน

กรรมวิธี	สภาพห้องปฏิบัติการ				
	การงอกราก แรก (%)	ความเร็วใน การงอกราแรก (ราก/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็ว ในการงอก (ต้น/วัน)	เวลาเฉลี่ย ในการงอก (วัน)
เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก	53 b[1/2/]	10.92 b[2/]	62 ab	5.77 b	5.15 a
เมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$	35 c	7.92 c	38 c	3.72 c	4.64 b
เมล็ดที่พอกด้วย $CaCO_3$	55 b	11.58 b	60 b	5.82 b	4.77 b
เมล็ดที่พอกด้วย talcum	56 b	12.29 b	59 b	5.75 b	4.55 b
เมล็ดที่พอกด้วย bentonite	62 b	13.08 b	67 ab	6.45 ab	4.80 b
เมล็ดที่พอกด้วย zeolite	53 b	10.79 b	61 ab	5.98 b	4.86 b
เมล็ดที่พอกด้วย pumice	58 b	12.17 b	60 ab	5.85 ab	4.60 b
เมล็ดที่พอกด้วย vermiculite	75 a	16.71 a	72 a	7.00 a	4.63 b
F-test	**	**	**	**	**
C.V.%	10.38	14.28	7.95	10.44	4.06

** : มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.01

[1/]แปลงข้อมูลการงอกรากแรกและความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin

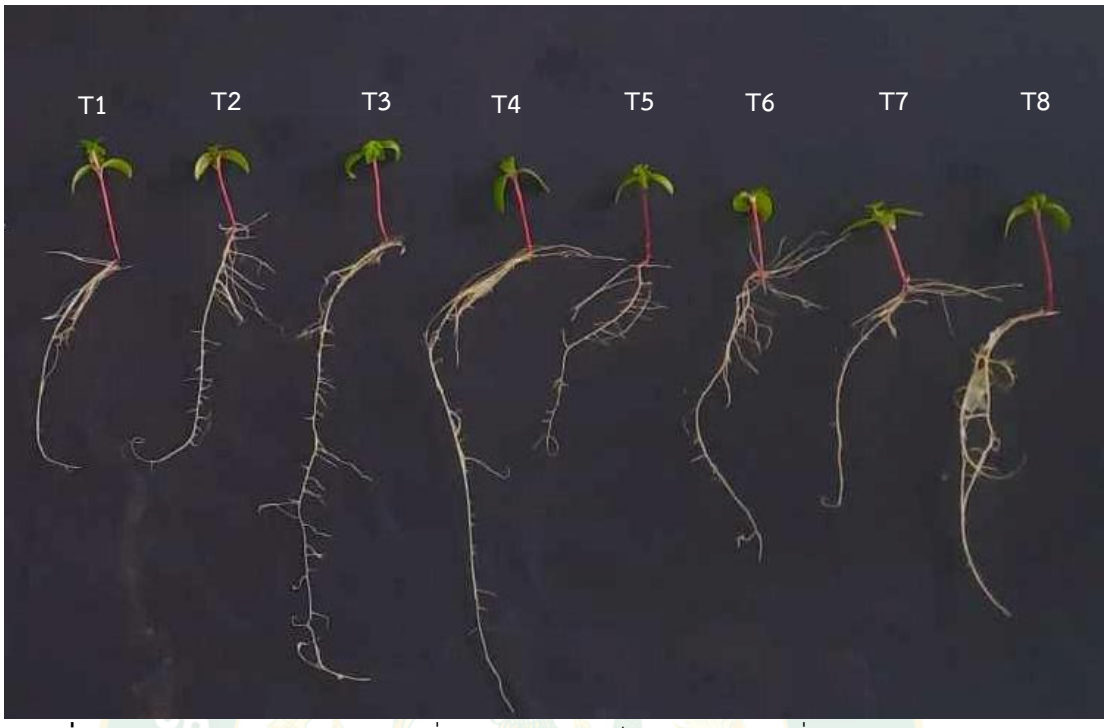
[2/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

1.3 การเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรือง หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกต่างชนิดกัน เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และสภาพเรือนทดลอง

เมื่อตรวจสอบความยาวต้นในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่เมื่อตรวจสอบ ความยาวราก น้ำหนักสดต้น และน้ำหนักสดราก พบว่า เมล็ดที่พอกด้วย talcum ส่งผลให้มีความยาวราก น้ำหนักสดต้น และน้ำหนักสดรากมากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก (ตารางที่ 10)

จากการตรวจสอบความยาวต้นและน้ำหนักสดต้นของต้นกล้าดาวเรือง หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกต่างชนิดกัน เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง พบว่า เมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$, $CaCO_3$, talcum, bentonite และ vermiculite มีความยาวต้นและน้ำหนักสดต้น มากกว่าและแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก (ตารางที่ 12)

จากการตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรืองในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าเมล็ดที่พอกด้วย talcum ทำให้มีการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรืองที่มากกว่ากรรมวิธีอื่น เนื่องจากการผลิต talcum จะมีสารประกอบแมกนีเซียมซิลิเกต (Magnesium Silicate) ซึ่งสามารถละลายอยู่โดยรอบก้อนพอก จึงส่งผลให้เมื่อก้อนพอกมีการปริแตกแล้ว จะทำให้รากที่งอกออกมาได้รับธาตุซิลิคอน (Pedrini) ซึ่งเป็นองค์ประกอบในผนังเซลล์ทำให้ผนังเซลล์มีเสถียรภาพสูงขึ้น (ยงยุทธ, 2558) ช่วยให้พืชแข็งแรง และช่วยปรับมุมใบในการรับแสงได้มากขึ้น จึงส่งผลต่อด้านสรีรวิทยาในการช่วยเพิ่มการสังเคราะห์ด้วยแสงในพืช ทำให้มีผลต่อการพัฒนาของราก การเจริญของลำต้น (ชุติมา และคณะ, 2562) และจากการตรวจสอบการเจริญเติบโตในสภาพเรือนทดลอง พบว่า เมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$, $CaCO_3$, talcum, bentonite และ vermiculite มีการเจริญเติบโตที่มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก เนื่องจาก $CaSO_4$, $CaCO_3$ มีธาตุอาหารที่สำคัญเป็นองค์ประกอบ คือ แคลเซียม และกำมะถัน ส่วน talcum มีธาตุอาหารที่สำคัญเป็นองค์ประกอบ คือ ซิลิเกต ส่วน bentonite มีธาตุอาหารที่สำคัญเป็นองค์ประกอบ คือ อะลูมิเนียม และแมกนีเซียม และ vermiculite มีธาตุอาหารที่สำคัญเป็นองค์ประกอบ คือโพแทสเซียม แมกนีเซียม และแคลเซียม ที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้และมีสามารถดูดซับธาตุอาหารแล้วค่อย ๆ ปลดปล่อยให้ในภายหลัง (Valášková and Martynková, 2012) ทำให้ต้นกล้าที่ได้จากเมล็ดที่ผ่านการพอกนั้นมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก เมื่อก้อนพอกได้รับความชื้นจนมีการปริแตกจึงทำให้มีธาตุอาหารรองกระจายอยู่ใกล้ ๆ



ภาพที่ 6 ลักษณะของต้นกล้าดาวเรืองที่ผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกที่ชนิดแตกต่างกัน ที่อายุ 14 วัน เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ

T1=เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2=เมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$, T3=เมล็ดที่พอกด้วย $CaCO_3$, T4=เมล็ดที่พอกด้วย talcum, T5=เมล็ดที่พอกด้วย bentonite, T6=เมล็ดที่พอกด้วย zeolite, T7=เมล็ดที่พอกด้วย pumice และ T8=เมล็ดที่พอกด้วย vermiculite

ตารางที่ 10 ความยาวต้น ความยาวราก น้ำหนักสดต้น และน้ำหนักสดรากของต้นกล้าดาวเรืองผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกต่างชนิดกัน

กรรมวิธี	สภาพห้องปฏิบัติการ			
	ความยาวต้น (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	น้ำหนักสดต้น (กรัม)	น้ำหนักสดราก (กรัม)
เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก	3.48	8.79 bc[1/]	0.38 a-c	0.18 d
เมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$	3.77	9.59 ab	0.48 a	0.28 ab
เมล็ดที่พอกด้วย $CaCO_3$	3.55	9.23 ab	0.43 a-c	0.25 bc
เมล็ดที่พอกด้วย talcum	3.73	11.59 a	0.45 a	0.33 a
เมล็ดที่พอกด้วย bentonite	3.24	7.99 c	0.33 bc	0.15 d
เมล็ดที่พอกด้วย zeolite	3.60	9.44 ab	0.40 ab	0.18 d
เมล็ดที่พอกด้วย pumice	3.51	8.22 bc	0.40 a-c	0.20 cd
เมล็ดที่พอกด้วย vermiculite	3.13	9.02 ab	0.33 c	0.20 cd
F-test	ns	*	*	**
C.V.%	7.65	31.35	13.36	20.86

ns, *, ** : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ

[1/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

ตารางที่ 11 การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้น ความงอก ความเร็วในการงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกต่างชนิดกัน

กรรมวิธี	สภาพเรือนทดลอง				
	การโผล่พ้นดิน (%)	ความเร็วในการโผล่พ้นดิน (ต้น/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)	เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)
เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก	19 b[1/2/]	2.79 c[2/]	21 c	2.02 b	3.62
เมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$	23 b	3.52 bc	27 bc	2.63 b	3.58
เมล็ดที่พอกด้วย $CaCO_3$	26 ab	4.15 bc	30 a-c	2.92 ab	3.47
เมล็ดที่พอกด้วย talcum	31 ab	4.90 a-c	34 a-c	3.39 ab	3.36
เมล็ดที่พอกด้วย bentonite	31 ab	5.02 ab	35 ab	3.45 ab	3.37
เมล็ดที่พอกด้วย zeolite	25 b	3.96 bc	28 a-c	2.77 b	3.48
เมล็ดที่พอกด้วย pumice	27 ab	4.35 a-c	30 a-c	2.93 ab	3.38
เมล็ดที่พอกด้วย vermiculite	40 a	6.42 a	44 a	4.31 a	3.37
F-test	*	*	*	*	ns
C.V.%	17.22	30.27	17.52	29.50	6.00

ns, * : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และ มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 ตามลำดับ

[1/]แปลงข้อมูลการโผล่พ้นดินและความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin

[2/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

ตารางที่ 12 ความยาวต้น และน้ำหนักสดต้นกล้าดาวเรืองหลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยวัสดุพอกต่างชนิดกัน

กรรมวิธี	สภาพเรือนทดลอง	
	ความยาวต้น (เซนติเมตร)	น้ำหนักสดต้น (กรัม)
เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก	5.37 bc[1/]	1.08 b
เมล็ดที่พอกด้วย $CaSO_4$	7.62 a	1.73 a
เมล็ดที่พอกด้วย $CaCO_3$	6.83 a	1.93 a
เมล็ดที่พอกด้วย talcum	6.80 a	1.95 a
เมล็ดที่พอกด้วย bentonite	6.81 a	1.88 a
เมล็ดที่พอกด้วย zeolite	4.47 c	0.73 b
เมล็ดที่พอกด้วย pumice	6.44 ab	1.65 a
เมล็ดที่พอกด้วย vermiculite	7.01 a	2.03 a
F-test	**	**
C.V.%	13.45	15.05

** : มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.01

[1/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

การทดลองที่ 2 การศึกษาผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองร่วมกับสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อสาเหตุโรค

การทดลองย่อยที่ 1 ศึกษาหาชนิดของสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชที่สามารถยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp.

จากการศึกษาผลของสารป้องกันกำจัดโรคพืชทั้ง 6 ชนิด ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อ *Pythium* sp. สาเหตุโรคเน่าคอดิน พบว่าสารเคมีทั้ง 6 ชนิดมีผลยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราในระดับที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 13) สารเคมีที่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใย *Pythium* sp. ได้ดีที่สุดซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 100 เปอร์เซ็นต์ คือ mancozeb และ fosetyl aluminium เปรียบเทียบกับชุดควบคุม และสารเคมีที่มีผลยับยั้งการเจริญของเส้นใยรองลงมา ได้แก่ metalaxyl และ captan ส่วนสารเคมีที่มีผลยับยั้งการเจริญของเส้นใยน้อยที่สุด ได้แก่ chlorothalonil และ imidazole

เนื่องจากว่าสารเคมีแต่ละชนิดมีกลไกการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราที่แตกต่างกัน โดยที่สารเคมี metalaxyl, imidazole และ fosetyl aluminium เป็นสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชประเภทดูดซึมซึ่งสามารถรบกวนการสร้างสาร ergosterol ของเยื่อบุผนังเชื้อ รบกวนการสังเคราะห์และการทำงานของผนังเซลล์ และเซลล์เมมเบรน ส่วนสารเคมี captan, mancozeb และ chlorothalonil เป็นสารชนิดสัมผัสตายมีผลการป้องกันเชื้อราได้หลายจุด ซึ่งจะมีปฏิกิริยากับสารประกอบ thiol สารประกอบที่มีกำมะถัน ไนโตรเจน และออกซิเจนในเชื้อรา อีกทั้งยังส่งผลต่อการตกตะกอนของโปรตีนและเอนไซม์ ทำให้เชื้อราหยุดการเจริญเติบโต (Adaskaveg et al., 2022) โดยเฉพาะ mancozeb ซึ่งเป็นสารเคมีประเภท dithiocarbamate ที่สามารถป้องกันเชื้อราได้หลาย

จุดเมื่อเส้นใยของเชื้อราเจริญมาสัมผัส (Nazita and Sharada, 2018) เช่นเดียวกับการศึกษาของ Chavan (2017) ได้มีการใช้สารเคมีป้องกันเชื้อราเพื่อป้องกันการระบาดของโรคเหง้าเน่า จากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* และพบว่า carbendazim ผสมกับ mancozeb ให้การยับยั้งเส้นใยของเชื้อรา 100 % และการใช้ mancozeb เพียงอย่างเดียวยังสามารถยับยั้งเส้นใยของเชื้อราได้ 70.62 % และจากการรายงานของ Couch and Smith (1991) พบว่าการใช้ fosetyl aluminium สามารถควบคุมเชื้อ *Pythium aphanidermatum* ที่เข้าทำลายหญ้าไรย์ได้

