การเตรียมเมล็ดพันธุ์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ (*Oryza sativa* L.)

SEED PRIMING FOR QUALITY IMPROVEMENT OF UPLAND RICE (*ORYZA SATIVA* L.) SEED

นัฐวรรณ บุษบา

NATTAWAN BUSSABA

วิทยานิพนธ์เล่มนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเกษตรศาสตร์

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2568

KMITL-2025-AG-M-065-459

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SEED PRIMING FOR QUALITY IMPROVEMENT OF UPLAND RICE (*ORYZA SATIVA* L.) SEED

NATTAWAN BUSSABA

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN AGRONOMY

SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2025

KMITL-2025-AG-M-065-459

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2025
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเตรียมเมล็ดพันธุ์เพื่อปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ (*Oryza sativa* L.)
ชื่อนักศึกษา	นัฐวรรณ บุษบา
รหัสประจำตัว	61604012
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เกษตรศาสตร์
พ.ศ.	2567
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร. ปัทมา นิตไธสง
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	-

บทคัดย่อ

การปลูกพืชด้วยเมล็ดพันธุ์ที่เสื่อมคุณภาพ ทำให้การงอกของเมล็ด การตั้งตัวของต้นกล้า และการให้ผลผลิตลดลง การเตรียมเมล็ดพันธุ์ก่อนนำไปปลูกสามารถปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พืชได้หลายชนิด จึงทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์เล็บนกและสามเดือน ที่ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ ระหว่างพฤศจิกายน 2562-กุมภาพันธ์ 2563 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ จำนวน 4 ซ้ำ วิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์ 10 วิธี ดังนี้ แช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำพร้อมให้ก๊าซออกซิเจนที่ 18°C (hydropriming) เป็นเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง แช่เมล็ดพันธุ์ในสารละลายโปแตสเซียมไนเตรด (KNO_3) เข้มข้น 1.0% พร้อมให้ก๊าซออกซิเจนที่ 18°C (osmopriming) เป็นเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง แช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง (traditional soaking) เปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่มีการเตรียมการงอก ผลการทดลองพบว่า วิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์ที่แตกต่างกันทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์เล็บนกมีเปอร์เซ็นต์ความงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดยเมล็ดพันธุ์ที่เตรียมการงอกด้วยวิธี hydropriming เป็นเวลา 72 ชั่วโมง มีความงอกสูงสุดเท่ากับ 75.0% และเมล็ดพันธุ์ที่เตรียมการงอกด้วยวิธี osmopriming 48 ชั่วโมง มีความงอกต่ำสุดเท่ากับ 45.5% ขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เตรียมการงอกมีความงอก 59.0% ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า hydropriming เป็นเวลา 72 ชั่วโมง สามารถเพิ่มความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์เล็บนกได้อย่างมีนัยสำคัญ ส่วนผลของการเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือนพบว่า การเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการที่แตกต่างกันทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือนมีความงอกและความแข็งแรงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธี hydropriming เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง และวิธี osmopriming เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เป็นวิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือนมีความงอกเพิ่มขึ้นเป็น 83.50, 81.50, 83.00 และ 83.00% ตามลำดับ สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เตรียมการงอก (71.00%) ขณะที่เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เตรียมการงอกตามวิธีของเกษตรกรมีความงอก 76.50% ผลการทดลอง แสดงให้เห็นว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์เล็บนกและสามเดือนตอบสนองต่อการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน โดยวิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์เล็บนกที่เหมาะสมคือ hydropriming เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ส่วนพันธุ์สามเดือนวิธี hydropriming เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง และวิธี osmopriming เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เป็นวิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสม ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือนมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่มีการเตรียมการงอกอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

คำสำคัญ: กระตุ้นการงอก ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ ไฮโดรไพรมมิง ออสโมไพรมมิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Seed Priming for Quality Improvement of Upland Rice (*Oryza sativa* L.) Seed
Student Name	Miss Nattawan Bussaba
Student ID	61604012
Degree	Master of Science
Department	Agronomy
Year	2024
Thesis Advisor	Dr. Pattama Nitthaisong
Thesis Co-advisor	-

Abstract

Planting with deteriorated seeds lead to decrease in germination, seedling establishment, and yield productivity. Pre-sowing treatments had had increased seed germination of various crop species. This experiment was conducted to study an effect of seed priming on germination and vigor of the Lebnok and Samdeun upland rice seeds at the laboratory of seed technology, School of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, during Nov, 2016-Feb, 2018. Completely randomized design with 4 replications was used. Seed priming as follow: soaking in water with oxygen pumping (hydropriming) at 18°C for 24, 48, 72, 96-h, soaking in 1.0% KNO_3 with oxygen pumping (osmopriming) at 18°C for 24, 48, 72, 96-h, soaking in water for 24 h at room temperature (traditional soaking), and a non-primed was control treatment. For the Lebnok, priming methods showed significantly affected ($p \leq 0.01$) on germination percentage and all the tested vigors. Hydropriming 72 h had highest germination of 75.0% while, osmopriming 48 h had lowest germination of 45.5%, and a non-primed was 59.0%. The results suggested that hydropriming for 72 h would significantly increase germination percentage of the Lebnok upland rice seed. The results for the Samdeun upland rice seed was founded that pre-sowing treatments showed significantly affected on germination percentage ($p \leq 0.05$) and all the tested vigors. Hydropriming 24, 48, 72 h and osmopriming 24 h were the best pre-sowing treatments for the Samdeun upland rice seeds which, germination of 83.50, 81.50, 83.00, and 83.00%, respectively, highly significant ($p \leq 0.05$) to a non-treated seeds which germination of 71.00%, while the traditional soaking had germination of 76.50%. Results indicated that the appropriate pre-sowing treatments for Lebnok and Samdeun

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

seeds were difference. Hydropriming 72 h was the best for the Lebnok while, hydropriming for 24, 48, 72 h, and osmopriming 24 h were an appropriated methods with highly significant ($p \leq 0.05$) to a non-primed seeds for the Samdeun.

Keywords: Seed priming, seed germination and vigor, hydropriming, and osmopriming

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จอย่างสมบูรณ์ได้ด้วยความช่วยเหลือจากบุคคลหลาย ๆ ท่าน ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ดร.ปัทมา นิตไธสง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผศ.ดร. ธีรวัฒน์ ศรุตโยภาส อาจารย์พิเศษในหลักสูตรฯ ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางในการวางแผนการทำงานวิจัย และได้ถ่ายทอดวิชาความรู้ทั้งด้านวิชาการ สังคม จริยธรรม อีกทั้งยังช่วยตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. พจนา สีขาว และ ผศ.ดร. มัลลิกา กิลาโส คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำตลอดจนการตรวจแก้ไข ทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอบขอบพระคุณคณาจารย์ และเจ้าหน้าที่ คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่อนุเคราะห์เครื่องมือ อุปกรณ์และสถานที่ในการดำเนินการทดลอง รวมถึงคำแนะนำในเรื่องต่าง ๆ ด้วยความเมตตาต่อข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณพี่ ๆ เพื่อน ๆ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร์ และน้อง ๆ นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร์ วิชาเอกพืชไร่ทุกคนที่มีส่วนช่วยเหลือทั้งกำลังแรงกายแรงใจตลอดการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้แก่บิดามารดาและบุคคลในครอบครัวทุกท่านที่มีส่วนในการส่งเสริม อบรมสั่งสอน ปลูกฝังจริยธรรมที่ดี รวมถึงสนับสนุนช่วยเหลือทั้งแรงกายแรงใจและทุนทรัพย์ในระหว่างการศึกษา ตลอดจนครูอาจารย์ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้าตลอดมา

นางสาวนัฐวรรณ บุษบา

วันที่ 5 กันยายน พ.ศ. 2567

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....ค
กิตติกรรมประกาศ.....จ
สารบัญ.....ฉ
สารบัญตาราง.....ซ
สารบัญภาคผนวก.....ญ
สารบัญภาคภาพ.....ฏ
บทที่ 1 บทนำ......1
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา.....1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....3
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....3
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4
2.1 พันธุ์ข้าว.....4
2.2 คุณภาพของเมล็ดพันธุ์.....5
2.3 การงอกและปัจจัยที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์.....6
2.4 การเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์.....7
2.5 การเตรียมเมล็ดพันธุ์โดยวิธีการเพิ่มความชื้นในเมล็ดพันธุ์ (Seed priming).....9
2.6 การดูดซับน้ำในการงอกและการเพิ่มความชื้นในเมล็ดพันธุ์ (seed priming).....9
2.7 การดูดซับน้ำกับค่าศักย์ของน้ำในกระบวนการเพิ่มความชื้นในเมล็ดพันธุ์ (seed priming).....11
2.8 วิธีการเพิ่มความชื้นในเมล็ดพันธุ์ (seed priming).....12
2.9 ปัจจัยที่มีผลต่อการตอบสนองต่อการเตรียมการงอกของเมล็ดพันธุ์.....13
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการ.....16
3.1วิธีการทดลอง.....16
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....16
3.3 สถานที่ดำเนินงาน.....17
3.4 ระยะเวลาดำเนินงาน.....17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.5 วิธีการดำเนินงาน....17

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูล....20

บทที่ 4 ผลการทดลอง....21

4.1 ผลการทดลองกับเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์เล็บนก....21