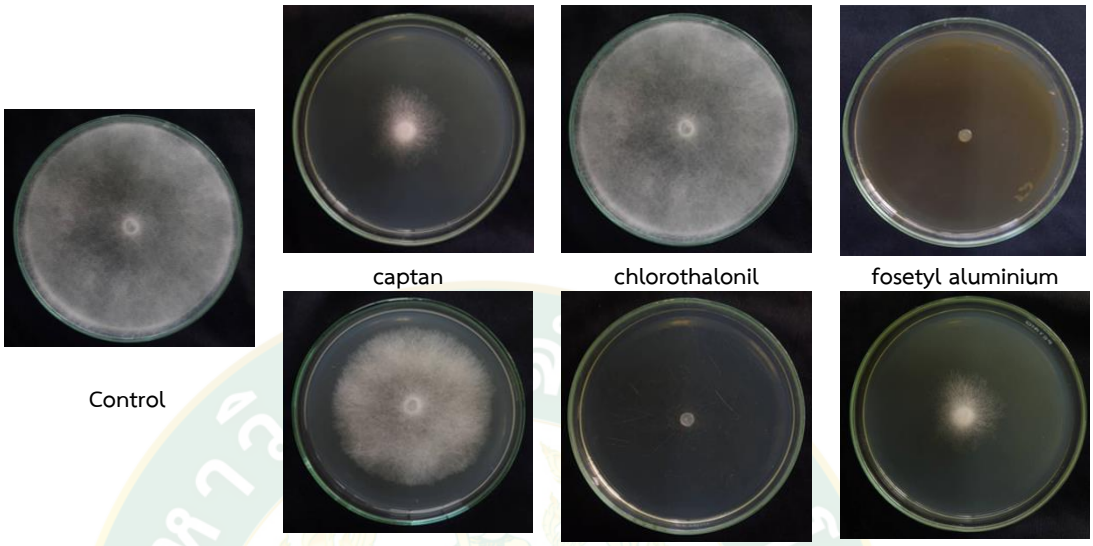
ตารางที่ 13 การยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อ *Pythium* sp. ของสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่างชนิดกัน

กรรมวิธี	การยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อ *Pythium* sp. (%)
สารเคมี captan	60 b[1/2/]
สารเคมี chlorothalonil	24 bc
สารเคมี fosetyl aluminium	100 a
สารเคมี imidazole	0 c
สารเคมี mancozeb	100 a
สารเคมี metalaxyl	76 ab
F-test	**
C.V.%	10.24

** : มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.01

[1/]แปลงข้อมูลก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin

[2/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05



ภาพที่ 7 ลักษณะการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อ *Pythium* sp. ของสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่างชนิดกัน โดยวิธีการทดสอบ Poison Food Technique

หลังจากการศึกษาผลของสารป้องกันกำจัดโรคพืชทั้ง 6 ชนิด ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อ *Pythium* spp. สาเหตุโรคเน่าคอดิน พบว่าสารเคมีทั้ง 6 ชนิดมีผลยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อราในระดับที่แตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ตารางที่ 13) สารเคมีที่สามารถยับยั้งการเจริญของ เส้นใย *Pythium* spp. ได้ดีที่สุดซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 100 เปอร์เซ็นต์ คือ mancozeb และ fosetyl aluminium เปรียบเทียบกับชุดควบคุม จากนั้นเมื่อนำสารเคมี mancozeb และ fosetyl aluminium มาศึกษาผลยับยั้งการเจริญของเส้นใย *Pythium* spp. ในอัตราที่แตกต่างกัน พบว่าสารเคมี mancozeb 0.3 g.ai., 4 g.ai. และสารเคมี fosetyl aluminium 0.2 g.ai., 0.3 g.ai., 4 g.ai. มีผลยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Pythium* spp. ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสารเคมี fosetyl aluminium เป็นสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชประเภทดูดซึมซึ่งสามารถรบกวนการสร้างสาร ergosterol ของเยื่อบุผนังเชื้อรา รบกวนการสังเคราะห์และการทำงานของผนังเซลล์และเซลล์เมมเบรน ส่วนสารเคมี mancozeb เป็นสารชนิดสัมผัสตายมีผลการป้องกันเชื้อราได้หลายจุด ซึ่งจะมีปฏิกิริยากับสารประกอบ thiol สารประกอบที่มีกำมะถัน ไนโตรเจน และออกซิเจนในเชื้อรา อีกทั้งยังส่งผลต่อการตกตะกอนของโปรตีนและเอนไซม์ ทำให้เชื้อราหยุดการเจริญเติบโต (Adaskaveg et al., 2022)

ตารางที่ 14 การยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อ *Pythium* sp. ของสารป้องกันกำจัดโรคพืชที่ชนิด และความเข้มข้นแตกต่างกัน

กรรมวิธี	การยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยเชื้อ *Pythium* sp. (%)
สารเคมี fosetyl aluminium 0.1 g.ai.	62 c
สารเคมี fosetyl aluminium 0.2 g.ai.	100 a
สารเคมี fosetyl aluminium 0.3 g.ai.	100 a
สารเคมี fosetyl aluminium 0.4 g.ai.	100 a
สารเคมี mancozeb 0.1 g.ai.	86 b
สารเคมี mancozeb 0.2 g.ai.	84 b
สารเคมี mancozeb 0.3 g.ai.	100 a
สารเคมี mancozeb 0.4 g.ai.	100 a
F-test	**
C.V.%	12.23

** : มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.01

[1/]แปลงข้อมูลก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin

[2/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

การทดลองย่อยที่ 2 ศึกษาผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง ร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพหลังการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง

1.1 คุณภาพเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่างชนิดกัน เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และสภาพเรือนทดลอง

หลังจากการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกนั้นมีการงอกราก และความเร็วในการงอกรากที่มากกว่าเมล็ดที่ผ่านการพอก แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ mancozeb 0.2 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ส่วนการตรวจสอบความงอก พบว่า เมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.2 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. มีความงอกและความเร็วในการงอกมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.1 g.ai., 0.3 g.ai. และ 0.4 g.ai. และจากการตรวจสอบเวลาเฉลี่ยในการงอก พบว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกใช้เวลาในการงอกเป็นต้นกล้าปกติที่มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 15)

หลังจากการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชในสภาพเรือนทดลอง พบว่า เมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. ส่งผลให้มีการโผล่พ้นดิน และความเร็วในการโผล่พ้นดินมากกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่พอกร่วมกับ fosetyl aluminium 0.3 g.ai. และ 0.4 g.ai. ส่วนการตรวจสอบความงอกและความเร็วในการงอก พบว่าเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. ทำให้มีความงอก และความเร็วในการงอกที่มากกว่ากรรมวิธีอื่น แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.2 g.ai., 0.3 g.ai. และเมล็ดที่พอกร่วมกับ fosetyl aluminium 0.4 g.ai. แต่ในการตรวจสอบเวลาเฉลี่ยในการงอก พบว่า เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกใช้เวลา

ในการงอกเป็นต้นกล้าปกติที่มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธี (ตารางที่ 16)

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ mancozeb และ fosetyl aluminium ไม่ส่งผลต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ในการตรวจสอบทั้งสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลอง แสดงว่าสูตรตำรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองด้วย vermiculite โดยมี mancozeb และ fosetyl aluminium ไม่ขัดขวางต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์ เนื่องจาก vermiculite เป็นแร่ในธรรมชาติในกลุ่มไมก้า ซึ่งมีคุณสมบัติเบา ไม่ละลายน้ำ มีรูพรุนคล้ายฟองน้ำ มีโครงสร้างผลึกซ้อนกันเป็นแผ่นหลายชั้น ทำให้มีความสามารถในการกักเก็บความชื้นได้สูง มากถึง 500 เปอร์เซ็นต์ (w/w) (สรินธร, 2545) ดังนั้นเมื่อนำ vermiculite มาบดเป็นผงละเอียดแล้วนำมาเป็นวัสดุพอกเมล็ดพันธุ์จึงส่งผลให้ก้อนพอกนั้นสามารถกักเก็บความชื้นได้มาก ทำให้เมล็ดพันธุ์ได้รับความชื้นโดยตรง จึงทำให้เมล็ดที่มีการพอกมีการงอกรากที่เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และเนื่องจาก vermiculite มีธาตุฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมถึง 5-8 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียมถึง 9-12 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้ง vermiculite ยังไม่ละลายน้ำจึงไม่มีการสลายไประหว่างที่ก้อนพอกได้รับความชื้น แต่จะคงอยู่รอบ ๆ เมล็ดและค่อยดูดซับทั้งความชื้นและธาตุอาหารเข้าสู่เมล็ดดาวเรือง เมื่อเมล็ดเกิดการงอกรากจึงได้ดูดซับธาตุอาหารเข้าไปช่วยให้เมล็ดมีการงอกเป็นต้นกล้าปกติได้เร็วกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และจากการเพิ่ม mancozeb และ fosetyl aluminium ซึ่งเป็นสารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อราร่วมกับการพอกเมล็ดแล้วยังทำให้เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองมีการงอกราก ความเร็วในการงอกราก ความงอก และความเร็วในการงอกดีกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก ดังนั้นสารเคมีทั้ง 2 ชนิดที่นำมาพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองจึงไม่มีผลขัดขวางการงอกของเมล็ดเนื่องจาก mancozeb เป็นสารเคมีชนิดสัมผัส ไม่เกิดการดูดซึมเข้าสู่พืช มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดโรคได้กว้างขวาง (พิสุทธิ์, 2550) นอกจากนี้ยังมีสารสำคัญ คือ manganse ethylenebis (dithiocarbamate) (polymeric) complex with zinc salt สามารถยับยั้งหมู่ sulfhydryl ของกรดอะมิโนและเอนไซม์ภายในเซลล์ของเชื้อรา (พัชรินทร์ และคณะ, 2565) ซึ่งส่งผลต่อกระบวนการเมทาบอลิซึมของไขมันและการหายใจของเซลล์ ส่วน fosetyl aluminium เป็นสารเคมีชนิดดูดซึม จะถูกดูดซึมเข้าไปภายในเนื้อเยื่อพืช อีกทั้งยังสามารถเคลื่อนย้ายไปยังส่วนต่างๆ ของต้นพืชได้ มีสารสำคัญ คือ aluminium tris-O-ethylphosphonate สามารถรบกวนการสร้างสาร ergosterol ของเยื่อบุผนังเชื้อรา รบกวนการสังเคราะห์และการทำงานของผนังเซลล์ และเซลล์เมมเบรน (Adaskaveg et al., 2022)

ตารางที่ 15 การงอกรากแรก ความเร็วในการงอกรากแรก ความงอก ความเร็วในการงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่างชนิดกัน

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ				
	การงอกรากแรก (%)	ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)	เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)
T1	58 a[2/3/]	14.00 a[3/]	49 b	4.80 b	1.70 c
T2	39 b	9.17 bc	50 b	4.83 b	2.09 a-c
T3	48 ab	10.38 b	60 ab	5.91 ab	2.59 a
T4	59 a	12.71 a	65 a	6.48 a	2.66 a
T5	45 b	10.17 b	60 ab	5.86 ab	2.54 a
T6	39 b	8.63 bc	56 ab	5.48 ab	2.36 ab
T7	42 ab	8.83 bc	62 a	5.50 ab	2.39 ab
T8	35 b	7.42 c	48 b	4.71 b	1.96 bc
T9	40 b	9.00 bc	52 b	5.14 b	2.10 a-c
T10	36 b	7.96 bc	52 b	5.40 ab	2.57 a
F-test	**	**	*	*	**
CV.%	11.84	16.07	9.21	13.28	15.12

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

[1/]T1=เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2=เมล็ดที่พอกด้วย Vermiculite, T3=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.1 g.ai., T4=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.2 g.ai., T5=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.3 g.ai., T6=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.4 g.ai., T7=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.1 g.ai., T8=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.2 g.ai., T9=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.3 g.ai., และ T10=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.4 g.ai.

[2/]แปลงข้อมูลการงอกรากแรกและความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin

[3/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

ตารางที่ 16 การโผล่พ้นดิน ความเร็วในการโผล่พ้นดิน ความงอก ความเร็วในการงอก และเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่างชนิดกัน

กรรมวิธี[1/]	สภาพเรือนทดลอง				
	การโผล่พ้นดิน (%)	ความเร็วในการโผล่พ้นดิน (ต้น/วัน)	ความงอก (%)	ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)	เวลาเฉลี่ยในการงอก (วัน)
T1	17 b-d[2/3/]	1.65 cd[3/]	8 b-d	1.17 b-c	1.70 c
T2	7 e	0.70 e	2 d	0.29 d	2.09 a-c
T3	15 c-e	1.45 de	5 cd	0.79 cd	2.59 a
T4	18 a-d	1.75 cd	11 ab	1.71 a-c	2.66 a
T5	16 b-d	1.60 cd	11 ab	1.75 a-c	2.54 a
T6	28 a	2.75 a	17 a	2.54 a	2.36 ab
T7	11 de	1.10 de	5 cd	0.92 cd	2.39 ab
T8	12 de	1.20 de	7 b-d	1.00 cd	1.96 bc
T9	19 a-d	1.90 b-d	13 ab	1.98 ab	2.10 a-c
T10	23 a-c	2.30 a-c	10 a-c	1.54 b-d	2.57 a
F-test	**	*	*	*	**
CV.%	18.99	30.09	27.42	33.43	15.12

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

[1/]T1=เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2=เมล็ดที่พอกด้วย Vermiculite, T3=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.1 g.ai., T4=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.2 g.ai., T5=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.3 g.ai., T6=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.4 g.ai., T7=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.1 g.ai., T8=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.2 g.ai., T9=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.3 g.ai., และ T10=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.4 g.ai.

[2/]แปลงข้อมูลการโผล่พ้นดินและความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี arcsin

[3/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

1.2 การเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรือง หลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่างชนิดกัน เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ และสภาพเรือนทดลอง

จากการตรวจสอบความยาวต้น ความยาวราก น้ำหนักสดต้นและน้ำหนักสดรากหลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่างชนิดกัน เมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ผ่านการพอก (ตารางที่ 17)

ส่วนการตรวจสอบความยาวต้นหลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่างชนิดกัน เมื่อตรวจสอบในสภาพเรือนทดลอง พบว่า เมล็ดที่พอกร่วมกับ fosetyl aluminium ทุกอัตราส่งผลให้มีความยาวต้นที่มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการพอก แต่การตรวจสอบน้ำหนักสดต้น พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตารางที่ 18)

จากการตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรืองพบว่าไม่มีความแตกต่างกันเมื่อตรวจสอบในสภาพห้องปฏิบัติการ แต่ในสภาพเรือนทดลองที่ไม่สามารถควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อมได้ เช่น ความชื้น แสง และอุณหภูมิ เป็นต้น พบว่าเมล็ดที่พอกร่วมกับ fosetyl aluminium ทุกอัตราส่งผลให้มีความยาวต้นมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb เนื่องจากการพอกเมล็ดด้วย vermiculite ซึ่งมีธาตุอาหารฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 5-8 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม 9-12 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งยังเป็นวัสดุพอกที่ไม่ละลายน้ำ ส่งผลให้เมื่อเมล็ดพอกได้รับความชื้นจึงทำให้เมล็ดได้รับธาตุอาหารซึ่งจะไม่สูญหายไปช่วยให้เมื่อเมล็ดมีความงอกทำให้สามารถดูดซึมธาตุอาหารไปใช้ได้ทันที โดยการพอกเมล็ดร่วมกับ fosetyl aluminium จะเห็นได้ว่าทำให้ความยาวต้นมากกว่ากรรมวิธีอื่น เนื่องจาก fosetyl aluminium มีองค์ประกอบของ $C_6H_{18}AlO_9P_3$ ซึ่งไม่มีการดูดซึมเข้าสู่พืช (ยุทธศักดิ์ และคณะ, 2554) จึงทำให้ได้รับธาตุอาหารรองจากวัสดุพอก คือ vermiculite ส่งผลให้มีความยาวต้นที่มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการพอก

ตารางที่ 17 ความยาวต้น ความยาวราก น้ำหนักสดต้น และน้ำหนักสดรากของต้นกล้าดาวเรืองหลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่างชนิดกัน

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ			
	ความยาวต้น (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	น้ำหนักสดต้น (กรัม)	น้ำหนักสดราก (กรัม)
T1	5.26	3.42	0.33	0.41
T2	5.22	3.35	0.32	0.43
T3	5.66	3.25	0.35	0.44
T4	6.03	3.84	0.34	0.49
T5	6.56	3.57	0.34	0.47
T6	5.03	3.49	0.33	0.46
T7	5.76	3.55	0.34	0.46
T8	6.73	3.18	0.25	0.41
T9	5.81	3.13	0.29	0.42
T10	6.62	3.89	0.32	0.54
F-test	ns	ns	ns	ns
C.V.%	13.62	15.79	8.46	20.38

ns : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

[1/]T1=เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2=เมล็ดที่พอกด้วย Vermiculite, T3=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.1 g.ai., T4=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.2 g.ai., T5=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.3 g.ai., T6=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.4 g.ai., T7=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.1 g.ai., T8=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.2 g.ai., T9=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.3 g.ai., และ T10=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.4 g.ai.