4.2 ผลการทดลองกับเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือน....27

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง....33

บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง....33

บรรณานุกรม....34

ภาคผนวก....40

ประวัติผู้เขียน....52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 ผลของวิธีการเตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอก ดัชนีความงอก
และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์เล็บนกทดสอบใน
ห้องปฏิบัติการ.....24
4.2 ผลของวิธีการเตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อพลังงานในการงอก
เวลาในการงอก 50%และค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายแช่เมล็ด
พันธุ์ข้าวไร่พันธุ์เล็บนกทดสอบในห้องปฏิบัติการ.....25
4.3 สหสัมพันธ์ระหว่างความงอกกับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์เล็บนกทดสอบใน
ห้องปฏิบัติการ.....26
4.4 ผลของวิธีการเตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอก
ดัชนีความงอกและเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือน
ทดสอบในห้องปฏิบัติการ.....31
4.5 ผลของวิธีการเตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อพลังงานในการงอก
เวลาในการงอก 50%และค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายแช่เมล็ด
พันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือนทดสอบในห้องปฏิบัติการห้องปฏิบัติการ.....32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรง ความมีชีวิตและการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์.....	8
2.2	การดูดซับน้ำในการงอกและการทำ seed priming ของเมล็ดพันธุ์.....	10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก

ตารางผนวกที่		หน้า
1	เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์เล็บนกจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี	42
2	ดัชนีความงอก (GI) ของเมล็ดข้าวพันธุ์เล็บนกจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี	42
3	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอกหลังการเพาะ (MGT) ของเมล็ดข้าวพันธุ์เล็บนกการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี	43
4	พลังงานที่ใช้ในการงอก (GE) ของเมล็ดข้าวพันธุ์เล็บนกจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี	43
5	เวลาที่ใช้ในการงอก 50% (T_{50}) หลังการเพาะ (วัน) ของเมล็ดข้าวพันธุ์เล็บนกจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี	44
6	ค่าการรั่วไหล (EC) ของเมล็ดข้าวพันธุ์เล็บนกจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี	44
7	เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์สามเดือนจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี	45
8	ดัชนีความงอก (GI) ของเมล็ดข้าวพันธุ์สามเดือนจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี	45
9	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก (MGT) ของเมล็ดข้าวพันธุ์สามเดือนจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี	46
10	พลังงานที่ใช้ในการงอก (GE) ของเมล็ดข้าวพันธุ์สามเดือนจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางภาคผนวก (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
11	เวลาในการงอก 50% (T_{50}) (วัน) ของเมล็ดข้าวพันธุ์สามเดือนจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี.....	47
12	ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายจากการแช่เมล็ดข้าวพันธุ์สามเดือนหลังจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี.....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพภาคผนวก

ภาพผนวกที่		หน้า
1	การวัดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนทำการทดลองและตรวจนับใส่ถุง 50 เมล็ด/ถุง.....	49
2	การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวในสารละลาย Clorox เข้มข้น 10% นาน 20 นาที เพื่อฆ่าเชื้อราที่อาจติดอยู่ภายนอกเมล็ดพันธุ์.....	49
3	การทำ hydropriming ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส.....	49
4	การทำ osmopriming ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส.....	50
5	เมล็ดข้าว 2 พันธุ์ที่ผ่านการทำ hydropriming และ osmopriming	50
6	การเพาะเมล็ดข้าวทั้ง 2 พันธุ์ลงบนกระดาษเพาะ.....	50
7	การนำเมล็ดข้าวไปบ่มเพาะในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส.....	51
8	การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวในน้ำกลั่นเพื่อตรวจวัดการรั่วไหลของสารประกอบในเมล็ดพันธุ์.....	51
9	การตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายในน้ำกลั่นที่ใช้แช่เมล็ดพันธุ์ข้าว.....	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ข้าว (rice) ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Oryza sativa* L. เป็นพืชอาหาร (food crop) ที่เป็นแหล่งพลังงานประเภทคาร์โบไฮเดรตสำคัญของประชากรโลก โดยฉพาะในทวีปเอเชียที่ประชากรส่วนใหญ่บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก (staple food) ข้าวเป็นพืชที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยในปีการผลิต 2564/65 และ 2565/66 ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวรวมทั้งนาปีนาปรัง 71.35 และ 72.39 ล้านไร่ ได้ผลผลิตข้าวเปลือกที่ความชื้น 15% รวม 32.12 และ 32.88 ล้านตัน ผลผลิตเฉลี่ยทั้งนาปีนาปรัง 450.1 และ 454.3 กก./ไร่ ตามลำดับ (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2567) ในจำนวนนี้เป็นพื้นที่ปลูกข้าวไร่ประมาณ 1.2 ล้านไร่/ปี โดยทั้งหมดปลูกในฤดูฝนเพียงปีละครั้งและอาศัยเฉพาะน้ำฝน พันธุ์ข้าวไร่ที่กรมการข้าวแนะนำในปัจจุบันมีเพียง 10 พันธุ์ ได้แก่ กู้เมืองหลวง ขาวโป่งไคร้ ดอกพะยอม ซิวแม่จัน เจ้าฮ่อ น้ำรู เจ้าลีซอสันป่าตอง เจ้าขาวเชียงใหม่ เหนียวดำช่อไม้ไผ่ 4 และอาร์ 258 (กรมการข้าว, 2560) ให้ผลผลิตระหว่าง 210-456 กก/ไร่ (กรมการข้าว, 2556) แต่เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้พันธุ์พื้นเมืองที่เก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้เอง ซึ่งการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ตามวิธีของเกษตรกรที่ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเป็นเวลาประมาณ 7-8 เดือน ก่อนถึงฤดูกาลเพาะปลูกในปีถัดไปย่อมทำให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพ

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ของเกษตรกรทำได้เพียงรักษาหรือคงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ให้เสื่อมช้าที่สุด ดังนั้นการจะเก็บรักษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ไว้ให้คงที่หรือเสื่อมช้าได้นานเพียงใดจึงขึ้นอยู่กับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ก่อนการเก็บรักษา ซึ่งขึ้นกับสภาพแวดล้อมในระหว่างการพัฒนาของเมล็ดบนต้นแม่ในแปลงปลูก ความสมบูรณ์ของเมล็ดพันธุ์และการสุกแก่ของเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์มีความสมบูรณ์ทางกายภาพ มีความงอกและความแข็งแรงเบื้องต้นสูง จึงมีแนวโน้มที่จะเก็บรักษาไว้ได้นานกว่าเมล็ดพันธุ์ที่คุณภาพต่ำ เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการการยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ (seed enhancements) ด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การเตรียมการงอก การเคลือบ หรือการพอก จะต้องมีการเก็บรักษาอย่างดี จึงจะคงรักษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ให้เสื่อมช้าลงได้ (บุญมี ศิริ, 2555)

การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เป็นขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญมากในกระบวนการปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์เพื่อป้องกันความเสียหาย และลดอัตราการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์จนกระทั่งนำเมล็ดพันธุ์ไปปลูก การเก็บรักษาที่ดีจะช่วยรักษาคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ให้ยังคงความงอกและความแข็งแรงไว้ได้นาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวางแผนหรือเตรียมการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ให้คงคุณภาพอยู่ในระดับสูงไว้ได้นานๆ ต้องทำความเข้าใจถึงปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ ตั้งแต่การปฏิบัติดูแลรักษาในขณะที่พืชเจริญเติบโตและพัฒนาเมล็ดพันธุ์อยู่ในแปลงปลูก การเก็บเกี่ยว การปฏิบัติต่อเมล็ดพันธุ์หลังการเก็บเกี่ยว (post harvest processing) จนกระทั่งการจัดสภาพในโรงเก็บเมล็ดพันธุ์ให้เหมาะสมจึงจะคงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ไว้สำหรับใช้เพาะปลูกเพื่อให้เมล็ดพันธุ์มีการงอกสม่ำเสมอ ได้ต้นกล้าที่ตั้งตัวได้ดี แข็งแรงและให้ผลผลิตคุ้มค่ากับการลงทุนเพาะปลูก (สุชาดา เวียรศิลป์, 2551)

ความชื้นของเมล็ดพันธุ์มีอิทธิพลอย่างมากต่อการเก็บรักษาและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ เนื่องจากอัตราการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้นเมื่อเมล็ดพันธุ์มีความชื้นมาก และอุณหภูมิในห้องเก็บสูง โดยเฉพาะเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นสูงเกินกว่า 13% มีแนวโน้มทำให้เมล็ดพันธุ์เสื่อมคุณภาพได้ง่ายและหากความชื้นของเมล็ดพันธุ์สูงเกิน 18% จะทำให้เกิดความร้อนสะสมขึ้นในกองเมล็ดพันธุ์ ซึ่งเป็นอันตรายต่อเมล็ดพันธุ์และยังส่งเสริมให้แมลงและเชื้อราเจริญได้ดีอีกด้วย ในที่สุดเมล็ดพันธุ์ที่มีความชื้นสูงกว่า 18% จะเน่าเสีย ที่ความชื้นของเมล็ดพันธุ์สูงระดับนี้ จึงไม่สามารถเก็บรักษาไว้ใช้เป็นวัสดุปลูกได้ (สุชาดา เวียรศิลป์, 2551; บุญมี ศิริ, 2552) โดยทั่วไปความชื้นของเมล็ดพันธุ์ธัญพืช เช่น ข้าว ข้าวโพด ข้าวสาลี ฯลฯ ก่อนการเก็บรักษาไม่เกิน 12% ความชื้นสัมพัทธ์อากาศในห้องเก็บประมาณ 55% และอุณหภูมิในห้องเก็บไม่เกิน 10°C เป็นสภาพการเก็บรักษาที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ให้คงคุณภาพอยู่ได้เป็นเวลาไม่น้อยกว่า 12 เดือน อย่างไรก็ตามสำหรับเกษตรกรรายย่อยหรือเกษตรกรโดยทั่วไปแล้วมักจะเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ในสภาพที่ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิและความชื้นได้ จึงส่งผลให้เมล็ดพันธุ์ที่เกษตรกรใช้เพาะปลูกมีคุณภาพลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อตรวจสอบคุณภาพและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์เล็บนกและข้าวพันธุ์สามเดือนที่ผ่านการเก็บรักษามาแล้วเป็นเวลา 12 เดือน

1.2.2. เพื่อศึกษาคุณภาพและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์เล็บนกและข้าวพันธุ์สามเดือนด้วยวิธีการที่แตกต่างกัน

1.2.3. เพื่อหาวิธีการเตรียมการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์เล็บนกและข้าวพันธุ์สามเดือน ที่เหมาะสมในการเผยแพร่ให้เกษตรกรนำไปประยุกต์ใช้

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.) ทำให้ทราบว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวเล็บนกและเมล็ดพันธุ์ข้าวสามเดือน ที่เก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิ 6 °c นาน 12 เดือน มีคุณภาพเมล็ดอย่างไร

2.) เพื่อให้ทราบว่าการเตรียมการงอกสามารถปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวเล็บนกและเมล็ดพันธุ์ข้าวสามเดือนให้ดีขึ้นได้หรือไม่

3.) เพื่อให้ทราบวิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวเล็บนกและเมล็ดพันธุ์ข้าวสามเดือนที่เหมาะสมในการนำไปแนะนำให้เกษตรกรต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 พันธุ์ข้าว

เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ที่เก็บรักษาในสภาพควบคุมความชื้น และอุณหภูมิเป็นเวลา 12 เดือนที่ใช้ในการทดลองจำนวน 2 พันธุ์คือ เมล็ดพันธุ์เล็บนกและพันธุ์สามเดือน

ข้าวไร่พันธุ์เล็บนก

เป็นข้าวไร่ที่ได้จากการสำรวจและรวบรวมพันธุ์ข้าวไร่ในจังหวัดชุมพร ปี พ.ศ. 2543 ได้รับการยืนยันจากกำนันตำบลหินแก้ว อำเภอท่าแซะ จังหวัดชุมพร (นายบุญเลิศ ศรีชาติ อายุ 64 ปี) ว่าเป็นพันธุ์ข้าวไร่พื้นเมืองที่ใช้ปลูกในท้องที่ของจังหวัดชุมพรมาเป็นเวลานาน ตั้งแต่ปู่ ย่า ตา ยาย ต่อมาในปี พ.ศ. 2544 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ได้รวบรวมพันธุ์มาปลูกศึกษาพันธุ์ จากการศึกษา พบว่า มีความแปรปรวนภายในพันธุ์คือพันธุ์ไม่บริสุทธิ์ และมีคุณภาพไม่ดีและในปี พ.ศ. 2548-2550 ได้นำเอาเมล็ดพันธุ์มาปลูกคัดเลือกพันธุ์ โดยวิธีคัดรวมหรือการคัดเลือกเป็นหมู่ (mass selection) เพื่อให้พันธุ์มีลักษณะปรากฏต่าง ๆ ดีเด่นและสม่ำเสมอกันมากขึ้นโดยที่ภายในประชากรอาจมีหลายจีโนไทป์ (mix uniform phenotypic homozygous) ทำให้ปรับตัวต่อสภาพพื้นที่ปลูกเป็นที่ดอนหรือสภาพไร่ได้ดีขึ้น โดยคัดเลือกต้นที่มีลักษณะต่าง ๆ ดีเด่นและมีความสม่ำเสมอไว้ประมาณ 25-30% ของประชากร ทำการศึกษาลักษณะประจำพันธุ์ ในปี พ.ศ. 2551 ที่สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ตำบลหินแก้ว อำเภอท่าแซะ และทำการขยายเมล็ดพันธุ์เผยแพร่ในปี พ.ศ. 2552 ลักษณะเด่นของข้าวพันธุ์เล็บนก คือ ปรับตัวกับการปลูกสภาพไร่ได้ดี ทนแล้ง เหมาะสำหรับปลูกเป็นข้าวไร่ในภาคใต้ และปลูกเป็นพืชแซมในสวนยางพารา ปาล์มน้ำมัน มะพร้าว และไม้ผล คอรวงยาว การชูรวงดี เหมาะสำหรับเก็บเกี่ยวด้วยแกะ ต้านทานโรคไหม้ (rice blast) มีกลิ่นหอม คุณภาพการสีดี เมล็ดยาวเรียว อาจใช้ปลูกบนที่ดอนหรือที่ราบสูง ไม่มีน้ำขัง หรืออาจปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ ผลิตเป็นข้าวกล้อง ข้าวซ้อมมือ (นิรนาม, 2559)

ข้าวไร่พันธุ์สามเดือน

ข้าวพันธุ์สามเดือนเกิดจากการศึกษา สำรวจ รวบรวมข้าวพันธุ์พื้นเมืองในภาคใต้ของประเทศไทย และคัดเลือกพันธุ์ให้บริสุทธิ์โดย รศ.ดร.ร่วมจิตร นกเขา อาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วิทยาเขตชุมพร ลักษณะเด่นของข้าวไร่พันธุ์สามเดือนคือ เป็นพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์พื้นเมืองที่ไม่ไวแสง สามารถปลูกได้ตลอดทั้งปี อาจปลูกบนที่ดอนในฤดูฝนเป็นข้าวไร่หรือปลูกในสภาพไร่ หรืออาจปลูกเป็นข้าวนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวน นาน้ำฝนหรือนาปรังก็ได้ ปรับตัวต่อสภาพแวดล้อมได้กว้าง ทนแล้งได้ดี ทนการหักล้มได้ดี ต้นสูงประมาณ 88-90 cm ข้าวหุงสุกค่อนข้างนุ่ม ปริมาณอะมิโลส 19.5 %

2.2 คุณภาพของเมล็ดพันธุ์

เป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญมากประการหนึ่งต่อผลผลิตของพืชปลูกทุกชนิด ทั้งนี้เมล็ดพันธุ์พืชจะมีความงอกและความแข็งแรงสูงสุดที่ระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยา หลังจากนั้นคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ก็จะเริ่มลดลงโดยไม่สามารถหยุดหรือระงับการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ได้ ทำได้เพียงการชะลออัตราการเสื่อม (Dornbos 1995 ; Finch-Savage 1995; จิรวัฒน์ บุญสิน และคณะ, 2554 ; อารมณ์ ศรีพิจิตต์, 2555 ; นัฐวรรณ บุษบา และคณะ, 2560 ; สุนันทรา บรรจบพุดซา, 2564) คุณภาพของเมล็ดพันธุ์รวมถึงอัตราการเสื่อมคุณภาพขึ้นกับชนิดพืช พันธุ์หรือพันธุกรรมและสภาพแวดล้อม ทั้งสภาพแวดล้อมในขณะที่เมล็ดกำลังพัฒนาบนต้นแม่ในแปลงปลูกและสภาพแวดล้อมในระหว่างการเก็บรักษา โดยปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่สำคัญมากคือ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศ ซึ่งลักษณะอากาศแบบร้อนชื้น (humid hot) เช่น สภาพอากาศในประเทศไทยจะส่งเสริมให้เมล็ดพันธุ์พืชเสื่อมคุณภาพได้เร็วกว่าลักษณะอากาศแบบแห้งและเย็น (dry cool) มีนักวิทยาศาสตร์หลายคณะพยายามปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการเสื่อมคุณภาพมาแล้วให้มีคุณภาพสูงขึ้น วิธีหนึ่งที่มีรายงานว่าได้ผลดี สามารถปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พืชหลายชนิดให้มีคุณภาพสูงขึ้นคือ การเตรียมการงอกโดยการควบคุมการดูดน้ำของเมล็ดพันธุ์ก่อนนำไปปลูก (seed priming) ทั้งนี้การเตรียมการงอกของเมล็ดพันธุ์มีหลายวิธี แต่วิธีที่ใช้กันมากคือ การแช่เมล็ดพันธุ์ในสารละลาย (osmopriming) รองลงมาคือ การแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำ (hydropriming) Mc Donald (2000) Farooq and Basra (2006) รายงานว่า การเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวโดยวิธี osmohardening ในสารละลาย KCl ที่มีค่าศักย์ของน้ำ -1.25 MPa ทำให้เมล็ดข้าวพันธุ์ KH282 มีความงอกเพิ่มขึ้นจาก 79.7% เป็น 87.7% และให้ผลผลิต สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญจาก 2.71 ตัน/เฮกตาร์ เป็น 3.23 ตัน/เฮกตาร์ เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เตรียมการงอก Abdallah *et al*. (2016) ศึกษาผลของวิธีการและเวลาในการเตรียมการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าว 3 พันธุ์ (Inpago-8, IR64, Situ Bagendit) รายงานว่า เวลาที่เหมาะสมสำหรับเตรียมการงอกโดยวิธี hydropriming และ osmopriming (PEG 100 gL^{-1}) คือ 30-36 และ 63-69 ชั่วโมง ตามลำดับ เมล็ดพันธุ์ข้าว 3 พันธุ์ มีความงอกเฉลี่ยสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เตรียมการงอกอย่างมีนัยสำคัญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การงอกและปัจจัยที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์

การงอกของเมล็ดเป็นปรากฏการณ์ที่เริ่มขึ้นเมื่อเมล็ดมีการดูดน้ำเข้าไป (imbibition) และการงอกสิ้นสุดลงเมื่อรากแทงผ่าน seed coat ออกมาให้เห็น การดูดน้ำของเมล็ดในระหว่างการงอกมี 3 ระยะ ซึ่ง ในระหว่างการดูดน้ำของเมล็ดจะเกิดกระบวนการทางชีวเคมีและสรีรวิทยาเกิดขึ้นภายในเมล็ด เช่น การสังเคราะห์เอนไซม์ การสังเคราะห์โมเลกุล การหายใจและการยืดตัวของเซลล์ จนเมล็ดมีการขยายขนาดมีการเจริญเติบโตของรากโผล่ออกมาให้เห็น ระหว่างการงอกภายในเมล็ดมีกระบวนการต่างๆ เกิดขึ้น เช่น การหายใจ การพัฒนาของ mitochondria การสังเคราะห์สารต่างๆ เป็นต้น