ตารางที่ 18 ความยาวต้น และน้ำหนักสดต้นกล้าดาวเรืองหลังผ่านการพอกเมล็ดด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืชต่างชนิดกัน

กรรมวิธี[1/]	สภาพเรือนทดลอง	
	ความยาวต้น (เซนติเมตร)	น้ำหนักสดต้น (กรัม)
T1	3.89 b[2/]	0.51
T2	4.14 ab	0.40
T3	3.10 bc	0.35
T4	2.94 c	0.30
T5	2.91 c	0.38
T6	3.04 bc	0.59
T7	4.59 a	0.48
T8	4.43 a	0.43
T9	3.95 ab	0.42
T10	4.41 a	0.57
F-test	*	ns
C.V.%	20.62	11.03

ns, * : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ และ มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 ตามลำดับ

[1/]T1=เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2=เมล็ดที่พอกด้วย Vermiculite, T3=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.1 g.ai., T4=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.2 g.ai., T5=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.3 g.ai., T6=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.4 g.ai., T7=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.1 g.ai., T8=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.2 g.ai., T9=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.3 g.ai., และ T10=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.4 g.ai.

[2/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

การทดลองที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพการป้องกันเชื้อสาเหตุโรคและการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บรักษาที่อายุและสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน

หลังจากคัดเลือกวัสดุประสานและวัสดุพอกที่เหมาะสมสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง คือ vermiculite อัตรา 100 กรัมต่อเมล็ดดาวเรือง 10 กรัม โดยมี CMC 0.3%w/v เป็นวัสดุประสาน และได้คัดเลือกสารเคมีป้องกันเชื้อราทั้งหมด 2 ชนิด คือ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. สำหรับใช้เป็นสารออกฤทธิ์ จากนั้นนำมาทดสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ และการป้องกันเชื้อราหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพที่แตกต่างกัน โดยเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก เมล็ดที่พอกด้วย vermiculite เพียงอย่างเดียว และเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ที่พอกใหม่เพื่อเปรียบเทียบทุก 2 เดือน โดยมีผลการทดลองดังนี้

3.1 การตรวจสอบการป้องกันโรคจากเชื้อ *Pythium* sp. หลังเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมแตกต่างกัน

หลังจากการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืช mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. แล้วนำมาเก็บรักษาในสภาพที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก เมล็ดที่พอกด้วย Vermiculite เพียงอย่างเดียว และเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ในทุก ๆ 2 เดือน จากนั้นตรวจสอบการยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. ในระดับห้องปฏิบัติการทุก ๆ 2 เดือน เป็นเวลา 10 เดือน หลังการทดสอบพบว่า เมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือนมีแนวโน้มในการยับยั้งเชื้อ *Pythium* spp. ลดลง และในเดือนที่ 8 เดือนที่ 10 พบว่าเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. ได้ ในการตรวจสอบทั้งการเก็บรักษาในสภาพควบคุมอุณหภูมิ และไม่ควบคุมอุณหภูมิ แต่เมื่อตรวจสอบความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. ตลอดระยะเวลา 6 เดือน พบว่า เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกไม่มีความสามารถในการยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. ได้เลย ส่วนเมล็ดที่พอกด้วย vermiculite เพียงอย่างเดียวมีความสามารถในการยั้บยั้งเชื้อ *Pythium* sp. ได้เพียงเล็กน้อย ส่วนเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. สามารถยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. ได้มากที่สุดและไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ที่พอกใหม่ในทุก 2 เดือน (ตารางที่ 19)

ส่วนการตรวจสอบความมีชีวิตรอดของต้นกล้าดาวเรืองในสภาพเรือนทดลอง หลังจากการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืช mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. แล้วนำมาเก็บรักษาในสภาพที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก เมล็ดที่พอกด้วย vermiculite เพียงอย่างเดียว และเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ในทุก ๆ 2 เดือน พบว่า เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ที่ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน และเมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ในทุก 2

เดือน มีต้นกล้าที่รอดชีวิตมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และเมล็ดที่พอกร่วมกับ vermiculite เพียงอย่างเดียว (ตารางที่ 19)

จากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่ผ่านการพอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. พบว่าสารป้องกันกำจัดโรคพืชทั้ง 2 ชนิดสามารถยับยั้งการเข้าทำลายของเชื้อรา *Pythium* sp. ได้เนื่องจากการออกฤทธิ์ของสาร โดยที่ fosetyl aluminium เป็นสารเคมีชนิดดูดซึม มีชื่อทางเคมีคือ อลูมิเนียมทริส (เอทิลฟอสโฟเนต) ซึ่งมีองค์ประกอบของ คอปเปอร์ และเกลือฟอสเฟต ออกฤทธิ์โดยการยับยั้งการงอกของสปอร์หรือโดยการปิดกั้นการพัฒนาของไมซีเลียมและสปอร์ สามารถดูดซึมได้อย่างรวดเร็วผ่านใบหรือรากพืชโดยมีการเคลื่อนย้ายทั้งแบบ Acropetally และ Basipetally เพราะฉะนั้นสารเคมีประเภทดูดซึมค่อนข้างมีฤทธิ์เฉพาะเจาะจงต่อเชื้อสาเหตุโรค จึงมีประสิทธิภาพสูงต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อรากลุ่มที่สร้างสปอร์ใส หรือ *Pythium* sp. ได้ดี (เนตรนภิส, 2555; Rosslenbroich and Stuebler, 2000) ส่วน mancozeb เป็นสารเคมีชนิดสัมผัส จะปกคลุมผิวพืชภายนอก สามารถยับยั้งการ เจริญเติบโตของเชื้อรา หรือยับยั้งการสร้างสปอร์บริเวณที่สัมผัสโดยตรง สามารถใช้ป้องกันก่อนที่พืชจะติดเชื้อ สามารถยับยั้งหมู่ sulfhydryl ของกรดอะมิโนและเอนไซม์ภายในเซลล์ของเชื้อรา (พัชรินทร์ และคณะ, 2565) ซึ่งส่งผลต่อกระบวนการเมทาบอลิซึมของไขมันและการหายใจของเชื้อรา ทำให้หยุดชะงักการเจริญเติบโตได้ เช่นเดียวกับการรายงานของ สุมนา และคณะ (2564) จากการฉีดพ่น mancozeb 80%WP อัตรา 40 กรัมต่อน้ำ 20 ลิตร ที่ระยะถั่วเหลืองเริ่มออกดอก ส่งผลให้สามารถป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อราได้ แต่เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 10 เดือน พบว่าประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราลดลง

ตารางที่ 19 การยับยั้ง *Pythium* sp. ในสภาพห้องปฏิบัติการและความมีชีวิตในสภาพเรือนทดลอง ของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังผ่านการพอกร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน

กรรมวิธี[1/]	สภาพห้องปฏิบัติการ						สภาพเรือนทดลอง					
	การยับยั้ง *Pythium* spp. (%)						ความมีชีวิตของต้นกล้าดาวเรือง (%)					
	0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
เก็บรักษาสภาพควบคุมอุณหภูมิ												
T1	0 c[2/3/]	0 d	0 c	0 c	0 b	0 b	10 b[2/3/]	6 b	3 c	2 c	0 b	0 b
T2	12 b	10 c	5 c	0 c	0 b	0 b	23 b	27 b	20 b	13 bc	0 b	0 b
T3	42 ab	35 b	30 b	24 b	0 b	0 b	60 ab	42 ab	35 ab	15 b	0 b	0 b
T4	46 a	32 b	28 b	26 b	0 b	0 b	65 a	40 a	38 ab	18 b	0 b	0 b
T5	42 ab	40 a	41 a	39 a	39 a	37 a	60 ab	41 ab	44 a	23 a	20 a	22 a
T6	46 a	39 a	43 a	40 a	36 a	35 a	65 a	45 a	46 a	25 a	21 a	23 a
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V.%	23.09	9.03	10.11	21.23	32.18	11.42	12.08	9.88	12.67	9.07	18.23	24.12
เก็บรักษาสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิ												
T1	0 c	0 c	0 c	0 c	0 b	0 b	10 b	4 d	1 c	0 c	0 b	0 b
T2	12 b	12 b	2 bc	0 c	0 b	0 b	23 b	25 c	16 b	15 bc	0 b	0 b
T3	42 ab	31 ab	28 b	19 b	0 b	0 b	70 ab	45 ab	40 ab	24 b	0 b	0 b
T4	46 a	30 ab	26 b	22 b	0 b	0 b	95 a	40 b	38 ab	27 b	0 b	0 b
T5	42 ab	40 a	41 a	39 a	39 a	37 a	70 ab	61 a	54 a	53 a	20 a	22 a
T6	46 a	39 a	43 a	40 a	36 a	35 a	95 a	65 a	56 a	55 a	21 a	23 a
F-test	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
C.V.%	23.09	12.30	14.31	12.02	39.24	31.13	12.08	9.08	11.31	18.07	38.10	28.24

** : มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.01

[1/]T1=เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2=เมล็ดที่พอกด้วย Vermiculite, T3=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.4 g.ai., T4=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.1 g.ai., T5=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.4 g.ai. (control), T6=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.1 g.ai. (control)

[2/]แปลงข้อมูลก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี SQRT

[3/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

2. การตรวจสอบผลของเมล็ดพอกดาวเรืองที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพอกหลังการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน

2.1 การศึกษาผลของเมล็ดพอกดาวเรืองที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพอกหลังการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 10 เดือน ในสภาพห้องปฏิบัติการ

หลังจากการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืช mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. แล้วนำมาเก็บรักษาในสภาพที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก เมล็ดที่พอกด้วย Vermiculite เพียงอย่างเดียว และเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ในทุก ๆ 2 เดือน จากนั้นตรวจสอบความงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรืองทุก ๆ 2 เดือน ตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน ในสภาพห้องปฏิบัติการ

1. การงอกรากแรก และความเร็วในการงอกรากแรกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง

ในการตรวจสอบการงอกรากแรกในสภาพควบคุม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 10 เดือน พบว่าการพอกเมล็ดด้วย vermiculite ร่วมกับ mancozeb และ fosetyl aluminium และเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกมีการงอกรากแรกที่มากกว่าการพอกเมล็ดด้วย vermiculite เพียงอย่างเดียว แต่ในเดือนที่ 6 พบว่าเริ่มมีการงอกรากแรกลดลง และเมื่อมีการตรวจสอบในเดือนที่ 10 พบว่าทุกกรรมวิธีมีการงอกรากแรกลดลง ส่วนเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb และ fosetyl aluminium ในทุก ๆ 2 เดือนมีการงอกรากแรกที่มากกว่าทุกกรรมวิธี เช่นเดียวกับการตรวจสอบในสภาพไม่ควบคุม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 10 เดือน พบว่าการพอกเมล็ดด้วย vermiculite ร่วมกับ mancozeb และ fosetyl aluminium และเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกมีการงอกรากแรกที่มากกว่ากรรมวิธีอื่น ในเดือนที่ 6 เริ่มมีการงอกรากแรกที่ลดลงและไม่มีการงอกรากแรกในเดือนที่ 8 และ 10 ส่วนการเปรียบเทียบการงอกรากแรกระหว่างการเก็บรักษาทั้งในสภาพควบคุมและไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 10 เดือน พบว่า ในเดือนที่ 6 เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และเมล็ดที่พอกด้วย vermiculite ร่วมกับ mancozeb และ fosetyl aluminium ยังคงมีการงอกรากแรกที่ไม่แตกต่างกัน แต่ในเดือนที่ 8 และ 10 พบว่าไม่มีการงอกรากแรกเกิดขึ้นเมื่อตรวจสอบในสภาพไม่ควบคุม (ตารางที่ 20)

เช่นเดียวกับการตรวจสอบความเร็วในการงอกรากแรก ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 10 เดือน เมื่อตรวจสอบในสภาพควบคุม พบว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก เมล็ดที่พอกด้วย vermiculite เพียงอย่างเดียว และเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb มีความเร็วในการงอกรากแรกมากกว่าเมล็ดที่พอกร่วมกับ fosetyl aluminium แต่ในเดือนที่ 8 พบว่า เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และเมล็ดที่พอกร่วมกับ fosetyl aluminium มีความเร็วในการงอกมากกว่ากรรมวิธีอื่น เช่นเดียวกับการตรวจสอบในสภาพไม่ควบคุม ในเดือนที่ 0 พบว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก เมล็ดที่พอกด้วย vermiculite เพียงอย่างเดียว และเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb มีความเร็วในการงอกรากแรกมากกว่าเมล็ดที่พอกร่วมกับ fosetyl aluminium แต่ในเดือนที่ 6 เริ่มมีความเร็วในการงอกรากแรกที่ลดลงและไม่มีความเร็วในการงอกรากแรกในเดือนที่ 8 และ 10 (ตารางที่ 20)

จากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการพอก และเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกเป็นระยะเวลา 10 เดือน จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า เมล็ดที่เก็บรักษาในสภาพควบคุมทำให้เมล็ดพันธุ์ยังมีการงอกราก