2.3.1 การดูดน้ำของเมล็ด

การดูดน้ำของเมล็ดในระหว่างการงอกแบ่งได้ 3 ระยะ (phase) 1) phase1 ระยะนี้มีการดูดน้ำเข้าไปในเมล็ดอย่างรวดเร็ว เกิดขึ้นได้ทั้งเมล็ดที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต หลังจากดูดน้ำเข้าไปในเมล็ดจะเกิดการทำงานของ metabolism ทันที 2) phase 2 ระยะนี้มีการดูดน้ำเข้าไปในเมล็ดช้าลงหรือไม่ดูดเลย เรียกว่า lag phase ระยะนี้เมล็ดจะเกิด metabolism ที่สำคัญเพื่อเตรียมพร้อมให้กับการงอกของราก เช่น มีการหายใจเพิ่มขึ้น เกิดกระบวนการซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่สึกหรอ มีการสังเคราะห์โปรตีนในเมล็ดเพิ่มขึ้น 3) phase 3 ระยะนี้เริ่มต้นเมื่อ embryo งอกรากผ่าน seed coat ออกมาให้เห็น ซึ่งถือว่าสิ้นสุดกระบวนการงอกแล้ว หลังจากนี้จะเข้าสู่ระยะภายหลังการงอก เมล็ดในระยะหลังการงอกจะมีการดูดน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วอีกครั้งด้วยวิธี osmosis ซึ่งสัมพันธ์กับการยืดตัวของรากและต้นกล้า นอกจากนี้ในระหว่างการดูดน้ำของเมล็ดสารประกอบภายในเมล็ด (amino acid, น้ำตาล , protein เป็นต้น) จะเกิดการรั่วไหลออกมา (leakage) แต่จะเกิดขึ้นเพียงแค่ระยะเวลาชั่วคราว

2.3.2 ปัจจัยสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์

1.) น้ำ เป็นปัจจัยแรกที่เมล็ดต้องการใช้ในการงอก เมื่อเมล็ดดูดน้ำเข้าไปในเมล็ดแล้ว น้ำจะไปกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ เพื่อย่อยอาหารสำรองให้มีขนาดเล็กลงและเคลื่อนย้ายไปยังอวัยวะต่างๆ ที่ต้องการใช้อาหารสำหรับการเจริญเติบโต

2.) อากาศ ที่จำเป็นต่อการงอก คือ ออกซิเจน (O_2) ส่วนอากาศที่จำเป็นต่อการเจริญพัฒนาของต้นกล้าคือ ออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซค์ CO_2 ทั้งนี้อากาศในบรรยากาศรอบผิวโลกจะประกอบไปด้วย ออกซิเจน 20% คาร์บอนไดออกไซค์ 0.03% และไนโตรเจน 80% หากเกิดการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนก๊าซในบรรยากาศทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวนี้ เช่นในกรณีที่มีคาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 0.03% และออกซิเจนลดลง จะทำให้อัตราการงอกของเมล็ดชะลอลง ในขณะที่ไนโตรเจนจะไม่มีผลต่อการงอก

3.) อุณหภูมิ ผลกระทบของอุณหภูมิต่อการงอกสามารถอธิบายได้ด้วยรูปแบบของ cardinal temperature แบ่งออกได้ 3 รูปแบบ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก) อุณหภูมิต่ำสุด (minimum temperature) ที่อุณหภูมิ ณ จุดนี้อัตราการงอกของเมล็ดจะช้ากว่าปกติ ยากต่อการกำหนดการงอกของเมล็ด

ข) อุณหภูมิเหมาะสม (optimum temperature) เป็นช่วงอุณหภูมิที่เมล็ดมีเปอร์เซ็นต์การงอกดีกว่าภายในเวลาที่สั้นกว่าช่วงอุณหภูมิอื่นๆ

ค) อุณหภูมิสูงสุด (maximum temperature) ที่อุณหภูมิ ณ จุดนี้จะเกิดการสูญเสียโปรตีนที่จำเป็นต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ไป

4.) แสง เมล็ดพันธุ์บางชนิดจำเป็นต้องใช้แสงในการงอก กว่าครึ่งของสายพันธุ์พืชมีการตอบสนองต่อแสงในการงอก คุณสมบัติของแสงที่สัมพันธ์กับการงอกของเมล็ดพันธุ์แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

ก) Light intensity ความเข้มของแสงมีอิทธิพลต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์บางชนิด และมีผลต่อเมล็ดพันธุ์ของพืชแต่ละสายพันธุ์แตกต่างกัน เมล็ดพืชบางชนิดต้องการความเข้มแสงเพียง 150 lux เมล็ดก็สามารถงอกได้ ในขณะที่สายพันธุ์อื่นอาจต้องการความเข้มแสงที่สูงกว่าในการงอก และความเข้มแสงที่สูงเกินไปอาจมีผลในการยับยั้งการงอกของเมล็ดพันธุ์

ข) Light quality การกระตุ้นการงอกของเมล็ดจะเกิดขึ้นดีที่สุดในช่วงคลื่นแสงสีแดง (660-700 nm) ในขณะที่ช่วงคลื่นแสงต่ำกว่า 290 ช่วงคลื่นแสงสีฟ้า (440 nm) และช่วงคลื่นแสงที่มากกว่า 700 จะยับยั้งการงอกของเมล็ดพันธุ์ (ดรุณี โชติษฐยางกูร. 2559)

2.4 การเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์

อายุของเมล็ดพันธุ์ (seed longevity) แตกต่างกันไปตามชนิดของพืช ยิ่งเก็บเมล็ดพันธุ์ไว้นานการเสื่อมคุณภาพจะเพิ่มขึ้นตามไปด้วย การเปลี่ยนแปลงของเมล็ดพันธุ์จะค่อยๆ เสื่อมลงจนกระทั่งทำให้เมล็ดพันธุ์ไม่งอก การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เริ่มเกิดขึ้นขณะที่เมล็ดยังอยู่กับต้นแม้ในระยะการสุกแก่แต่ยังไม่ทำการเก็บเกี่ยว (Kar-Ling Tao, 2001) การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ (Copeland and McDonald, 2001) และอายุของเมล็ดพันธุ์ ดังนั้นในช่วงที่เมล็ดพันธุ์สุกแก่ หากเกิดสภาพอากาศที่มีความชื้นสูง เช่น มีฝนตก สลับกับอุณหภูมิสูง อาจทำให้การเก็บเกี่ยวเมล็ดพันธุ์ล่าช้า ทำให้อัตราการเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้นเร็วกว่าปกติ ลักษณะการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เช่นนี้เรียกว่า การเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในไร่ (field weathering) Potts (1978) ทำการศึกษาผลของสภาพแวดล้อมหลังระยะสุกแก่ทางสรีรวิทยาที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง รายงานว่า ในสภาพที่อากาศมีความชื้นสูงอยู่ตลอดเวลาจะมีการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เร็วกว่าปกติ นอกจากนี้ในสภาพที่มีความชื้นสูงจะเกิดการเข้าทำลายของเชื้อราได้ง่ายเพราะอากาศที่มีความชื้นสูงเหมาะสมต่อการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

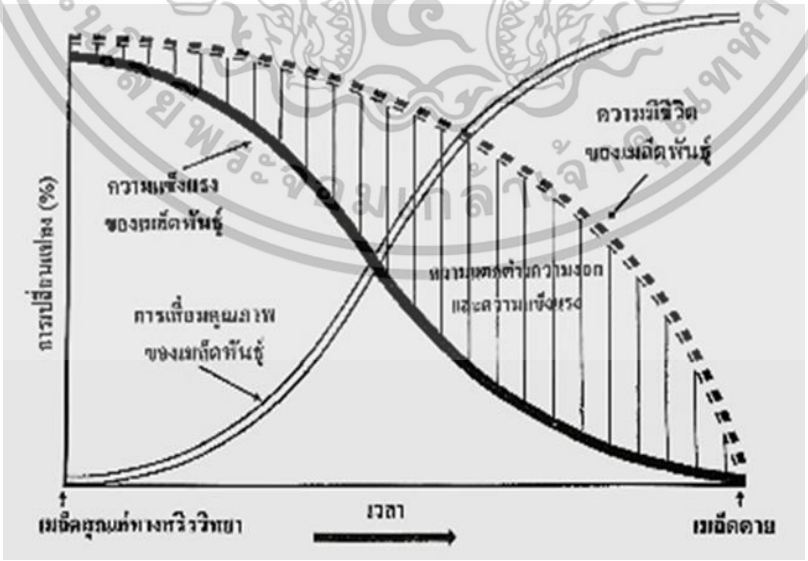
เจริญเติบโตของเชื้อราและยังทำให้สปอร์ของเชื้อราติดไปกับเมล็ดพันธุ์และสามารถเข้าทำลายคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษาอีกด้วย ซึ่งจะส่งผลต่อการงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ เมื่อนำไปปลูก นอกจากการเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในไร่แล้วในระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ก็สามารถเกิดการเสื่อมคุณภาพได้ ทั้งระหว่างการเก็บเกี่ยว การลดความชื้น การปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์หรือในระหว่างการเก็บรักษา (บุญมี ศิริ, 2558) การเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ไว้ในที่ที่ไม่เหมาะสม มีความชื้นสูง เช่น การเก็บเมล็ดพันธุ์ข้าวจะนิยมเก็บไว้ในกระสอบป่าน กระสอบปุ๋ยฯลฯ ทำให้เมล็ดพันธุ์ยังคงเกิดการเสื่อมคุณภาพเพราะว่าภาชนะที่ใช้ในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์เหล่านี้ไม่สามารถป้องกันการแลกเปลี่ยนความชื้นกับอากาศภายนอกได้และหากเมล็ดพันธุ์ถูกเก็บรักษาไว้ในสภาพนี้เป็นเวลานานเมล็ดพันธุ์ก็อาจไม่สามารถนำไปใช้ปลูกได้

Delouche and Baskin (1973) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์ไว้ 3 ประการ ได้แก่

2.4.1 Inexorable process การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ไม่สามารถป้องกันหรือหยุดยั้งได้ เนื่องจากเป็นขบวนการที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ แต่หากมีวิธีการเก็บรักษาที่ดีอาจจะสามารถช่วยชะลอการเสื่อมคุณภาพได้

2.4.2 Irreversible process ขบวนการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เมื่อเกิดขึ้นแล้วไม่สามารถคืนกลับสู่สภาพปกติได้ เนื่องจากการเสื่อมเกิดขึ้นในระดับเซลล์ จึงเป็นการยากที่เมล็ดจะกลับมาคุณภาพดีดังเดิม

2.4.3 การเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์จะแตกต่างกันไปตามชนิดพืช เมล็ดแต่ละกองหรือเมล็ดพันธุ์แต่ละเมล็ด แม้จะเป็นชนิด พันธุ์ และกองเดียวกันก็สามารถมีอัตราการเสื่อมคุณภาพแตกต่างกัน



ภาพที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรง ความมีชีวิตและการเสื่อมคุณภาพของเมล็ดพันธุ์
ที่มา: บุญมี ศิริ (2558) และจวงจันทร์ ดวงพัตรา (2529)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สาเหตุของการเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์ที่สำคัญคือ lipid peroxidation (McDonald. 2000) มีผลให้เมล็ดพันธุ์เกิดความเสียหายในระดับเซลล์ (Smith and Berjak, 1995) ซึ่งมีผลต่อการทำงานต่างๆ ภายในเซลล์เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งส่งผลต่อเซลล์ให้มีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเสื่อมคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ดังนี้ (1) การเสื่อมสภาพของเมมเบรน (2) กิจกรรมของเอนไซม์ลดลง (3) อัตราการหายใจลดลง (4) กรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น (5) เมล็ดพันธุ์งอกได้ในสภาพแวดล้อมที่จำกัด (6) อัตราการงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลง (7) ความสามารถในการเก็บรักษาลดลง (8) อัตราการเจริญและพัฒนาการของต้นกล้าลดลง (9) สูญเสียความทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่แปรปรวน (10) ความสม่ำเสมอของต้นกล้าในไร่ลดลง (11) เมล็ดพันธุ์เปลี่ยนสี (12) ผลผลิตลดลง (13) ความงอกในไร่ลดลง (14) ต้นกล้าผิดปกติเพิ่มขึ้น (จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529)

2.5 การเตรียมเมล็ดพันธุ์โดยวิธีการเพิ่มความชื้นในเมล็ดพันธุ์ (Seed priming)

มีการศึกษาเพื่อหาแนวทางปรับปรุงเมล็ดพันธุ์ที่มีการเสื่อมคุณภาพ หรือมีระดับคุณภาพต่ำกว่าที่ต้องการ ให้ระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ดีขึ้นหรือสูงขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ทั้งด้านสรีรวิทยาและชีวเคมีของเมล็ดพันธุ์หลายวิธีการ แต่วิธีการที่ยอมรับและใช้กันในปัจจุบันคือ การทำ seed priming โดยคำจำกัดความของการทำ seed priming คือ การเพิ่มความชื้นหรือแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำ หรือแช่เมล็ดพันธุ์ในสารละลายที่มีความเข้มข้นเหมาะสม อุณหภูมิที่เหมาะสม ในช่วงระยะเวลาที่นานเพียงพอที่จะทำให้เมล็ดมีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางเคมี ทำให้เมล็ดพันธุ์มีการเตรียมความพร้อมที่จะงอก จากนั้นจึงล้างสารละลายออกแล้วนำเมล็ดพันธุ์ไปลดความชื้นให้แห้งเท่ากับความชื้นเดิมก่อนการแช่เมล็ดพันธุ์ ก่อนนำไปปลูกหรือเก็บรักษาต่อไป Bewley and Black, (1982) ซึ่งเมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปเพิ่มความชื้นเมล็ดพันธุ์จะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา มีพลังงานเกิดขึ้นจากกระบวนการหายใจ นอกจากนี้ยังทำให้ผนังของเยื่อหุ้มเซลล์เกิดการเปลี่ยนแปลงในการจัดเรียงอย่างมีระเบียบ (reorganization of membrane) และเกิดการซ่อมแซม (repair) เซลล์และอวัยวะย่อยต่างๆ ที่เสื่อมสภาพ (McDonald, 1999 ; Siri *et al*., 2013 ; Krainart *et al*., 2015)

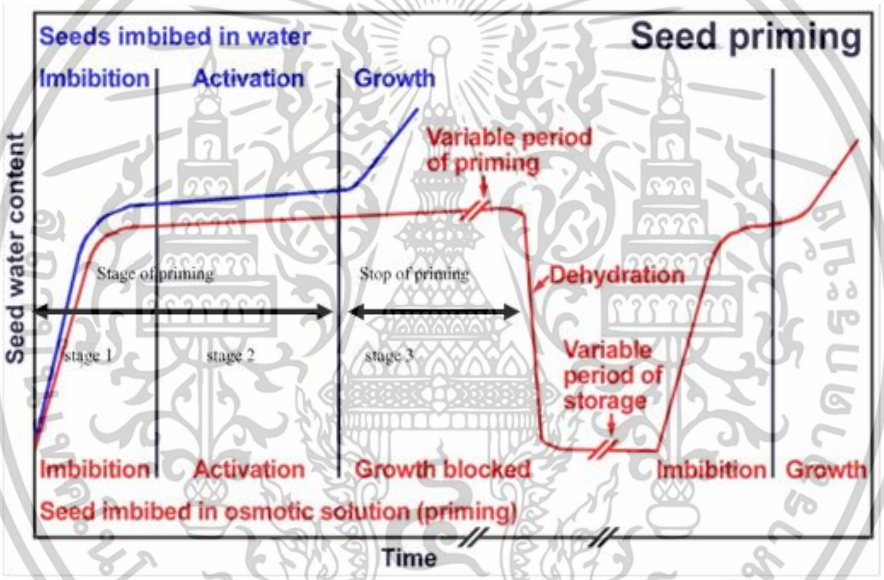
การทำ seed priming ให้ประสบความสำเร็จนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ ทั้งปัจจัยภายในเมล็ดพันธุ์เอง ได้แก่ ชนิดของเมล็ดพันธุ์ อายุของเมล็ดพันธุ์ คุณภาพเริ่มต้นของเมล็ดพันธุ์ฯลฯ ปัจจัยภายนอกเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ ชนิดของสารเคมี ความเข้มข้นที่ใช้ อุณหภูมิ เวลาในการแช่ ปริมาณออกซิเจน และอื่นๆ นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับวิธีการให้ความชื้นกับเมล็ดพันธุ์ วิธีการในการทำ seed priming และปัจจัยต่างๆ ที่เข้ามาเกี่ยวข้องนี้ทำให้ผลการทำ seed priming มีความแปรปรวนเกิดขึ้นแม้ทำในพืชชนิดเดียวกันก็ตาม โดยมีปัจจัยที่มีความเกี่ยวข้องกับการทำ seed priming ดังนี้

2.6 การดูดซับน้ำในการงอกและการเพิ่มความชื้นในเมล็ดพันธุ์ (seed priming)

กระบวนการดูดซับน้ำของเมล็ดพันธุ์นั้นมีความสำคัญต่อการงอกและการพัฒนาของต้นอ่อนในระหว่างการงอกมาก ซึ่งการดูดซับน้ำของเมล็ดพันธุ์ในขบวนการงอกของเมล็ดพันธุ์ โดยทั่วไปจะแบ่งเป็น 3 ระยะ ดังนี้ (วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2537 ; Bradford and Bewley, 2002)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระยะที่ 1 (phase 1) เมล็ดพันธุ์เริ่มดูดซับน้ำจากวัสดุต่างๆ หรือเมล็ดพันธุ์อาจแช่อยู่ในน้ำซึ่งอัตราเร็วของการดูดซับน้ำขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ การดูดซับน้ำนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วทั้งในเมล็ดที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต รวมทั้งเมล็ดพันธุ์ที่มีการพักตัวด้วยส่วนใหญ่น้ำจะซึมผ่านช่องเปิด (micropyle) ของเมล็ดพันธุ์ หรือซึมเข้าผ่านเปลือกหรือเยื่อหุ้มเมล็ดพันธุ์ อัตราการดูดซับน้ำจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วในระยะแรกที่เมล็ดพันธุ์สัมผัสกับความชื้นหรือน้ำ หรือวัสดุที่ชุ่มน้ำ หลังจากนั้นอัตราการดูดซับน้ำจะลดลงจนใกล้ถึงจุดอิ่มตัวของความชื้นในเมล็ดพันธุ์ เป็นระยะสิ้นสุดระยะดูดซับน้ำระยะที่ 1 ในระยะนี้เมล็ดพันธุ์จะมีปริมาณน้ำมากพอในการพัฒนาของเมล็ดพันธุ์ไปสู่ขั้นตอนของการงอก (germination) โดยทั่วไปแล้วเมล็ดพันธุ์แต่ละชนิดจะมีปริมาณความชื้นที่เหมาะสมแตกต่างกัน เช่น เมล็ดพันธุ์ข้าวจะต้องมีความชื้นประมาณ 32-35% เมล็ดพันธุ์ข้าวจึงจะเริ่มขบวนการงอก ในระยะนี้เมล็ดพันธุ์จะมีปริมาณน้ำมากพอในการพัฒนาไปสู่ขั้นตอนของการงอก



ภาพที่ 2.2 การดูดซับน้ำในการงอกและการทำ seed priming ของเมล็ดพันธุ์
ที่มา: ดัดแปลงจาก Gerhard (2006)

เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองจะต้องมีความชื้นประมาณ 50% ขณะที่เมล็ดพันธุ์แตงกวาจะต้องมีความชื้นไม่น้อยกว่า 30% ของน้ำหนักเมล็ดพันธุ์ จึงจะมีปริมาณน้ำมากพอในการพัฒนาไปสู่ขั้นตอนของการงอก (จวงจันทร์ ดวงพัตรา, 2529; วันชัย จันทร์ประเสริฐ, 2537)

ระยะที่ 2 (phase 2) เป็นระยะที่เมล็ดพันธุ์มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านชีวเคมี และสรีรวิทยาภายในของเมล็ดพันธุ์ เรียกว่า “metabolic activity phase” ระยะนี้จะใช้เวลาค่อนข้างนานกว่าระยะที่ 1 ซึ่งนักวิจัยบางท่านเรียกว่า ระยะงัน (lag period หรือ lag phase) การดูดซับน้ำระยะที่ 2 ขนาดของเมล็ดพันธุ์ไม่เพิ่มขึ้น การดูดซับในระยะที่ 2 จะใช้ระยะเวลานานมากขึ้นเมื่อแช่เมล็ดพันธุ์ในสารที่ควบคุมการดูดซับน้ำ (osmopriming) หรือการคลุกเมล็ดพันธุ์กับวัสดุปลูกชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(matrixpriming) ในการทำ seed priming ควรเพิ่มระยะเวลาของการดูดซับน้ำในระยะที่ 2 ให้นานขึ้นเพื่อให้เมล็ดพันธุ์มีระยะการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีในเมล็ดพันธุ์ เช่น มีการหายใจเพิ่ม มีการเคลื่อนย้ายสารอาหารในเมล็ด การสร้างพลังงาน หรือเกิดกระบวนการซ่อมแซมเนื้อเยื่อที่สึกหรอในเมล็ด เพื่อการนำไปสู่การงอกอย่างสมบูรณ์

ระยะที่ 3 (phase 3) เป็นระยะที่เมล็ดพันธุ์มีการเปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจน ที่สำคัญคือการพัฒนาการของเมล็ดพันธุ์ จากระยะที่เป็นเมล็ดพันธุ์ (seed stage) ไปสู่การเป็นต้นอ่อน (seedling stage) เนื่องจากมีการเจริญเติบโตที่เห็นชัดเจนจนมีการงอกรากเกิดขึ้น การที่เมล็ดพันธุ์งอกราก (radical) จนแทงทะลุผ่านเปลือกหุ้มเมล็ดออกมา มีผลทำให้การดูดซับน้ำเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเพราะมีพื้นที่ผิวในการดูดซับน้ำเพิ่มขึ้น จากนั้นเมล็ดพันธุ์จะมีการพัฒนาการต่อไปจนเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์ แต่ในการทำ seed priming ถ้าปล่อยให้เมล็ดพันธุ์ที่แช่น้ำหรือได้รับความชื้นด้วยวิธีการใดๆ มีพัฒนาการไปถึงระยะที่ 3 แล้ว เนื้อเยื่อของเมล็ดพันธุ์จะเสียหาย และเสื่อมคุณภาพทันทีเมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปลดความชื้น ดังนั้นในการทำ seed priming จึงต้องหยุดการดูดซับน้ำของเมล็ดพันธุ์ก่อนถึงระยะการดูดซับน้ำในระยะที่ 3 นี้ และนำเมล็ดพันธุ์ไปลดความชื้นให้เหลือเท่าเดิม หรือให้เหลือความชื้นในเมล็ดไม่เพียงพอต่อการงอกไปสู่การเจริญพัฒนาของรากอ่อน (radicle) กระทั่งรากอ่อนแทงทะลุออกมาจากเปลือกหรือเยื่อหุ้มเมล็ด

2.7 การดูดซับน้ำกับค่าศักย์ของน้ำในกระบวนการเพิ่มความชื้นในเมล็ดพันธุ์ (seed priming)

อัตราการดูดซับน้ำของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างกระบวนการ seed priming จะมีผลต่อระยะเวลาในการให้ความชื้นกับเมล็ดพันธุ์ โดยทั่วไปจะเป็นไปตามค่าศักย์ของน้ำ (water potential) กรณีน้ำที่แช่เมล็ดพันธุ์มีค่าศักย์ของน้ำต่างจากค่าศักย์ของน้ำในเซลล์ในเมล็ดพันธุ์มาก (น้ำในเซลล์มีสารละลายเข้มข้น) น้ำก็จะเคลื่อนที่เข้าสู่เมล็ดพันธุ์ได้เร็ว ในทางตรงกันข้ามถ้าความต่างศักย์ระหว่างน้ำที่ใช้แช่เมล็ดพันธุ์กับน้ำในเซลล์มีน้อยน้ำก็จะเคลื่อนที่เข้าสู่เมล็ดพันธุ์ได้ช้า โดยค่าศักย์ของน้ำบริสุทธิ์ที่ภาวะปกติกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 0 และน้ำจะเคลื่อนที่จากบริเวณที่มีค่าศักย์สูงไปยังที่ๆ มีค่าศักย์ต่ำกว่าเสมอ ค่าศักย์ของน้ำเป็นแรงดันมีหน่วยเป็นเมกะปาสคาล (Mega pascal; MPa) โดย 1 MPa มีค่าเท่ากับ 10 บาร์ (bar) เปรียบเทียบกับแรงดันน้ำบริสุทธิ์ที่ความดัน 1 บรรยากาศ ซึ่งมีค่าศักย์เท่ากับ 0 เมกะปาสคาล (Mega pascal; MPa) ค่าศักย์ของน้ำเป็นแรงดันสัมพัทธ์ประกอบด้วย

ค่าศักย์ของน้ำ (water potential); $\Psi = \Psi_p + \Psi_s + \Psi_m$

Ψ_p คือ pressure potential (turgor pressure) หรือ hydrostatic pressure (แรงดันน้ำ) เป็นแรงที่ช่วยขับให้น้ำเคลื่อนที่ (มีค่าเป็นบวก)

Ψ_s คือ osmotic potential หรือ solute potential เป็นแรงดันเนื่องจากมีสะสารถูกละลายอยู่ในน้ำ (solvent) ทำให้ความบริสุทธิ์ของน้ำลดลง จึงเป็นผลให้ค่า water potential ลดลง (มีค่าเป็นลบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ψ_m คือ matrix potential หมายถึง แรงดูดซับน้ำโดย Ψ_m นี้เกิดจากอิทธิพลของพื้นที่ผิวที่เป็นของแข็ง หรือผิวของเมล็ดพันธุ์ที่มีต่อน้ำ ซึ่งน้ำอาจจะถูกดูดให้ติดกับสารประกอบอินทรีย์ ที่มีโมเลกุลใหญ่ โดยมีพันธะของไฮโดรเจนเป็นตัวเชื่อม นอกจากนี้น้ำยังมีแรงดึงจากผิวของแข็ง ซึ่งแรงดึงจากผิวของของแข็งและแรงดึงต่อเนื่อง ทั้งสองแรงนี้รวมกันแล้ว เรียกว่า “matrix force” แรงดึงดังกล่าวจะจำกัดการเคลื่อนที่ของน้ำและเป็นผลให้ค่าศักย์ของน้ำลดลง (มีค่าเป็นลบ)

2.8 วิธีการเพิ่มความชื้นในเมล็ดพันธุ์ (seed priming)

การเพิ่มความชื้นให้กับเมล็ดพันธุ์เป็นกระบวนการที่สำคัญมากในการทำ seed priming ซึ่งมีหลายวิธี โดยการให้ความชื้นแต่ละวิธีการนั้นมีวัตถุประสงค์ที่ต่างกัน และมีผลต่อการทำ seed priming แตกต่างกันออกไปด้วย Halmer (2004) ได้จำแนกออกเป็น 4 วิธีการ ดังนี้

2.8.1 hydropriming หรือ steeping

hydropriming หรือ steeping เป็นวิธีการแช่เมล็ดลงในน้ำช่วงเวลาหนึ่งโดยการใช้ปริมาณน้ำที่จำกัด เพื่อให้เมล็ดพันธุ์มีการดูดซับน้ำในช่วงสั้นๆ หลังจากนั้นจึงนำเมล็ดพันธุ์ไปเพาะปลูกทันที หรือนำเมล็ดพันธุ์มาไว้ในที่ชื้นระยะหนึ่งแล้วจึงนำเมล็ดไปเพาะปลูก (McDonald, 2000.) อีกวิธีการหนึ่งของการทำ hydropriming เป็นการแช่เมล็ดพันธุ์ลงในน้ำเป็นระยะเวลานานตามที่กำหนดในแต่ละชนิดพืช อาจจะมีการควบคุมอุณหภูมิในระหว่างการแช่น้ำด้วย หลังจากนั้นจึงนำเมล็ดไปลดความชื้นให้เมล็ดแห้งก่อนที่จะนำเมล็ดพันธุ์ไปเพาะปลูกทันที หรือเก็บรักษาไว้ระยะหนึ่งเพื่อรอสภาพอากาศที่เหมาะสมจึงนำเมล็ดพันธุ์ไปเพาะปลูก เรียกว่า “steeping” วิธีการนี้เป็นวิธีที่ง่ายที่สุด ใช้สารเคมีน้อย และไม่มีสารพิษตกค้างกับสิ่งแวดล้อม (McDonald, 1999) ซึ่งมีนักวิจัยหลายท่านได้รายงานเกี่ยวการใช้เทคนิคนี้กับพืชหลายชนิด เช่น แตงกวา (ชณิตรา โพธิคเวษฐ์ และคณะ, 2553) พริกหวาน (พจนา สีขาว และคณะ, 2550) ผักบุ้งจีน (ชานนท์ มณีรัตน์ และคณะ, 2556) เป็นต้น