แรก และความเร็วในการงอกรากแรกตลอดการเก็บรักษา 10 เดือน แต่เมล็ดที่เก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมกลับพบว่าไม่มีการงอกรากแรก และความเร็วในการงอกรากแรกในเดือนที่ 8 และ 10 ซึ่งเกิดจากสภาพการเก็บรักษา และจากการเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุม จะส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ได้รับความชื้นจากอากาศ อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงอย่างไม่คงที่ และเมื่อความชื้นของเมล็ดและอุณหภูมิในการเก็บรักษาสูง จะทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเมล็ดพันธุ์จะมีการปลดปล่อยสารต่าง ๆ อย่างรวดเร็ว เช่น กรดอะมิโน น้ำตาล และอิเล็คโตรไลท์อื่น ๆ เป็นต้น ทำให้เมื่อนำมาเพาะทดสอบจึงส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ไม่สามารถเกิดการงอกรากได้ ทำให้ไม่มีการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรืองเกิดขึ้น และจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดที่ผ่านการพอกและเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกยังมีการงอกรากแรก และความเร็วในการงอกรากที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งโดยปกติแล้วเมล็ดพันธุ์ที่ถูกพอกจะถูกห่อหุ้มด้วยสารพอกเมล็ด ทำให้เมล็ดพันธุ์พืชบางชนิดไม่สามารถงอกได้ทันทีหรืองอกได้ช้าลง (Soulange and Levantard, 2013) แต่เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่พอกด้วย vermiculite ร่วมกับ mancozeb และ fosetyl aluminium ยังมีการงอกรากแรก และความเร็วในการงอกรากแรกที่ไม่แตกต่างจากเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก เนื่องจาก vermiculite เป็นวัสดุพอกที่สามารถกักเก็บความชื้นได้สูง (มนูญ, 2544) และมีความสามารถในการค่อย ๆ ปล่อยความชื้นให้กับเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง จึงส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่พอกด้วย vermiculite จึงมีการงอกรากแรกและความเร็วในการงอกที่ไม่แตกต่างกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก

ตารางที่ 20 การงอกรากแรก และความเร็วในการงอกรากแรก ในสภาพห้องปฏิบัติการของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังผ่านการพอกร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน

กรรมวิธี[1/]	การงอกรากแรก (%)						ความเร็วในการงอกรากแรก (ราก/วัน)					
	0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
เก็บรักษาสภาพควบคุมอุณหภูมิ												
T1	31 ab[2/3/]	34 ab	36 ab	30 b	18 b	5 b	9.35 a[3/]	6.38 a	5.10 c	5.73 ab	3.32 ab	1.73 b
T2	32 ab	23 b	32 b	23 c	7 c	2 c	8.31 ab	6.27 ab	6.17 bc	3.92 c	2.82 c	0.91 c
T3	39 a	38 ab	43 a	33 b	10 b	6 b	8.65 ab	6.44 a	7.58 a	4.77 b	3.07 b	1.72 b
T4	36 ab	42 a	33 ab	31 b	11 b	6 b	7.46 b	5.52 b	5.98 c	4.40 b	3.41 ab	1.40 b
T5	39 a	44 a	40 a	41 a	35 a	30 a	8.65 ab	6.98 a	7.21 b	6.48 a	4.42 a	4.01 a
T6	36 ab	41 a	39 a	40 a	37 a	28 a	7.46 b	5.09 b	7.08 ab	6.28 a	4.56 a	3.95 a
F-test	**	**	**	**	**	**	*	**	**	**	**	**
C.V.%	12.41	16.99	15.13	19.16	22.06	21.12	23.37	29.72	24.20	23.16	14.21	19.12
เก็บรักษาสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิ												
T1	31 ab	28 b	38 ab	29 a	0 b	0 b	9.35 a	2.75 b	7.21	4.77 b	0 b	0 b
T2	32 ab	20 b	34 ab	25 ab	0 b	0 b	8.31 a	3.06 b	7.08	5.21 ab	0 b	0 b
T3	39 a	31 a	31 b	24 ab	0 b	0 b	8.65 a	5.63 a	6.08	4.46 b	0 b	0 b
T4	36 ab	25 ab	31 b	20 b	0 b	0 b	7.46 b	3.96 b	6.63	4.83 b	0 b	0 b
T5	39 a	44 a	40 a	41 a	35 a	30 a	8.65 a	6.98 a	7.21	6.48 a	4.42 a	4.01 a
T6	36 ab	41 a	39 a	40 a	37 a	28 a	7.46 b	5.09 b	7.08	6.28 a	4.56 a	3.95 a
F-test	**	*	ns	*	**	**	*	**	ns	*	**	**
C.V.%	12.41	13.26	16.17	27.22	12.13	11.03	23.37	18.92	31.31	26.28	14.18	21.07

ns, *, ** : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ

[1/]T1=เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2=เมล็ดที่พอกด้วย Vermiculite, T3=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.4 g.ai., T4=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.1 g.ai., T5=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.4 g.ai. (control), T6=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.1 g.ai. (control)

[2/]แปลงข้อมูลการงอกรากแรกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี SQRT

[3/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

2. ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง

จากการตรวจสอบความงอกในสภาพควบคุม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 10 เดือน พบว่าเมล็ดที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธีส่งผลให้มีความงอกที่มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก ส่วนเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกเริ่มมีความงอกลดลงในเดือนที่ 4 ส่วนเมล็ดที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธีเริ่มมีความงอกลดลงในเดือนที่ 8 และเมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ในทุก ๆ 2 เดือน มีความงอกที่มากกว่าแต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ที่ผ่านการเก็บรักษา 6 เดือน เช่นเดียวกับการตรวจสอบความงอกของเมล็ดที่ผ่านการเก็บรักษาแบบไม่ควบคุม พบว่าเมล็ดที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธีส่งผลให้มีความงอกที่มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก เมื่อผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 4 แต่ในเดือนที่ 6 พบว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และเมล็ดที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธีมีความงอกลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ในทุก ๆ 2 เดือน ส่วนเดือนที่ 8 และ 10 พบว่าไม่มีความงอกของเมล็ดพันธุ์ และจากการเปรียบเทียบความงอกระหว่างการเก็บรักษาทั้งในสภาพควบคุมและไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 10 เดือน พบว่า ในสภาพควบคุม ยังคงมีความงอกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน แต่ความงอกมีแนวโน้มลดลงในเดือนที่ 8 แต่เมื่อตรวจสอบในสภาพไม่ควบคุม ความงอกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองมีแนวโน้มลดลงในเดือนที่ 6 และไม่มีความงอกในเดือนที่ 8 และ 10 (ตารางที่ 21)

และจากการตรวจสอบความเร็วในการงอกในสภาพควบคุม พบว่ามีความเร็วในการงอกลดลงในเดือนที่ 8 และยังพบว่าเมล็ดที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธีทำให้มีความเร็วในการงอกมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก ส่วนการตรวจสอบในสภาพไม่ควบคุม พบว่า เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธีมีความเร็วในการงอกที่มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกเมื่อตรวจสอบการเก็บรักษาเดือนที่ 4 ส่วนในเดือนที่ 6 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่เมื่อตรวจสอบความเร็วการงอกในเดือนที่ 8 และ เดือนที่ 10 พบว่าเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองทุกกรรมวิธีไม่มีความเร็วในการงอกเกิดขึ้น (ตารางที่ 21)

ในการจำหน่ายเมล็ดพันธุ์ตามร้านค้าทั่วไปส่วนใหญ่มักจะถูกวางไว้หน้าร้าน ซึ่งจะได้รับความร้อน โดนแสงแดด ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มีอายุการเก็บรักษาที่สั้นลง ดังนั้นการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ให้มีคุณภาพเมล็ดและอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น จึงขึ้นอยู่กับทั้งสภาพแวดล้อมในการเก็บเมล็ดพันธุ์ การดูแลเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บเกี่ยว เพื่อให้ได้เมล็ดพันธุ์ที่มีคุณภาพดีก่อนการบรรจุ เก็บรักษาและจำหน่ายต่อไป (วันชัย, 2542) อีกทั้งปัจจัยที่สำคัญในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในภาชนะปิดสนิทได้แก่ ความชื้นของเมล็ดก่อนเก็บรักษา และอุณหภูมิในการเก็บรักษา ดังนั้นจากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในสภาพควบคุมทั้งอุณหภูมิและความชื้นส่งผลให้มีความงอก และความเร็วในการงอกที่มากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุม เช่นเดียวกับการรายงานของ Alhamdan et al. (2011) ที่พบว่าการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์แตงกวาพันธุ์อุณหภูมิ 5 °C เป็นเวลา 12 เดือน ทำให้เมล็ดมีความงอก ความเร็วในการงอกที่มากกว่าเมล็ดที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 25 และ 35 °C แต่เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผ่านไปเมล็ดพันธุ์มีความงอกและความเร็วในการงอกที่ลดลงถึงแม้จะเก็บรักษาในสภาพควบคุมอุณหภูมิ เช่นเดียวกับการรายงานของ พิจิตรา และคณะ (2560) พบว่าการเก็บ

รักษาเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่อุณหภูมิ 25 ± 2 และ 30 ± 2 °C มีอายุการเก็บรักษานาน 15.51 และ 8.23 เดือน ตามลำดับ แต่ทำให้ความชื้นในเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น และความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพเรือนทดลองลดลง แต่จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเมล็ดที่ผ่านการพอกสามารถป้องกันอันตรายจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา ทั้งความชื้น และอุณหภูมิ จึงส่งผลให้เมล็ดที่ผ่านการพอกยังคงมีความงอก และความเร็วในการงอกที่มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก เนื่องจากวัสดุพอกเมล็ดพันธุ์ที่นำมาใช้ คือ vermiculite ซึ่งเป็นแร่ธรรมชาติมีคุณสมบัติเป็นกลาง ไม่ละลายน้ำ มีรูพรุน สามารถดูดซับน้ำได้มากไม่มีการเสื่อมสภาพจากอุณหภูมิ ความชื้น เชื้อรา เชื้อแบคทีเรีย สภาพอากาศ มีธาตุฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 5-8 เปอร์เซ็นต์ แมกนีเซียม 9-12 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้เมื่อเมล็ดพอกได้รับความชื้นจึงทำให้เมล็ดได้รับธาตุอาหารช่วยให้เกิดการงอกราก และทำให้เมล็ดดาวเรืองที่พอกด้วย vermiculite ยังมีความงอก และความเร็วในการงอกที่มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 10 เดือน และการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อราทั้ง mancozeb และ fosetyl aluminium จะเห็นได้ว่าไม่ส่งผลต่อความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่เมล็ดพันธุ์จะมีความงอกลดลงตามอายุของการเก็บรักษา เช่นเดียวกับการรายงานของ บุญมี และคณะ (2551) จากการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพิเศษลูกผสมร่วมกับ metalaxyl เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน พบว่าเมล็ดพันธุ์มีความงอกในสภาพห้องปฏิบัติการและสภาพแปลงทดลองลดลง แต่ยังคงมีความงอกมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการเคลือบ และจากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อรา คือ difenoconazole, polyclostrobin และ metalaxyl เป็นระยะเวลา 6 เดือน จากการตรวจสอบความงอก พบว่าเมล็ดพันธุ์ผักกาดหอมที่ผ่านการพอกร่วมกับ polyclostrobin 1 g.ai. ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความเร็วในการงอกที่มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก

ตารางที่ 21 ความงอก และความเร็วในการงอก ในสภาพห้องปฏิบัติการของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังผ่านการพอกร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน

กรรมวิธี[1/]	ความงอก (%)						ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)					
	0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
เก็บรักษาสภาพควบคุมอุณหภูมิ												
T1	57	52	29 b[2/3/]	21 b	10 ab	8 ab	3.74	2.24 b[3/]	3.13 b	3.40	2.30 ab	1.42 ab
T2	58	51	31 ab	29 b	5 b	2 b	4.73	2.18 b	3.34 ab	3.18	2.28 b	1.13 b
T3	59	51	31 ab	32 ab	17 ab	10 ab	3.77	2.89 ab	4.52 a	3.20	2.40 ab	1.23 b
T4	61	52	32 ab	31 ab	15 ab	11 ab	4.62	3.83 a	3.95 ab	3.38	2.18 b	1.37 ab
T5	59	53	48 a	43 a	33 a	28 a	4.67	3.38 ab	3.67 ab	3.62	3.31 a	3.13 a
T6	61	53	55 a	46 a	36 a	31 a	4.23	3.78 a	3.89 ab	3.54	3.52 a	3.24 a
F-test	ns	ns	*	*	*	*	ns	*	**	ns	*	*
C.V.%	5.41	6.11	12.45	5.48	15.32	21.45	16.69	29.33	30.47	14.00	24.81	21.53
เก็บรักษาสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิ												
T1	57	49 b	21 b	12 b	0 b	0 b	3.54	2.20 c	2.56 b	3.82	0 b	0 b
T2	58	48 b	34 ab	18 b	0 b	0 b	4.02	2.65 a-c	3.65 a	4.01	0 b	0 b
T3	59	60 a	32 ab	15 b	0 b	0 b	4.07	3.30 a	3.24 a	4.74	0 b	0 b
T4	61	58 a	35 ab	13 b	0 b	0 b	4.52	3.10 ab	2.93 ab	3.94	0 b	0 b
T5	59	53 ab	48 a	43 a	33 a	28 a	4.67	3.38 ab	3.67 ab	3.62	3.31 a	3.13 a
T6	61	53 ab	55 a	46 a	36 a	31 a	4.23	3.78 a	3.89 ab	3.54	3.52 a	3.24 a
F-test	ns	*	*	*	*	*	ns	*	*	ns	*	*
C.V.%	5.41	8.12	14.54	5.68	15.32	21.45	14.69	14.99	19.97	9.51	34.01	23.40

ns, *, ** : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ

[1/]T1=เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2=เมล็ดที่พอกด้วย Vermiculite, T3=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.4 g.ai., T4=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.1 g.ai., T5=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.4 g.ai. (control), T6=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.1 g.ai. (control)

[2/]แปลงข้อมูลความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี SQRT

[3/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

3. ความยาวต้น และความยาวรากของต้นกล้าดาวเรือง

จากการตรวจสอบความยาวต้น ในสภาพควบคุม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกในทุกเดือนที่ตรวจสอบ ส่วนการตรวจสอบในสภาพไม่ควบคุมพบว่าไม่มีความยาวต้นในเดือนที่ 8 และ 10 เนื่องจากไม่มีความงอกของเมล็ดพันธุ์ และเมื่อเปรียบเทียบความยาวต้นระหว่างการเก็บรักษาทั้งในสภาพควบคุมและไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 10 เดือน พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แต่ในสภาพไม่ควบคุมเมื่อตรวจสอบในเดือนที่ 8 และ 10 พบว่าเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ในเดือนที่ 8 และ 10 มีความยาวต้นที่มากกว่าเมล็ดที่ผ่านการเก็บรักษา (ตารางที่ 22)

และจากการตรวจสอบความยาวรากในสภาพควบคุม พบว่าเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ในทุกกรรมวิธีส่งผลให้มีความยาวรากมากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และเมล็ดที่พอกร่วมกับ Vermiculite เพียงอย่างเดียว เมื่อตรวจสอบในเดือนที่ 0 แต่จากการตรวจสอบในเดือนที่ 2-10 พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติ เช่นเดียวกับการตรวจสอบความยาวรากในสภาพไม่ควบคุม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในทางสถิติเมื่อตรวจสอบในเดือนที่ 2-6 (ตารางที่ 22)

4. น้ำหนักสดต้น และน้ำหนักสดรากของต้นกล้าดาวเรือง

ส่วนการตรวจสอบน้ำหนักสดต้น ในสภาพควบคุม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกในการเก็บรักษาในเดือนที่ 0-6 แต่จากการตรวจสอบน้ำหนักสดต้นในเดือนที่ 8 พบว่า เมล็ดที่พอกด้วย vermiculite เพียงอย่างเดียว และเมล็ดที่พอกร่วมกับ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ส่งผลให้มีน้ำหนักสดต้นของดาวเรืองที่มากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก ส่วนการตรวจสอบในสภาพไม่ควบคุมพบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกในการเก็บรักษาในเดือนที่ 0-4 ส่วนเดือนที่ 6 พบว่า เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธีส่งผลให้มีน้ำหนักสดต้นมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก แต่จากการตรวจสอบน้ำหนักสดต้นในเดือนที่ 8 และ 10 พบว่าไม่มีผลของน้ำหนักสดต้นเนื่องจากไม่มีความงอกของเมล็ดพันธุ์ (ตารางที่ 23) เช่นเดียวกับการตรวจสอบน้ำหนักสดรากในสภาพควบคุม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกในการตรวจสอบในเดือนที่ 6 แต่ในเดือนที่ 8 พบว่าเมล็ดที่ผ่านการพอกทุกกรรวมวิธีส่งผลให้มีน้ำหนักสดรากมากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก ส่วนการตรวจสอบน้ำหนักสดรากในสภาพไม่ควบคุม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อตรวจสอบในเดือนที่ 6 แต่จากการตรวจสอบน้ำหนักสดรากในเดือนที่ 8 พบว่า และ 10 เนื่องจากไม่มีความงอกของเมล็ดพันธุ์ (ตารางที่ 23)

หลังจากการประเมินความยาวต้น-ราก น้ำหนักสดต้น-ราก จากการเก็บรักษาในสภาพควบคุมและไม่ควบคุม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันเมื่อเปรียบเทียบเมล็ดที่ผ่านการพอก และเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก อีกทั้งไม่ส่งผลต่อความยาวต้น-ราก น้ำหนักสดต้น-รากของต้นกล้าดาวเรือง แต่ในการเก็บรักษาสภาพไม่ควบคุมจะเห็นได้ว่าไม่มีความยาวต้น-ราก น้ำหนักสดต้น-รากในเดือนที่ 8 และ 10 เนื่องจากในการเก็บรักษาสภาพไม่ควบคุมจะส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ได้รับทั้งความชื้น อุณหภูมิ และแสงแดดในแต่ละวันที่แตกต่างกัน ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการพอก และเมล็ดที่ผ่านการพอกเกิด

การเสื่อมคุณภาพ เนื่องจากอุณหภูมิมีผลโดยตรงต่อปฏิกิริยาเคมี และกิจกรรมเอนไซม์ในกระบวนการทางสรีรวิทยา และชีวเคมีต่าง ๆ ภายในเมล็ด เมื่อเมล็ดมีการใช้อาหารสะสมภายในเมล็ดมากขึ้น จึงทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพเร็วกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เก็บไว้อุณหภูมิต่ำ (วันชัย, 2553) ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการพอก และผ่านก่อนพอกทุกกรรมวิธีที่เก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิไม่มีความมีชีวิตของเมล็ดพันธุ์ ไม่มีการเจริญเติบโตของต้นกล้า ซึ่งการเสื่อมสภาพของเมล็ดนั้นจะเริ่มจากกิจกรรมของเอนไซม์ต่าง ๆ ค่อย ๆ ลดลง อัตราการหายใจและการสังเคราะห์ทางชีวเคมีลดลง อัตราเร็วของการงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าลดลง ความสามารถในการเก็บรักษาลดลง การพัฒนาของต้นกล้า ความสม่ำเสมอของการเจริญเติบโตลดลง ซึ่งการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เป็นสิ่งที่ไม่สามารถยับยั้งไม่ได้เกิดได้ และไม่สามารถผันกลับได้ (Copeland, 1995) โดยส่งผลให้ไม่พบความยาวต้น-ราก น้ำหนักสดต้น-รากในการเก็บรักษาเดือนที่ 8 และ 10 ในสภาพไม่ควบคุม

ตารางที่ 22 ความยาวต้น และความยาวราก ในสภาพห้องปฏิบัติการของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังผ่านการพอกร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน

กรรมวิธี[1/]	ความยาวต้น (เซนติเมตร)						ความยาวราก (เซนติเมตร)					
	0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
เก็บรักษาสภาพควบคุมอุณหภูมิ												
T1	3.22	2.82	2.83	3.31	2.41	3.35	9.42 b[2/]	8.92	7.50	7.50	7.50	6.02
T2	3.20	2.95	2.82	3.42	2.32	3.45	8.75 b	8.25	8.27	8.27	7.25	6.12
T3	3.19	2.79	2.70	3.04	2.14	3.05	10.16 ab	8.66	8.53	8.53	7.10	6.18
T4	3.12	2.72	2.53	3.63	2.13	3.65	10.96 a	8.46	8.09	8.09	7.05	6.05
T5	3.32	2.97	2.03	2.87	2.15	3.50	10.72 ab	8.22	8.08	8.08	7.12	6.08
T6	3.09	2.74	2.48	2.91	2.85	2.90	10.42 ab	8.92	8.50	8.50	7.45	6.50
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
C.V.%	9.98	18.60	18.23	14.26	34.31	24.16	21.02	19.18	23.13	16.11	36.15	32.01
เก็บรักษาสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิ												
T1	3.22	2.73	2.43	3.31	0 b	0 b	9.42 b	8.72	7.03	7.50	0 b	0 b
T2	3.20	2.91	2.32	3.42	0 b	0 b	8.75 b	8.88	7.47	8.27	0 b	0 b
T3	3.19	2.58	2.30	3.04	0 b	0 b	10.16 ab	8.66	7.36	8.53	0 b	0 b
T4	3.12	2.54	2.33	3.63	0 b	0 b	10.96 a	8.46	7.52	8.09	0 b	0 b
T5	3.32	2.67	2.23	2.87	2.15 a	3.50 a	10.72 ab	8.71	7.92	8.08	7.12 a	6.08 a
T6	3.09	2.65	2.16	3.02	2.85 a	2.90 a	10.42 ab	8.22	7.13	8.50	7.45 a	6.50 a
F-test	ns	ns	ns	ns	**	**	*	ns	ns	ns	**	**
C.V.%	9.98	13.10	15.23	24.23	34.31	24.16	21.02	9.98	13.10	15.23	26.81	14.52

ns, *, **: ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 และ P≤0.01ตามลำดับ

[1/]T1=เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2=เมล็ดที่พอกด้วย Vermiculite, T3=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.4 g.ai., T4=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.1 g.ai., T5=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.4 g.ai. (control), T6=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.1 g.ai. (control)

[2/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

ตารางที่ 23 น้ำหนักสดต้น และน้ำหนักสดราก ในสภาพห้องปฏิบัติการของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังผ่านการพอกร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน

กรรมวิธี[1/]	น้ำหนักสดต้น (กรัม)						น้ำหนักสดราก (กรัม)					
	0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
เก็บรักษาสภาพควบคุมอุณหภูมิ												
T1	0.35	0.31	0.31	0.33	0.25 b[3/]	0.21	0.25	0.27	0.25	0.27	0.18 b	0.19
T2	0.38	0.35	0.30	0.36	0.28 ab	0.22	0.26	0.31	0.24	0.30	0.21 ab	0.18
T3	0.37	0.37	0.35	0.36	0.24 b	0.23	0.26	0.33	0.29	0.30	0.22 ab	0.17
T4	0.39	0.35	0.32	0.35	0.29 a	0.21	0.29	0.31	0.26	0.29	0.25 a	0.16
T5	0.38	0.36	0.34	0.36	0.34 a	0.26	0.26	0.32	0.28	0.30	0.24 a	0.19
T6	0.40	0.37	0.35	0.35	0.31 a	0.28	0.28	0.33	0.29	0.29	0.21 a	0.18
F-test	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns
C.V.%	15.89	17.24	16.12	9.59	12.39	21.45	19.92	15.32	23.42	19.51	12.39	21.45
เก็บรักษาสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิ												
T1	0.35	0.20	0.21	0.21 b	0 b	0 b	0.25	0.23	0.21	0.23	0 b	0 b
T2	0.38	0.23	0.22	0.37 a	0 b	0 b	0.26	0.28	0.21	0.27	0 b	0 b
T3	0.37	0.25	0.24	0.29 ab	0 b	0 b	0.26	0.31	0.27	0.28	0 b	0 b
T4	0.39	0.24	0.23	0.38 a	0 b	0 b	0.29	0.30	0.25	0.28	0 b	0 b
T5	0.38	0.23	0.23	0.31 ab	0.34 a	0.26 a	0.26	0.29	0.25	0.27	0.24 a	0.19 a
T6	0.40	0.25	0.22	0.39 a	0.31 a	0.28 a	0.28	0.31	0.27	0.27	0.21 a	0.18 a
F-test	ns	ns	ns	*	*	*	ns	ns	ns	ns	*	*
C.V.%	15.89	18.60	27.36	29.78	29.42	19.52	19.92	21.34	29.35	29.54	32.38	31.15

ns, * : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 ตามลำดับ

[1/]T1=เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2=เมล็ดที่พอกด้วย Vermiculite, T3=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.4 g.ai., T4=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.1 g.ai., T5=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.4 g.ai. (control), T6=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.1 g.ai. (control)

[2/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

2.2 การศึกษาผลของเมล็ดพอกดาวเรืองที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพอกหลังการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เป็นเวลา 10 เดือน ในสภาพเรือนทดลอง

หลังจากการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืช mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. แล้วนำมาเก็บรักษาในสภาพที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก เมล็ดที่พอกด้วย Vermiculite เพียงอย่างเดียว และเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ในทุก ๆ 2 เดือน จากนั้นตรวจสอบความงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าดาวเรืองทุก ๆ 2 เดือน ตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน ในสภาพเรือนทดลอง

1. การโผล่พ้นดิน และความเร็วในการโผล่พ้นดินของเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง

ในการตรวจสอบการโผล่พ้นดินในสภาพควบคุม หลังผ่านการเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 10 เดือน พบว่า เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ทุกกรรมวิธีมีการโผล่พ้นดินที่มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และเมล็ดที่พอกร่วมกับ Vermiculite เพียงอย่างเดียว แต่เมื่อตรวจสอบในเดือนที่ 10 พบว่า เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และเมล็ดที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธีไม่มีการโผล่พ้นดิน ส่วนการตรวจสอบในสภาพไม่ควบคุม พบว่าการโผล่พ้นดินมีแนวโน้มลดลงในเดือนที่ 6 โดยที่เมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ในทุก ๆ 2 เดือน มีการโผล่พ้นดินมากกว่าเมล็ดที่ผ่านการเก็บรักษาทุกกรรมวิธี แต่เมื่อตรวจสอบในเดือนที่ 8 และ 10 พบว่าไม่มีการโผล่พ้นดินเกิดขึ้น และจากการเปรียบเทียบการโผล่พ้นดิน ระหว่างการเก็บรักษาทั้งในสภาพควบคุมและไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 10 เดือน พบว่า การโผล่พ้นดินทั้งในสภาพควบคุมและไม่ควบคุมมีแนวโน้มลดลงในเดือนที่ 6 (ตารางที่ 24)

เช่นเดียวกับการตรวจสอบความเร็วในการโผล่พ้นดิน ในสภาพควบคุม พบว่า เมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ในทุก ๆ 2 เดือน มีความเร็วในการโผล่พ้นดินมากกว่าเมล็ดที่ผ่านการเก็บรักษา แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. ที่ผ่านการเก็บรักษาถึงเดือนที่ 6 ส่วนในเดือนที่ 8 พบว่าเริ่มมีแนวโน้มที่ลดลง และในเดือนที่ 10 พบว่าไม่มีความเร็วในการโผล่พ้นดินเกิดขึ้น แต่จากการตรวจสอบความเร็วในการโผล่พ้นดินในสภาพไม่ควบคุม พบว่า เมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ในทุก ๆ 2 เดือน มีความเร็วในการโผล่พ้นดินมากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ผ่านการเก็บรักษาถึงเดือนที่ 6 ส่วนในเดือนที่ 8 และ10 พบว่าไม่มีความเร็วในการโผล่พ้นดินเกิดขึ้น และจากการเปรียบเทียบความเร็วในการโผล่พ้นดิน ระหว่างการเก็บรักษาทั้งในสภาพควบคุมและไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 10 เดือน พบว่า ความเร็วในการโผล่พ้นดินในสภาพควบคุมมีแนวโน้มลดลงในเดือนที่ 6 แต่ในสภาพไม่ควบคุมมีแนวโน้มลดลงในเดือนที่ 4 (ตารางที่ 24)

ในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมากในการเพาะปลูกพืช ตามวัตถุประสงค์นั้นอาจถูกนำไปจำหน่ายหรือเก็บรักษาไว้เพื่อปลูกในฤดูกาลต่อไป ดังนั้นอายุในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เป็นคุณสมบัติที่สำคัญมากของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการพอก ถ้าพอกเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีและกระบวนการที่

เหมาะสมจะทำให้ยืดอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ได้ แต่จากการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ผ่านการพอก และผ่านการพอกทุกกรรมวิธี พบว่าเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมมีแนวโน้มลดลงมากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาในสภาพควบคุมอย่างชัดเจน เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่เก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุม เมล็ดจะได้รับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงไปตามสภาพบรรยากาศภายนอกห้อง ซึ่งจะมีการเปลี่ยนแปลงทั้งสภาพอุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ และแสง ที่จะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล ทำให้ส่งผลโดยตรงกับการเสื่อมสภาพของเมล็ดพันธุ์ (Delouche and Baskin, 1973) ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ดพันธุ์ โดยเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นสูงขึ้นจะมีอัตราการหายใจที่สูงขึ้นรวมถึงการถูกเข้าทำลายจากเชื้อรา ซึ่งจะส่งผลโดยตรงกับความงอกของเมล็ดพันธุ์ (Harrington, 1975) แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเมล็ดที่ผ่านการพอก และเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก จะเห็นได้ว่าเมล็ดที่ผ่านการพอกมีแนวโน้มของการโผล่พ้นดิน และความเร็วในการโผล่พ้นดินที่มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกในการเก็บรักษาทั้งสภาพควบคุมและไม่ควบคุม เนื่องจากการพอกเมล็ดพันธุ์ (seed pelleting) คือหนึ่งในวิธีการที่ได้รับความนิยมสูงสุดเพื่อนำมาใช้ปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ โดยสามารถปรับเปลี่ยนรูปร่างเมล็ดที่มีขนาดเล็ก ให้มีรูปร่างสม่ำเสมอ ทำให้ขนาดและน้ำหนักเพิ่มมากขึ้น (Zenk, 2004) อีกทั้งการพอกเมล็ดพันธุ์ยังสามารถป้องกันอันตรายจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น การอัดกันอย่างหนาแน่นของเมล็ดพันธุ์ และลดการเสียดสีกันของเมล็ดพันธุ์ขณะขนส่ง เป็นต้น จึงส่งผลให้เมล็ดที่ผ่านการพอกมีการโผล่พ้นดินและความเร็วในการโผล่พ้นดินที่มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก เช่นเดียวกับการรายงานของ Javed and Afzal (2020) จากการพอกเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศด้วย CaO ผสมกับเบนโทไนท์ ทำให้สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 5 เดือน แต่จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb และ fosetyl aluminium ยังส่งผลให้มีการโผล่พ้นดินที่ลดลงเมื่อผ่านการเก็บรักษาในเดือนที่ 6 เนื่องจากสารป้องกันเชื้อราที่ติดอยู่กับเมล็ดพอกสามารถถูกดูดซึมเข้าสู่เมล็ดพันธุ์ได้ และเมื่อสารเคมีป้องกันเชื้อราถูกดูดซึมเข้าไปภายในเซลล์พืชจะส่งผลต่อการสังเคราะห์ปริมาณโปรตีนภายในเมล็ดลดลง มีส่วนในการทำลายผนังเมมเบรน แล้วยังสามารถทำให้การหายใจของเซลล์ติดขัด (Priestley, 1986)