2.8.2 osmopriming

osmopriming หรือ osmoconditioning หรือ halopriming เป็นวิธีการแช่เมล็ดในสารละลายที่มีค่าศักย์ของน้ำต่ำ เพื่อให้เมล็ดดูดน้ำอย่างช้าๆ เข้าสู่ภายในเมล็ดเพื่อให้เกิดกระบวนการงอก การทำ seed priming โดยวิธีการนี้จะได้ผลดีกับเมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดเล็ก เช่น แครอท พริก คะน้า ผักกาดหอม หอมหัวใหญ่ และอื่นๆ (Cantliffe, 1983 ; McDonald, 1999) สารละลายที่นำมาใช้ในการทำ seed priming มี 2 ประเภท คือ

2.8.2.1 inorganic salt เช่น KNO_3, Na_2SO_4, $CaCl_2$ และ KH_2PO_4 เป็นต้น ซึ่งอาจเรียกวิธีการนี้ว่า “halopriming” โดยทั่วไปเกลือที่เกิดจาก Na^{2+} จะมีความเป็นพิษมากกว่าเกลือที่เกิดจาก K^+

2.8.2.2 organic salt เช่น polyethylene glycol (PEG) , mannitol และ sorbitol ซึ่งสารที่ได้รับความนิยมในการนำมาทำ osmopriming มากที่สุด คือ PEG (De Chandra, 1999 ; Foti *et al*., 2008) ซึ่งมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ง่าย โมเลกุลมีขนาดใหญ่ไม่สามารถผ่านเข้าไปในเซลล์พืชได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเป็นสารที่มีคุณสมบัติเฉื่อยทางเคมีจึงไม่เป็นอันตรายต่อเมล็ดพันธุ์ (Heydecker *et al*,. 1975 ; Heydecker and Coolbear, 1997) แต่พบว่าการแช่เมล็ดพันธุ์ในสารละลาย PEG ที่มีความเข้มข้นตั้งแต่ 5% ขึ้นไป จะมีปริมาณออกซิเจนที่ละลายลดลง อาจจะทำให้เกิดปัญหาการขาดออกซิเจนได้ในระหว่างการแช่เมล็ดพันธุ์ (Maxal *et al*., 1975 ; Bujalski and Nienow, 1991)

2.8.3 matrixpriming

matrixpriming หรือ matrixconditioning หรือ solidpriming เป็นวิธีการให้ความชื้นแก่เมล็ดโดยการคลุกเมล็ดกับสารที่เป็นวัสดุธรรมชาติ ได้แก่ vermiculite, peat moss, ทราย และขี้เลื่อย เป็นต้น หรือสารที่เป็นของแข็งที่อุ้มน้ำได้ดี โดยวัสดุที่ใช้ในการค้า ได้แก่ Celite และ Micro-Cel E ซึ่งเป็นวัสดุที่ประกอบด้วย silica และ zeolite (Khan, 1992) เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ผสมกับวัสดุที่มีค่า matrix potential ระหว่าง -0.4 ถึง -1.5 MPa และนำไปเก็บไว้ในที่ที่มีอุณหภูมิคงที่ 15 °C ใช้ระยะเวลา 7-14 วัน จากนั้นจึงแยกเมล็ดออกจากวัสดุดังกล่าว โดยไม่ทำให้เมล็ดพันธุ์เสียหาย วิธีการนี้สามารถใช้ได้ดีกับเมล็ดพันธุ์ที่มีขนาดเล็กและขนาดใหญ่ (อรนุช เดียมขุนทด และ บุญมี ศิริ, 2556)

2.8.4 วิธีการอื่นๆ

เป็นวิธีการทำ seed priming โดยการเพิ่มความชื้นให้กับเมล็ดพันธุ์และทำให้เมล็ดพันธุ์แห้ง 2-3 รอบ เพื่อให้เมล็ดพันธุ์มีความทนทานต่อความแห้งแล้ง (Heydecker and Coolbear, 1977) หรือวิธีการทำให้เมล็ดพันธุ์ได้รับอุณหภูมิสูงหรือต่ำสลับกันซึ่งอาจเรียกว่า “thermopriming” หรือ “seed hardening” การแช่หรือคลุกเมล็ดพันธุ์กับของแข็งที่มีความชื้นเล็กน้อย เช่น calcium silicate ซึ่งอาจเรียกว่า “solid medium priming” หรือการคลุกเมล็ดพันธุ์โดยใช้จุลินทรีย์ เช่น Trichoderma spp. ซึ่งอาจเรียกว่า “biopriming” (Halmer, 2004)

2.9 ปัจจัยที่มีผลต่อการตอบสนองต่อการเตรียมการงอกของเมล็ดพันธุ์

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการตอบสนองต่อการเตรียมการงอกของเมล็ดพันธุ์มี 2 ปัจจัยสำคัญ ดังนี้

2.9.1 ปัจจัยภายในเมล็ดพันธุ์

เป็นคุณสมบัติของเมล็ดพันธุ์ที่ตอบสนองต่อการเตรียมการงอกหรือทำ seed priming ได้แก่

2.9.1.1 ชนิดของเมล็ดพันธุ์

เมล็ดพันธุ์พืชแต่ละชนิดย่อมมีลักษณะทางกายภาพ และองค์ประกอบภายในแตกต่างกัน การตอบสนองต่อ seed priming จึงต่างกัน ขึ้นอยู่กับระยะเวลาการแช่สารละลาย ความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ใน seed priming วรัญญู แก้วตาดวงใจ (2545) ได้ทำการศึกษากับเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ 2 พันธุ์ คือ มะเขือเทศสีดาและมะเขือเทศพันธุ์ TW4 โดยการแช่เมล็ดพันธุ์ในสารละลาย PEG 6000 ที่ระดับความเข้มข้น -1.0, -1.5 และ -2.0 MPa พบว่า มะเขือเทศสีดามีความงอกมากที่สุดเมื่อแช่ PEG 6000 ที่ระดับความเข้มข้น -1.5 MPa มะเขือเทศพันธุ์ TW4 มีความงอกมากที่สุดเมื่อแช่ PEG 6000 ที่ระดับความเข้มข้น -1.0 MPa

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1.2 อายุของเมล็ดพันธุ์

เมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษานานเกินไปมักไม่ตอบสนองต่อการทำ seed priming ซึ่ง Bray (1995) ได้ทำการศึกษาพบว่า เมื่อทำ seed priming เมล็ดพันธุ์ใหม่ เมื่อได้รับความชื้นจะมีการซ่อมแซมส่วนที่สึกหรอในระดับเซลล์ได้รวดเร็วกว่าเมล็ดพันธุ์ที่มีอายุนาน เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ใหม่ถูกกระตุ้นให้ต้นอ่อนมีการแบ่งเซลล์ได้รวดเร็วและพัฒนาไปสู่การงอกอย่างรวดเร็ว ทำให้มีความสม่ำเสมอของต้นกล้ามากกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน

2.9.1.3 ระดับคุณภาพของเมล็ดพันธุ์เริ่มต้น

ความแตกต่างกันของระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์ ทำให้เมล็ดพันธุ์ชุด (lot) นั้นนี้คุณสมบัติทางสรีรวิทยาที่แตกต่างกัน ทั้งระดับของความงอกและความแข็งแรง เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ชุดนั้นมาทำ seed priming ด้วยวิธีการต่างๆ เมล็ดพันธุ์จึงมีการตอบสนองที่แตกต่างกัน (Halmer, 2004) โดยเมล็ดพันธุ์คุณภาพสูงจะพบการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้อยหรือแทบไม่มีการเปลี่ยนแปลงส่วนเมล็ดพันธุ์คุณภาพปานกลางและคุณภาพต่ำจะพบการเปลี่ยนแปลงทางด้านคุณภาพที่เพิ่มขึ้น โดยเฉพาะเมล็ดคุณภาพต่ำจะมีคุณภาพเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

2.9.2 ปัจจัยภายนอกเมล็ดพันธุ์

เป็นปัจจัยทางกายภาพที่เข้ามาเกี่ยวข้องในกระบวนการทำ seed priming ซึ่งจะมีผลต่อการตอบสนองของเมล็ดพันธุ์ในการทำ seed priming ซึ่งปัจจัยเหล่านี้ ได้แก่

2.9.2.1 อุณหภูมิในการแช่เมล็ดพันธุ์

อุณหภูมิเป็นปัจจัยที่สำคัญต่ออัตราการดูดซับน้ำของเมล็ดพันธุ์ และอุณหภูมิที่แตกต่างกันยังมีผลต่อค่าศักย์ของน้ำ และการละลายของสารชนิดต่างๆ ในน้ำด้วย การใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมในการทำ seed priming จะทำให้เมล็ดพันธุ์มีคุณภาพดีขึ้น ซึ่ง Nelson *et al*. (1984) รายงานว่า การแช่เมล็ดพันธุ์ผักกาดหวานที่อุณหภูมิ 15 ºC และ 20 ºC ในการทำ seed priming ทำให้เมล็ดพันธุ์ผักกาดหวานมีอัตราการเจริญเติบโตมากกว่าการแช่เมล็ดพันธุ์ที่มีอุณหภูมิ 25 ºC และ 35 ºC การแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำที่อุณหภูมิ 35 ºC ทำให้มีความงอกลดลง