ตารางที่ 24 การโผล่พ้นดิน และความเร็วในการโผล่พ้นดิน ในสภาพเรือนทดลองของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังผ่านการพอกร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน

กรรมวิธี[1/]	การโผล่พ้นดิน (%)						ความเร็วในการโผล่พ้นดิน (ต้น/วัน)					
	0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
เก็บรักษาสภาพควบคุมอุณหภูมิ												
T1	37	30 b[2/3/]	29 b	19 b	14 ab	0 b	5.79	3.25 b[3/]	3.31 ab	2.02 c	1.84 c	0 b
T2	37	34 ab	21 c	13 b	10 b	0 b	5.60	3.58 b	3.06 b	2.17 c	1.52 c	0 b
T3	42	32 ab	28 b	25 ab	16 ab	0 b	6.19	3.00 c	3.31 ab	2.54 ab	2.14 b	0 b
T4	40	31 b	26 b	23 ab	12 ab	0 b	6.00	3.79 b	3.13 b	2.29 b	2.07 b	0 b
T5	42	36 a	40 a	36 a	31 a	26 a	6.19	5.67 a	4.50 a	3.58 a	3.12 a	3.16 a
T6	40	34 ab	41 a	37 a	29 a	27 a	6.00	4.97 ab	4.46 a	3.49 a	3.21 a	3.17 a
F-test	ns	*	**	*	*	**	ns	*	**	*	*	**
C.V.%	12.29	29.89	32.32	15.93	22.15	35.27	21.81	19.24	7.89	27.91	5.09	12.82
เก็บรักษาสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิ												
T1	37	29 ab	20 c	7 c	0 b	0 b	5.79	1.13 c	1.25 a	0.87 c	0 b	0 b
T2	37	26 b	21 c	9 c	0 b	0 b	5.60	0.75 c	0.06 c	1.15 c	0 b	0 b
T3	42	31 ab	24 b	9 c	0 b	0 b	6.19	1.38 b	1.31 a	1.15 c	0 b	0 b
T4	40	30 ab	25 b	11 b	0 b	0 b	6.00	1.27 c	0.56 bc	1.61 b	0 b	0 b
T5	42	36 a	40 a	36 a	31 a	26 a	6.19	5.67 a	4.50 a	3.58 a	3.12 a	3.16 a
T6	40	34 a	41 a	37 a	29 a	27 a	6.00	4.97 a	4.46 a	3.49 a	3.21 a	3.17 a
F-test	ns	*	**	*	**	**	ns	*	**	ns	*	**
C.V.%	12.29	26.70	31.12	22.41	35.41	27.36	21.81	9.97	13.87	23.81	5.09	12.82

ns, *, ** : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ

[1/]T1=เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2=เมล็ดที่พอกด้วย Vermiculite, T3=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.4 g.ai., T4=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.1 g.ai., T5=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.4 g.ai. (control), T6=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.1 g.ai. (control)

[2/]แปลงข้อมูลการโผล่พ้นดินก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี SQRT

[3/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

2. ความงอก และความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง

จากการตรวจสอบความงอกในสภาพควบคุม ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 10 เดือน พบว่า เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ที่พอกใหม่ทุก 2 เดือน มีความงอกมากกว่าเมล็ดที่ผ่านการเก็บรักษา แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai ส่วนการตรวจสอบความงอกตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 10 เดือน พบว่าความงอกมีแนวโน้มลดลงในเดือนที่ 6 และไม่มีความงอกเกิดขึ้นในเดือนที่ 10 แต่เมื่อตรวจสอบความงอกในสภาพไม่ควบคุม พบว่าเมล็ดที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธีมีความงอกมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก ส่วนเดือนที่ 8 และ 10 พบว่าไม่มีความงอกของเมล็ดพันธุ์ และจากการเปรียบเทียบความงอกระหว่างการเก็บรักษาทั้งในสภาพควบคุมและไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 10 เดือน พบว่า ในสภาพควบคุม ยังคงมีความงอกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 8 เดือน แต่ความงอกมีแนวโน้มลดลงในเดือนที่ 6 แต่เมื่อตรวจสอบในสภาพไม่ควบคุม ความงอกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองมีแนวโน้มลดลงในเดือนที่ 6 เช่นกันแต่ไม่มีความงอกในเดือนที่ 8 และ 10 (ตารางที่ 25)

เช่นเดียวกับการตรวจสอบความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ ในสภาพควบคุม พบว่า เมล็ดที่ผ่านการพอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ที่พอกใหม่ทุก 2 เดือน มีความเร็วในการงอกมากกว่าเมล็ดที่ผ่านการเก็บรักษา แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. เมื่อผ่านการเก็บรักษาเดือนที่ 4 แต่ในการเก็บรักษาเดือนที่ 10 พบว่าไม่มีความเร็วในการงอกเกิดขึ้น ส่วนการตรวจสอบความเร็วในการงอกในสภาพไม่ควบคุม พบว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และเมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ทุกกรรมวิธีมีความเร็วในการงอกมากกว่าเมล็ดที่พอกด้วย Vermiculite เพียงอย่างเดียว และเมื่อเปรียบเทียบความเร็วในการงอกระหว่างการเก็บรักษาทั้งในสภาพควบคุมและไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 10 เดือน พบว่า ในสภาพควบคุม มีแนวโน้มของความเร็วในการงอกลดลงในเดือนที่ 6 แต่เมื่อตรวจสอบในสภาพไม่ควบคุม ความงอกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองมีแนวโน้มลดลงในเดือนที่ 6 เช่นกันแต่ไม่มีความงอกในเดือนที่ 8 และ 10 (ตารางที่ 25)

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมล็ดที่ผ่านการพอกทุกกรรมวิธีที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาพควบคุม และสภาพไม่ควบคุมมีความงอกของเมล็ดพันธุ์มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก ตลอดการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน จากการเพาะทดสอบในสภาพเรือนทดลอง ถึงแม้อยู่ภายใต้สภาพเรือนทดลองที่ไม่สามารถควบคุมปัจจัยสภาพแวดล้อมได้ เช่น ความชื้น แสง และอุณหภูมิ เป็นต้น โดยเมล็ดที่ผ่านการพอกสามารถช่วยปกป้องเมล็ดพันธุ์จากสภาพการเพาะทดสอบได้ อีกทั้ง Vermiculite ซึ่งเป็นวัสดุพอกที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งจะค่อย ๆ ให้ความชื้นแก่เมล็ด ทำหน้าที่คล้ายกับการดูดซึมน้ำที่เกิดขึ้นในดิน และไม่เป็นพิษต่อเมล็ด (สุนันทา, 2561; Anju and Sheeja, 2019) สามารถทำให้น้ำค่อย ๆ ซึมผ่านเข้าไปภายในเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองอย่างช้า ๆ อีกทั้งการเพิ่มสารเคมีป้องกันเชื้อรา คือ mancozeb และ fosetyl aluminium ไม่ส่งผลเสียต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์เมื่อทดสอบในสภาพเรือนทดลอง เนื่องจาก fosetyl aluminium ที่เป็นสารเคมีออกฤทธิ์ชนิดดูดซึมมีองค์ประกอบของทองแดงอิสระในปริมาณ 0.5 ปอนด์ /100 แกลลอน แต่มีค่า pH ค่อนข้างคงที่ถ้าใช้ในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้ไม่เกิดผลเสียต่อต้นพืช (Pavelková et al., 2014) เมื่อนำมาพอกกับเมล็ดพันธุ์

ดาวเรืองจึงไม่ขัดขวางต่อกระบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์ เช่นเดียวกับการรายงานของ Oyarzun et al. (1990) ในการคลุกเมล็ดพันธุ์ถั่วด้วย fosetyl aluminium 4 g / เมล็ดพันธุ์ 1 กิโลกรัม ส่งผลให้สามารถป้องกันเชื้อราอีกทั้งไม่ส่งผลเสียต่อความงอกของเมล็ดพันธุ์เมื่อตรวจสอบในแปลงปลูก เช่นเดียวกับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองร่วมกับ mancozeb ซึ่งเป็นสารเคมีออกฤทธิ์ชนิดสัมผัสตาย ไม่ดูดซึมเข้าสู่พืช มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดโรคได้อย่างกว้างขวาง ออกฤทธิ์ได้หลายจุด จึงทำให้ไม่เกิดผลเสียต่อการงอกและความเร็วในการงอกของเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง เช่นเดียวกับการรายงานของ จักรพงษ์ และ เพชรรัตน์ (2564) จากการเคลือบเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ร่วมกับ mancozeb อัตรา 4 g.ai. ทำให้เมล็ดมีความงอกและความยาวรากของต้นกล้าดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่ได้เคลือบ

ตารางที่ 25 ความงอก และความเร็วในการงอก ในสภาพเรือนทดลองของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังผ่านการพอกร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน

กรรมวิธี[1/]	ความงอก (%)						ความเร็วในการงอก (ต้น/วัน)					
	0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
เก็บรักษาสภาพควบคุมอุณหภูมิ												
T1	34 b[2/3/]	27 b	20 c	16 b	5 b	0 b	3.39	2.61 c[3/]	2.59 bc	1.48 c	1.08 c	0 b
T2	44 ab	23 b	18 c	15 b	8 b	0 b	4.23	2.22 c	1.99 c	1.45 c	1.12 c	0 b
T3	50 a	43 ab	34 ab	23 ab	13 ab	0 b	4.61	4.05 ab	3.52 a	2.71 b	2.01 b	0 b
T4	46 ab	30 b	29 b	16 b	10 b	0 b	4.54	3.93 b	3.05 ab	1.55 c	1.02 c	0 b
T5	50 a	47 a	41 a	30 a	28 a	25 a	4.61	4.59 a	3.56 a	3.98 a	3.18 a	3.02 a
T6	46 ab	41 ab	43 a	34 a	30 a	28 a	4.54	4.09 ab	3.87 a	3.54 ab	3.62 a	3.24 a
F-test	*	**	*	*	*	**	ns	**	**	*	*	*
C.V.%	12.68	11.51	16.47	15.17	25.21	31.14	19.06	19.30	18.12	26.93	36.13	19.26
เก็บรักษาสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิ												
T1	34 b	23 ab	24 b	7 b	0 b	0 b	3.39	2.30 c	2.23 ab	0.65 c	0 b	0 b
T2	44 ab	18 b	27 b	10 ab	0 b	0 b	4.23	2.05 c	2.16 c	0.94 c	0 b	0 b
T3	50 a	39 a	35 a	10 ab	0 b	0 b	4.61	2.75 b	2.32 ab	0.93 c	0 b	0 b
T4	46 ab	25 ab	32 ab	13 a	0 b	0 b	4.54	2.45 b	2.77 ab	1.21 b	0 b	0 b
T5	50 a	47 a	41 a	30 a	28 a	25 a	4.61	4.59 a	3.56 a	3.98 a	3.18 a	3.02 a
T6	46 ab	41 ab	43 a	34 a	30 a	28 a	4.54	4.09 a	3.87 a	3.54 a	3.62 a	3.24 a
F-test	*	*	*	*	**	**	ns	*	**	ns	**	**
C.V.%	13.76	11.08	16.47	19.79	16.32	21.32	19.06	19.48	18.12	28.81	16.92	21.23

ns, *, ** : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, มีความแตกต่างทางสถิติ $P \leq 0.05$ และ $P \leq 0.01$ ตามลำดับ

[1/]T1=เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2=เมล็ดที่พอกด้วย Vermiculite, T3=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.4 g.ai., T4=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.1 g.ai., T5=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.4 g.ai. (control), T6=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.1 g.ai. (control)

[2/]แปลงข้อมูลความงอกก่อนนำมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิธี SQRT

[3/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ $P \leq 0.05$

3. ความยาวต้น และน้ำหนักสดต้นกล้าดาวเรือง

จากการตรวจสอบความยาวต้นกล้าของดาวเรืองหลังผ่านการพอก ในสภาพควบคุม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อตรวจสอบในเดือนที่ 8 แต่เมล็ดพันธุ์ดาวเรืองที่ผ่านการเก็บรักษาทุกกรรมวิธีในเดือนที่ 10 พบว่าไม่มีความยาวต้น และจากการตรวจสอบความยาวต้นในสภาพไม่ควบคุม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในเดือนที่ 4 ส่วนในเดือนที่ 6 พบว่า เมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. ทำให้มีความยาวต้นมากกว่าและแตกต่างทางสถิติกับเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และเมื่อเปรียบเทียบความยาวต้นระหว่างการเก็บรักษาทั้งในสภาพควบคุมและไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา 10 เดือน พบว่า ความยาวต้นกล้าดาวเรืองของเมล็ดที่เก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมมีแนวโน้มลดลงในเดือนที่ 2 และจากการตรวจสอบในเดือนที่ 8 และ 10 ไม่มีความยาวต้นกล้าดาวเรือง (ตารางที่ 26)

เช่นเดียวกับการตรวจสอบน้ำหนักสดต้น ในสภาพควบคุม พบว่ามีแนวโน้มลดลงในเดือนที่ 4 แต่ในเดือนที่ 10 พบว่าไม่มีผลของน้ำหนักสดต้น ส่วนการตรวจสอบน้ำหนักสดต้นในสภาพไม่ควบคุม พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบในเดือนที่ 0-4 แต่ในเดือนที่ 6 พบว่า เมล็ดที่พอกร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ทุก ๆ 2 เดือนมีน้ำหนักสดต้นที่มากกว่าเมล็ดที่ผ่านการเก็บรักษาทุกกรรมวิธี ส่วนในเดือนที่ 8 และ 10 ไม่มีน้ำหนักสดต้นกล้าดาวเรือง (ตารางที่ 26)

จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมล็ดที่ผ่านการพอกเมล็ดด้วย vermiculite ร่วมกับ mancozeb ทำให้มีความยาวต้น และน้ำหนักสดต้นที่มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก เนื่องจาก Vermiculite นอกจากมีความสามารถในการกักเก็บความชื้นแล้วยังมีองค์ประกอบของธาตุอาหาร Cl^-, NO^{3-}, และ SO_4^{2-} ทำให้เมื่อเมล็ดพอกได้รับความชื้นแล้วธาตุอาหารเหล่านี้จะกระจายอยู่รอบ ๆ เมล็ดพอก เมื่อมีการงอกของเมล็ดพันธุ์จึ งทำให้สามารถดูดใช้ธาตุอาหารเพื่อใช้ในการเจริญเติบโตได้ (ดิเรก, 2550; มิยดา, 2554) จึงทำให้เมล็ดที่ผ่านการพอกมีความยาวต้น และน้ำหนักสดต้นที่มากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก นอกจากนี้ Vermiculite ยังสามารถดูดซับสารเคมีและค่อย ๆ ปลดปล่อยสารเคมีให้กับเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองได้ แต่ mancozeb เป็นสารออกฤทธิ์ที่ไม่ถูกดูดซึมเข้าสู่ต้นพืช จึงไม่ส่งผลต่อความยาวต้น และน้ำหนักสดต้น เช่นเดียวกับการรายงานของ Rokib and Monjil (2017) ในการไพรม์เมล็ดร่วมกับสารกำจัดเชื้อรา 6 ชนิด ได้แก่ Provax-200 (Carboxin+Thiram), Bavistin DF (Carbendazim), DithaneM-45 (Mancozeb), Secure (Mancozeb+Fenamidone), Antracol (propineb) และ Daconil (Chlorothalonil) ในเมล็ดพันธุ์ถั่วเลนทิลพันธุ์ BINA Masur-3 พบว่า เมล็ดที่ไพรม์ด้วย Deconil (Chlorothalonil) และ Dithane M-45 (Mancozeb) จะทำให้ได้ต้นกล้าที่มีความยาวยอด ความยาวราก และความแข็งแรงของต้นกล้าสูงกว่า

ตารางที่ 26 ความยาวต้น และน้ำหนักสดต้น ในสภาพเรือนทดลองของเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองหลังผ่านการพอกร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชชนิดและอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 10 เดือน

กรรมวิธี[1/]	ความยาวต้น (เซนติเมตร)						น้ำหนักสดต้น (กรัม)					
	0	2	4	6	8	10	0	2	4	6	8	10
เก็บรักษาสภาพควบคุมอุณหภูมิ												
T1	8.59	5.62	4.09	4.08	4.08	0 b[2/]	2.65	2.25	1.25	1.31	1.15	0 b
T2	8.66	5.60	4.27	4.27	4.27	0 b	2.81	2.28	1.28	1.23	1.12	0 b
T3	8.96	5.45	4.24	4.51	4.51	0 b	2.98	2.25	1.25	1.21	1.20	0 b
T4	8.90	5.52	4.12	4.47	4.47	0 b	3.00	2.1	1.13	1.16	1.05	0 b
T5	8.82	5.35	4.58	4.39	4.39	3.49 a	2.82	2.15	1.15	1.12	1.19	1.23 a
T6	8.04	5.61	4.48	4.37	4.37	3.52 a	3.02	2.19	1.19	1.19	1.21	1.18 a
F-test	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	**
C.V.%	28.51	25.62	14.09	14.18	24.12	31.21	11.15	14.04	18.23	13.95	23.91	16.81
เก็บรักษาสภาพไม่ควบคุมอุณหภูมิ												
T1	8.59	3.42	3.02	3.84 c	0 b	0 b	2.65	2.26	1.59	0.33 c	0 b	0 b
T2	8.66	3.40	2.99	4.30 ab	0 b	0 b	2.81	2.29	1.68	0.49 b	0 b	0 b
T3	8.96	3.25	2.94	4.50 a	0 b	0 b	2.98	2.31	1.64	0.66 b	0 b	0 b
T4	8.90	3.32	3.10	3.93 c	0 b	0 b	3.00	2.30	1.59	0.54 b	0 b	0 b
T5	8.82	5.35	4.58	4.39 ab	4.39 a	3.49 a	2.82	2.15	1.15	1.12 a	1.19 a	1.23 a
T6	8.04	5.61	4.48	4.37 ab	4.37 a	3.52 a	3.02	2.19	1.19	1.19 a	1.21 a	1.18 a
F-test	ns	ns	ns	*	**	**	ns	ns	ns	**	**	**
C.V.%	8.59	13.42	21.02	13.84	24.12	31.21	21.12	23.79	28.22	9.06	23.91	16.81

ns, *, ** : ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ, มีความแตกต่างทางสถิติ P≤0.05 และ P≤0.01 ตามลำดับ

[1/]T1=เมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก, T2=เมล็ดที่พอกด้วย Vermiculite, T3=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.4 g.ai., T4=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.1 g.ai., T5=เมล็ดที่พอกด้วย mancozeb 0.4 g.ai. (control), T6=เมล็ดที่พอกด้วย fosetyl aluminium 0.1 g.ai. (control)

[2/]อักษรต่างกันในคอลัมน์เดียวกันมีความแตกต่างกันทางสถิติ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT ที่ P≤0.05

บทที่ 5
สรุป และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการทดลอง

1.1 สูตรสารพอกที่เหมาะสมต่อการพอกร่วมกับเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง คือ การใช้ Carboxymethyl cellulose (CMC) ที่อัตรา 0.3% เป็นวัสดุประสาน และ vermiculite เป็นวัสดุพอก เนื่องจากทำให้ก้อนพอกมีสารเกาะติดเมล็ดสม่ำเสมอ มีความกร่อนต่ำ มีการละลายน้ำที่น้อย อีกทั้งยังทำให้มีความงอก และการเจริญเติบโตของต้นกล้าได้ดีกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอก และเมล็ดที่พอกร่วมกับสูตรสารพอกชนิดอื่น ๆ

1.2 จากการศึกษาผลของสารเคมีป้องกันเชื้อราทั้ง 6 ชนิด ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *Pythium* sp. สาเหตุโรคเน่าคอดิน คือ metalaxyl, captan, mancozeb, Imidazole, fosetyl aluminium และ chlorothalonil พบว่า สารเคมีที่สามารถยับยั้งการเจริญของ เส้นใย *Pythium* spp. ได้ดีที่สุดซึ่งมีผลยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ 100 เปอร์เซ็นต์ คือ mancozeb และ fosetyl aluminium และจากการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. และ fosetyl aluminium 0.1 g.ai. ส่งผลให้เมล็ดพันธุ์มรความงอก และการเจริญเติบโตที่มากกว่าสูตรการพอกร่วมกับ mancozeb และ fosetyl aluminiumในอัตราอื่น ๆ

1.3 การพอกเมล็ดร่วมกับ mancozeb 0.4 g.ai. ทำให้เมล็ดมีความงอก การเจริญเติบโตที่ดีมากกว่าเมล็ดที่ไม่ผ่านการพอกหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพควบคุมสภาพแวดล้อมเป็นเวลา 8 เดือน และการเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมเป็นเวลา 6 เดือน อีกทั้งยังมีการยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. ทั้งในการเก็บรักษาที่ควบคุมและไม่ควบคุมเป็นระยะเวลา 4 เดือน

ดังนั้นการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองโดยใช้ vermiculite เป็นวัสดุพอก และ Carboxymethyl cellulose (CMC) ที่อัตรา 0.3% เป็นวัสดุประสาน โดยมี mancozeb 0.4 g.ai. เป็นสารออกฤทธิ์ เป็นสูตรการพอกเมล็ดที่แนะนำสำหรับการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรือง ซึ่งทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและการเจริญเติบโตหลังผ่านการเก็บรักษาในสภาพควบคุมสภาพแวดล้อมเป็นเวลา 8 เดือน และการเก็บรักษาในสภาพไม่ควบคุมสภาพแวดล้อมเป็นเวลา 6 เดือน อีกทั้งยังมีการยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. ทั้งในการเก็บรักษาที่ควบคุมและไม่ควบคุมเป็นระยะเวลา 4 เดือน

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการตรวจสอบการพอกเมล็ดพันธุ์ดาวเรืองร่วมกับสารป้องกันกำจัดโรคพืชที่สามารถควบคุมโรคเน่าคอดินที่มีสาเหตุจากเชื้อ *Pythium* sp. ที่หลากหลายชนิด

บรรณานุกรม

เพชรรัตน์ จี้เพชร และจักรพงษ์ กางโสภา. (2565). ผลของการพอกเมล็ดดวยเมทิลไฮดรอกซีเอทิลเซลลูโลสและคารบอกซีเมทิลเซลลูโลสตอลักษณะทางกายภาพและคุณภาพเมล็ดพันธุผักกาดหอม. ผลิตกรรมการเกษตร, *4(1)*, 114-127.

กนกพร ฉัตรไชยศิริ , รัติยา พงศพิสุทธา , ชัยณรงค รัตนกรีฑากุล และ สัณฐิติ บินคาเดอร์ (2561). เชื้อรา *Pythium* sp. สาเหตุโรครากเนาของทุเรียน และประสิทธิภาพของสารเคมีในการควบคุม. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, *49*(พิเศษ4), 171-174.

กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. (2553). คู่มือเกษตรกรปลอดโรคสำหรับเกษตรกรและอาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กรมส่งเสริมการเกษตร. (2556). การปลูกดาวเรือง. [ระบบออนไลน์]. Retrieved from https://secreta.doae.go.th. Retrieved 28 มิถุนายน 2564 https://secreta.doae.go.th.

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. (2564). การใช้สารป้องกันและกำจัดศัตรูต้นไม้ขนาดใหญ่.

กฤษณา บุญศิริ และ เกวลี เงินโม้. (2562). ผลของความเข้มข้นของจิบเบอเรลลินต่อการติดผลและพัฒนาผลของมะเขือเทศสายพันธุ์บิจิน. วารสารวิทยาศาสตร์การเกษตร, *50(2)*, 105-108.

กุณฑิกา ดำรงปราชญ์ และ เกศรา ชูคำสัตย์. (2549). อิทธิพลของพลาสทิไซเซอร์ต่อการปลดปล่อยยา ที่ละลายน้ำได้ดีจากเม็ดยาออสโมติกปั๊มชนิดรูพรุน. Retrieved from คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล:

ขวัญหทัย มวลสุข, สุธิดา จีนกลาง และอนันตกร สุนทรพิทักษ์. (2561). การศึกษาการเจริญเติบโตของดาวเรือง “พาวเวอร์โกลด์” โดยใช้วัสดุปลูกที่มีส่วนผสมของก้อนเชื้อเห็ดเก่า. วารสารวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา, *48*(พิเศษ1), 445-452.

จักรพงษ์ กางโสภา, ธิดารัตน์ ศิริบูรณ์ และเพชรรัตน์ จี้เพชร. (2563). อิทธิพลของการเคลือบเมล็ดด้วย Captan ต่อคุณภาพและการเจริญเติบโตของต้นกล้าถั่วเหลือง. แก่นเกษตร., *48*(พิเศษ1), 445-452.

จักรพงษ์ กางโสภา และบุญมี ศิริ. (2557). ผลของชนิดสารพอกเมล็ดต่อความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ยาสูบ. แก่นเกษตร, *42(3)*, 283-292.

จักรพงษ์ กางโสภา และบุญมี ศิริ. (2558). การพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารป้องกันเชื้อรา เพื่อยับยั้งเชื้อรา *Pythium* spp. ในระยะต้นกล้าของยาสูบ. แก่นเกษตร, *43*(4), 717-728.

จักรพงษ์ กางโสภา และ บุญมี ศิริ (2558). ผลของการพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับสารเคมีป้องกันเชื้อราที่มีผลต่อคุณภาพหลังการเก็บรักษาในสภาพแวดล้อมแตกต่างกันของเมล็ดพันธุ์ยาสูบ. แก่นเกษตร, *43*(2), 331-342.

จักรพงษ์ กางโสภา และบุญมี ศิริ (2557). ผลของชนิดสารพอกเมล็ดต่อความงอก และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ยาสูบ. แก่นเกษตร, *42*(3), 283-292.

จุฬาลักษณ์ เขมาชีวะกุล. (2559). การผลิตแบคทีเรียเซลลูโลสสายพันธุ์ *Acetobacter xylinum* และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม. *RAJABHAT AGRIC, 15*(2), 25-33.

ชุติมา ต้องชู, จำเป็น อ่อนทอง และเสาวภา ด้วงปาน. (2562). ผลของการใช้ปุ๋ยแคลเซียมซิลิเกตต่อการสะสมซิลิคอนของต้นกล้าปาล์มน้ำมัน. วารสารดินและปุ๋ย, *41*(2), 18-25.

ธีระศักดิ์ สาขามุละ และบุญมี ศิริ. (2555). การพอกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไร่ที่มีขนาดเล็กด้วยธาตุอาหารพืชต่อการงอกและลักษณะการเจริญเติบโตบางประการของต้นกล้า. แก่นเกษตร, *40*, 237-248.

นงนุช แสงหิน และบุญมี ศิริ. (2556). ผลของสารพอกและวัสดุประสานต่างชนิดกันต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดไร่ขนาดเล็ก. แก่นเกษตร, *41*(1), 263-268.

บุญมี ศิริ. (2558). การปรับปรุงสภาพและยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์. ขอนแก่น. คลังนานาวิทยา.

ปิยะนุช เทียงดีฤทธิ์ และบุญมี ศิริ (2551). ผลของวิธีการเคลือบ และสารเคลือบเมล็ดต่อคุณภาพและการปองกันโรครา

น้ำค้างของขาวโพดหวานพิเศษ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร., *39*(พิเศษ3), 242-245.

ปิยะนุช เทียงดีฤทธิ์ และบุญมี ศิริ. (2551). ผลของวิธีการเคลือบ และสารเคลือบเมล็ดต่อคุณภาพและการป้องกันโรคราน้ำค้างของขาวโพดหวานพิเศษ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, *39*(พิเศษ3), 242-245.

พัชรินทร์ เนียรวิชัย, ณัฐสุดา ธาราพุตร์, วริษา ศรีโสภา, กมลวรรณ สีฉาย, นภลภัส บุษบงก์, ปัฐวิภา สงกุมาร และมณีรัตน์ คูหาพิทักษ์ธรรม. (2565). ความต้านทานสารเคมีแมนโคเซบของเชื้อ *Phytophthora palmivora* สาเหตุโรคลำต้นเน่าและใบไหม้ของทุเรียนในแหล่งปลูกภาคตะวันออกของประเทศไทย. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า, *40(3)*, 225-235.

พิจิตรา แก้วสอน, กุลธิดา โชทนากูล, ปริยานุช จุลกะ และวันชัย จันทร์ประเสริฐ. (2560). ผลของการเตรียมพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าพริก. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร., *48*(1), 70-79.

ภาควิชาพืชสวนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2559). การปลูกดาวเรืองประดับ. [ระบบออนไลน์].

มนูญ ศิรินุพงศ์. (2544). การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน สู่การปฏิบัติในประเทศไทย. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตปัตตานี: เจริญรัฐการพิมพ์.

ยงยุทธ โอสถสภา. (2558). ธาตุอาหารพืช. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ยุทธศักดิ์ เจียมไชยศรี, อภิรัชต์ สมฤทธิ์ และธารทิพย์ ภาสบุตร. (2554). การศึกษาประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดโรคพืชในการป้องกันกำจัดเชื้อ *Pythium* สาเหตุโรคพืช. รายงานผลงานวิจัยและพัฒนา. กรมวิชาการเกษตร., 1141-1144.

รัตนาภรณ์ พรหมศรัทธา, มัณฑนา มิลน์ และอารมณ์ แสงวนิชย์. (2554). การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของดาวเรือง. Paper presented at the การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 39, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. (2542). เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์พืชไร่. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

แชมชูร รอฮอมาน, สุชาดา เวียรศิลป์ และสมบัติ ศรีชูวงศ์. (2544). ผลของการใช้น้ำร้อนต่อเชื้อรา *Macrophomina phaseolina* และอัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ถั่วเขียว. วารสารเกษตร, *18*, 40-45.

ศิรินุช ลอยหา. (2556). ซีโอไลต์และเทคโนโลยีซีโอไลต. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, *41(1)*, 56-66.

สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. (2558). งานวิจัยและพัฒนาพันธุ์ดาวเรืองเกษตร.

สถาพร นิ่มกุลรัตน์. (2548). สารเพิ่มความหนืด. In เอกสารประกอบการสอน (pp. 12 น.): คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สรินทร ลิ่มปนาท. (2550). ดินเบนโทไนต์. Retrieved from http://irre.ku.ac.th/project/pdf/255813.pdf (12 มกราคม 2567).

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

สายพันธุ์ กาบใบ. (2552). อิทธิพลของสารที่ปลดปล่อยออกซิเจนของวัสดุพอกเมล็ดต่อการงอกของ ข้าวโพดหวาน. คณะเกษตรศาสตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2562). ไม้ตัดดอกที่สำคัญ. [ระบบออนไลน์].

สุริยา ตราชู, นิวัต เหลืองชัยศรี และบุญมี ศิริ (2559). การพอกเมล็ดพันธุ์ร่วมกับธาตุอาหารพืชต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ การเจริญเติบโตของต้นกล้า และอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ยาสูบ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า., *34*(1), 100-108.

สุวารี ก่อเกษตรวิศว์. (2551). ผลของสารเคลือบที่มีต่อคุณภาพและอายุการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ ข้าวโพดหวาน. (ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น,

อมรรัตน์ ภู่ไพบูลย์ และพีระวรรณ วัฒนวิภาส (2552). สำรวจ รวบรวม และจำแนกรา *Pythium* สาเหตุโรคพืช.

รายงานผลงานวิจัยและพัฒนา กรมวิชาการเกษตร., 1477-1488.

อำนาจ ปานแก้ว. (2545). การจำแนกชนิดและทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคของเชื้อรา *pythium spp.* ที่แยกได้จากแปลงมะเขือเทศของศูนย์วิจัยและพัฒนาพืชเขตร้อน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,

Adaskaveg, J. E. (2022). *Fungicides, Bactericides, Biocontrols, and Natural Products*. California, Davis.

Anamarija, K., Gordan, B., and Ivan, S. (2012). Bentonite processing oplemenjivanje bentonite. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 24*, 61-65.

Anbalagan, A., Schwede, S., Lindberg, C.F. and Nehrenheim, E. (2016). Influence of hydraulic retention time on indigenous microalgae and activated sludge process. *Water Research, 91(11)*.

Asit, B. M. R., M. Pranit, M. and Sourav, D. (2015). Seed enhancement through priming, coating and pelleting for uniform crop stand and increased productivity. *Journal of the Andaman Science Association., 20*(1), 26-33.

Babaei, K., Moghaddam, M., Farhadi, N. and Pirbalouti, A.G. (2021). Morphological, physiological and phytochemical responses of Mexican marigold (*Tagetes minuta* L.) to drought stress. *Scientia Horticulturae, 284(3)*, 110-116.

Bartol, K. M. a. M., D. C. (1998). *Management, 3rd ed.* McGraw Hill, New York.

Bhim, J. a. S., B. (2016). Seed pelleting- A key for enhancing the seed quality. *RASHTRIYA KRISHI., 11*(1), 76-77.

Bruce, B. T., R. and Riggs, W. (2008). Alfalfa for Beef Cows. Western Beef Resource Committee. *Cattle Producer's Library, CL319*, 1-4.

Buhler, M. W., and Webster, T. H. (2005). *Handbook of ICC Arbitration: Commentary, Precedents, Materials*. London: Sweet & Maxwell.

Bülichen, D., Kainz, J. and Plank, J. (2012). Working mechanism of methyl hydroxyethyl cellulose (MHEC) as water retention agent. *Cement and Concrete Research, 42*(7), 953-959.

Chavan, S. S., Pavlov, V.V and Tracey, K. (2017). Mechanisms and Therapeutic Relevance of Neuro-immune Communication. *Immunity, 46(6)*, 927-942.

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

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

Couch, H.C. and Smith, B.D. (1991). Synergistic and antagonistic interactions of fungicides against *Pythium aphanidermatum* on perennial ryegrass. *Crop Protection, 10(5)*, 386-390.

Fabrício, B.P. and Ana, D.L.C.N (2011). PEARL MILLET SEED PELLETING. *Revista Brasileira de Sementes, 33*, 352 - 362.

Febrida, R., Cahyanto, A., Herda, E. and Vanitha, M. (2021). Synthesis and Characterization of Porous CaCO3 Vaterite Particles by Simple Solution Method. *Materials, 14(16)*, 4425.

Ford, J. L. (2014). Design and Evaluation of Hydroxypropyl Methylcellulose Matrix Tablets for Oral Controlled Release: A Historical Perspective. *AAPS Advances in the Pharmaceutical Sciences Series, 16*, 17-51.

Gurjar, P., Meena, L., and Verma, A. K. (2019). Diseases of Marigold (*Tagetes erecta*) and their

management: A Review. *International Journal of Advanced Scientific Research and Management, 4*(4), 137-144.

Hill, H. J. (1999). *Advances in seed technology*. Philadelphia, Pennsylvania: The Haworth Press, Inc.

ISTA. (2022). *International Rules for Seed Testing*. Bassersdorf, Switzerland.

Jandhyala, S. and Srinivas, C.R. (2017). Talcum powder and photoprotection. *Journal of Marine Medical Society, 19(1)*, 48-50.

Javed, T. and Afzal, I. (2020). Impact of seed pelleting on germination potential, seedling growth and storage of tomato seed. *International Society for Horticultural Science.*, 417-423.

Jha, C.K. and Saraf, M. (2015). Plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR): a review. *Agricultural Research and Development, 5(2)*, 108-119.

Kangsopa, J. Singsopa, A. and Thawong, N. (2023). A new mono-layer matrix for marigold (*Tagetes erecta* L.) seeds pelleting. *Seed Science and Technology, 52*(1), 1-10.

Kangsopa, J. Singsopa, A. and Thawong, N. (2023). Effects of different binder types and concentrations on physical and quality in marigold (*Tagetes erecta* L.) seed pelleting. *Songklanakarin J. Sci. Technol, 45*(4), 494-500.

Kongtragoul, P. (2021). Metalaxyl Resistance of Phytophthora palmivora Causing Durian Diseases in Thailand. *Horticulturae, 7(10)*, 375.

Konstantinov, G., and Petkov, M. (1982). Effect of seed coating on direct seedling in annual onion production. *Gradinarska I Lozarska Nauka, 19*(7), 51-56.

Kovalenko, P., Davis, J.D., Li, M., Rippley, R., Ardeleanu, M., Shumel, M., Graham, N.M.S., Pirozzi, G., Kamal, M.A. and DiCioccio, T. (2020). Base and Covariate Population Pharmacokinetic Analyses of Dupilumab Using Phase 3 Data *Clinical Pharmacology in Drug Development*, 756-767.

Krajewska, A. and Makowski, G. (2017). Corruption, anti-corruption and human rights: the case of Poland's integrity system. *Crime Law and Social Change, 68(4)*, 326-339.

Laemmlen, F. (2001). Damping-off diseases. University of California: ANR Publication.

Li, P. and Souleyrette, R. (2015). A Generic Approach to Estimate Freeway Traffic TimeUsing Vehicle ID-Matching Technologies. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 1-15.

Marco, C., Claudio, G., Theofilos, T., and Hugo, B. (2018). Physical properties of pumice and its behavior as a coarse aggregate in concrete. *Malaysian Construction Research Journal, 25(2)*, 85-95.

Marcos, C., Rodríguez, I., Clauzio de Rennó, L., and Paredes, L. (2014). Vermiculite surface structure as imaged by contact mode AFM. *Eur. J. Mineral, 2004*(16), 597-607.

Marta, V., and Gražyna, S. M. (2014). Vermiculite:Structural Properties and Examples of the Use. *intech Open science Open minds, 11*, 209-238.

Narasimha, P. K. (1994). *Studies on certain aspects of seed management in soybean (Glycine max Merill.).* (Ph. D.Thesis). TNAU, Coimbatore.

Nasatto, P., Pignon, F., Silveira, J., Duarte, M., Noseda, M., and Rinaudo, M. (2015). Methylcellulose, a Cellulose Derivative with Original Physical Properties and Extended Applications. *Polymers, 7*, 777-803.

Orchard, T. (1977). Estimating the parameters of plant seedling emergence. *Seed Science and*

Technology, 5, 61–69.

Pedrini, S., Bhalsing, K., Cross, A. and Dixon, K.W. (2018). Protocol Development Tool (PDT) for seed encrusting and pelleting. *Seed Science and Technology, 46(2)*, 399-405.

Reuveni, R. (1982). Fusarium equiseti-A new cause of cumin spice plant wilt in Israel. *Plant Disease, 66(6)*, 498-502.

SB, R. A. a. N. (2010). Characterization of novel photocrosslinked carboxymethylcellulose hydrogels for encapsulation of nucleus pulposus cells. *Acta Biomater, 6*, 179-186.

Schroeder, K. L., Martin, F.N., Cock, A. and Lévesque, A. (2013). Molecular Detection and Quantification of Pythium Species: Evolving Taxonomy, New Tools, and Challenges. *Plant Disease, 97(1)*, 4-20.

Sharma, K. K., Singh, U. S., Sharma, P., Kumar A., & Sharma L. (2015). Seed treatments for sustainable agriculture-A review. *Journal of Applied and Natural Science., 7*(1), 521-539.

Srimathi, P., Mariappan, N., Sundaramoorthy, L., & Paramathma, M. (2013). Effect of organic seed pelleting on seed storability and quality seedling production in biofuel tree species. *Journal of Horticulture and Forestry., 5*(5), 68-73.

Suriyatem, R., Noikang, N. Kankam, T. Jantanasakulwong, K. Leksawasdi, N. Phimolsiripol, Y. Insomphun, C. Seesuriyachan, P. Chaiyaso, T. and Jantrawut, P. (2020). Physical Properties of Carboxymethyl Cellulose from Palm Bunch and Bagasse Agricultural Wastes: Effect of Delignification with Hydrogen Peroxide. *Polymers, 12(7)*, 1-16.

Taylor, A.G. Allen, P.S. Bennett, M.A. Bradford K.J. and Misra M.K (1998). Seed enhancements. *Seed Science Resenuh., 8*, 245-256.

Tiwari, P., Kumar, B., Kaur, M., Kaur, G. and Kaur, H. (2011). Phytochemical screening and Extraction: A Review *Internationale Pharmaceutica Sciencia, 1(1)*, 98-105.

Uzuhashi, S., Tojo, M. and Kakishima, M. (2010). Phylogeny of the genus Pythium and description of new genera. *Mycoscience, 51(5)*, 337-365.

Valásková, M. and Martynková, G.S. (2012). *Vermiculite: Structural Properties and Examples of the Use*: Intech.

Vessey, J. K. (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil, 255*(2), 571–586.

Virto, I., Antón, R., Apesteguía, M. and Plante, A.F. (2018). Role of Carbonates in the Physical Stabilization of Soil Organic Matter in Agricultural Mediterranean Soils. *Soil Management and Climate Change*, 121-136.

Wakita, Y., Hirai, S., Suehiro, T. and Hori, T. (2001). Information Sharing via Projection Function for Coexistence of Robot and Human. *Autonomous Robots, 10(3)*, 267-277.

Wei, B. and Yang, L. (2010). A Review of Heavy Metal Contaminations in Urban Soils, Urban Road Dusts and Agricultural Soils from China. *Microchemical Journal, 94*, 99-107.

Wu, Y.W. and Andreas von, T. (2002). Impact of fungicides on active oxygen species and antioxidant enzymes in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) exposed to ozone. *Environ Pollut, 116(1)*, 37-47.

Yogeesha, H.S. Panneerselvam, P. Bhanuprakash, K. and Hebbar, S.S. (2017). Standardization of protocol for seed pelleting in onion (Allium cepa) to improve seed handling. *Indian Journal*

of Agricultural Sciences., 87(7), 975-980.

Zenk, P. (2004). Seed coatings get serious. Retrieved from http://farmindustrynews.com/mag/ (5 June 2023). http://farmindustrynews.com/mag/ (5 June 2023).

Zhivkov, A. M. (2013). Electric Properties of Carboxymethyl Cellulose. *IntechOpen*, 1-36.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล อรัญญา สิงโสภา

เกิดเมื่อ 04 สิงหาคม 2541

ประวัติการศึกษา ระดับปริญญาตรี

หลักสูตร : วิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขา : เกษตรศาสตร์

คณะ : เทคโนโลยีการเกษตร

สถาบัน : มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตสระแก้ว

ปีที่ศึกษา :2559 ถึง 2562

GPAX : 3.83 ได้เกียรตินิยมอันดับ : 1

ประวัติการทำงาน พ.ศ. 2564-2565 เป็นผู้ช่วยสอนภาคบรรยายในรายวิชากระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว แก่นักศึกษาระดับปริญญาตรีคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2564-2565 เป็นผู้ช่วยสอนภาคปฏิบัติในรายวิชากระบวนการหลังการเก็บเกี่ยว แก่นักศึกษาระดับปริญญาตรีคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2564-2566 มีประสบการณ์การเป็นผู้ช่วยสอนการเรียนรู้อิสระ แก่นักศึกษาระดับปริญญาตรี คณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2564- 2566 มีประสบการณ์การเป็นผู้ช่วยสอนปัญหาพิเศษ แก่นักศึกษาระดับปริญญาตรีทั้ง 2 ปีและ 4 ปีคณะผลิตกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

พ.ศ. 2567 มีประสบการณ์การเป็นผู้ช่วยสอนปัญหาพิเศษ แก่นักศึกษาระดับปริญญาตรีหลักสูตร สวก. คณะผลิตกรรมการเกษตรมหาวิทยาลัยแม่โจ้