2.9.2.2 ออกซิเจนในการแช่เมล็ดพันธุ์

ออกซิเจนมีความสำคัญต่อการงอกเนื่องจากการทำ seed priming เมล็ดพันธุ์ต้องมีการเปลี่ยนแปลงในกระบวนการทางสรีรวิยาเพื่อพัฒนาไปสู่การงอกของเมล็ดพันธุ์ และพบว่า การทำ osmopriming ของเมล็ดพันธุ์พริก และมะเขือเทศจะประสบผลสำเร็จได้ เมื่อมีปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนในสารละลายสูงกว่า 10% ส่วน Yeoung *et al*. (1996) พบว่า การเพิ่มปริมาณความเข้มข้นออกซิเจนมากกว่า 50% ให้กับน้ำในระหว่างการทำ Hydropriming กับเมล็ดพันธุ์แตงเทศจะทำให้เมล็ดพันธุ์งอกได้ช้ากว่าการแช่เมล็ดในน้ำที่มีปริมาณออกซิเจนน้อยกว่า 20% ซึ่งจากการทดลองกับเมล็ดพันธุ์ชนิดต่างกัน วิธีการทำ seed priming ต่างกัน ปริมาณออกซิเจนในน้ำที่แช่เมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมก็จะมีความแตกต่างกันไปด้วย

2.9.2.3 ชนิดและความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้แช่เมล็ดพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำ seed priming อาจจะต้องใช้สารเคมีชนิดต่างๆ เช่น สารพวกเกลือ สารประกอบกลุ่มฟีนอล วิตามิน และสารประกอบที่ใช้ยับยั้งหรือป้องกันโรคแมลง ซึ่ง Kumar and Manonmani (2011) ได้ทำ Halopriming ด้วยชนิดสารเคมีและความเข้มข้นต่างกันกับเมล็ดพันธุ์ทานตะวันลูกผสม พบว่า เมล็ดพันธุ์ตอบสนองแตกต่างกัน โดยการใช้ KNO3 ความเข้มข้น 2% ทำให้เมล็ดพันธุ์ทานตะวันลูกผสมงอกได้ดีที่สุด และมีความแข็งแรงมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีชนิดอื่นๆ

2.9.2.4 ระยะเวลาในการแช่เมล็ดพันธุ์

เมล็ดพันธุ์พืชแต่ละชนิดต้องการระยะเวลาในการแช่เมล็ดที่แตกต่างกันไป Basu and Dhar (1979) รายงานว่า ระยะเวลาในการแช่เมล็ดพันธุ์ผักกาดหวานที่ให้ผลดีที่สุด คือ 6 ชั่วโมงซึ่งช่วยให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงมากที่สุด ตลอดจนการเก็บรักษาได้นาน ส่วนการศึกษาของ Chowdhury and Choudhuri (1987) พบว่า การแช่เมล็ดปอกระเจาในน้ำเป็นระยะเวลา 3-6 ชั่วโมง มีผลทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงมากที่สุด สำหรับการปลูกในสภาพแห้งแล้ง โดยเฉพาะการแช่เมล็ดเป็นเวลา 6 ชั่วโมง ให้ผลดีที่สุด ถ้าแช่นานกว่า 24 ชั่วโมง การงอกจะเริ่มลดลง Kaewnaree *et al*. (2010) พบว่า การแช่เมล็ดพริกหวานที่ค่าศักย์ของน้ำ -1.5 MPa อุณหภูมิ 20 ºC เป็นเวลา 6 วัน มีผลทำให้ความงอกและอัตราการงอกเพิ่มขึ้น

2.9.2.5 วิธีการให้ความชื้นเมล็ดพันธุ์

วิธีการเพิ่มความชื้นให้กับเมล็ดพันธุ์หรือวิธีการทำ seed priming ที่เหมาะสมเปลี่ยนแปลงหรือแตกต่างไปตามชนิดพืช และวิธีการปฏิบัติในพืชแต่ละชนิด เช่น จากการเพิ่มความชื้นให้กับเมล็ดพันธุ์ข้าวในรูปแบบต่างๆ โดยการแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำ การให้ความชื้นแบบน้ำหยด การให้ความชื้นโดยการพ่นเป็นละออง การให้ความชื้นแบบการนำเมล็ดพันธุ์ไปไว้ในสภาพอิ่มตัวด้วยไอน้ำ แล้วทำให้เมล็ดพันธุ์แห้ง พบว่า เมล็ดพันธุ์ที่ผ่านการทำ seed priming แล้วมีความงอก ความยาวรากและลำต้นมากกว่าเมล็ดที่ไม่ได้ทำ seed priming อย่างเด่นชัด (Basu and Pal, 1979)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 วิธีการทดลอง

กรรมวิธีการ 10 วิธี

3.1.1 Control (non-priming)

3.1.2 Traditional (soaking in H_2O 24 ชั่วโมง)

3.1.3 Hydropriming 24 ชั่วโมง

3.1.4 Hydropriming 48 ชั่วโมง

3.1.5 Hydropriming 72 ชั่วโมง

3.1.6 Hydropriming 96 ชั่วโมง

3.1.7 Osmopriming 24 ชั่วโมง

3.1.8 Osmopriming 48 ชั่วโมง

3.1.9 Osmopriming 73 ชั่วโมง

3.1.10 Osmopriming 96 ชั่วโมง

3.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1 เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ 2 พันธุ์คือ พันธุ์เล็บนก และสามเดือน (Lebnok and Samdeun)

3.2.2 สารเคมี

- สารละลาย potassium nitrate (KNO_3 1%)
- Sodium hypochlorite (Clorox)
- Sulfuric acid (H_2SO_4) 98%
- Phenol 96%
- Methanol 99%
- D-glucose
- 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride, TZ

3.2.3 เครื่องมือวิทยาศาสตร์

- ตู้อบรมร้อน (hot air-oven)
- เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 2 ตำแหน่ง
- incubator
- electrical conductivity meter (EC meter)
- centrifuge

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- spectrophotometer
- micropipette

3.2.4 เครื่องแก้ว

- บีกเกอร์ (beaker)
- จานแก้ว (petri dish)
- หลอดทดลองพลาสติก (test tube) ขนาด 20*100 mm. (16 ml.)
- กระบวกตวง (cylinder)
- แท่งแก้วคนสาร (stirring Rod)
- หลอด spectrophotometer

3.2.5 วัสดุ

- กระดาษเพาะเมล็ดพันธุ์
- กล่องพลาสติกสำหรับเพาะเมล็ด
- น้ำกลั่นและ deionized water
- พาราฟิล์ม
- moisture can
- ดินผสม
- กระถางดินเผา 13.5×10.5 นิ้ว

3.3 สถานที่ดำเนินงาน

3.3.1 ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

3.3.2 แปลงทดลองของคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

3.4 ระยะเวลาดำเนินงาน

เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2562 – กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2563

3.5 วิธีการดำเนินงาน

1. การศึกษาวิธีเตรียมเมล็ดพันธุ์ที่เหมาะสมต่อความงอกและคุณภาพเมล็ดพันธุ์

1.1 เมล็ดพันธุ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ ก่อนนำมาทำการทดลองเมล็ดพันธุ์ถูกเก็บรักษาในถุงพลาสติกเก็บในตู้เย็น

อุณหภูมิ 6 °C เป็นเวลา 12 เดือน และก่อนที่จะทำการทดลองต้องทำการตรวจสอบความชื้นเมล็ดพันธุ์

1.2 การตรวจสอบความชื้นเมล็ดพันธุ์เริ่มต้น

ตรวจสอบความชื้นเมล็ดพันธุ์หลังจากนำออกมาจากถุงเก็บในตู้เย็น โดยใช้เมล็ดพันธุ์จำนวน 50 เมล็ด ทำ 4 ซ้ำ อบที่อุณหภูมิ 130 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง (กองเมล็ดพันธุ์ข้าว, 2564) หลังการนั้นนำเมล็ดที่อบไปใส่ในโถดูดความชื้นต่อเป็นเวลา 30 นาที ชั่งน้ำหนักเมล็ดหลังอบ คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ด

$$\text{ความชื้นของเมล็ด } (\%) = \left(\frac{\text{น้ำหนักสดของเมล็ด} - \text{น้ำหนักแห้งของเมล็ด}}{\text{น้ำหนักสดของเมล็ด}} \right) \times 100$$

1.3 การทำความสะอาดเมล็ดพันธุ์

นำสารละลาย Sodium hypochlorite (Clorox) มาเจือจางด้วยน้ำกลั่นที่ปริมาตร 1:5 แล้วนำเมล็ดพันธุ์มาแช่ในสารละลายเพื่อฆ่าเชื้อที่อยู่ตามผิวของเปลือกประมาณ 1 นาที แล้วล้างออกด้วยน้ำกลั่นหลายๆ รอบเพื่อไม่ให้สารละลายตกค้างที่ผิวเมล็ด จากนั้นจึงนำเมล็ดที่สะอาดไปทำไพรมมิง

1.4 การเตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์ด้วยการทำไพรมมิง

นำเมล็ดพันธุ์มาทำไพรมมิงโดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design (CRD) แบ่งออกเป็น 10 treatments จำนวน 4 ซ้ำ ดังนี้

- Treatment 1 เมล็ดที่ไม่ผ่านการเตรียมความพร้อม/เตรียมการงอก (control)
- Treatment 2 เตรียมเมล็ดพันธุ์ตามวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติ (traditional soaking) เป็นวิธีการที่คล้ายกับที่เกษตรกรทั่วไปใช้ โดยนำเมล็ดพันธุ์ไปแช่ในน้ำปะปาปริมาตร 2,000 ml. ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
- Treatment 3, 4, 5 และ 6 เตรียมเมล็ดพันธุ์วิธี hydropriming โดยแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำกลั่นปริมาตร 2,000 ml. ที่อุณหภูมิ 18 °C เป็นเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง มีการให้อากาศตลอดเวลาในระหว่างการแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำกลั่น โดยใช้เครื่องปั๊มออกซิเจนใส่เข้าไปในระหว่างการแช่เมล็ดพันธุ์ เมื่อครบกำหนดแล้วนำเมล็ดพันธุ์ไปผึ่งให้แห้งเป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้ได้น้ำหนัก (ความชื้น) ของเมล็ดพันธุ์กลับมาเท่ากับน้ำหนักก่อนแช่ในน้ำกลั่น
- Treatment 7, 8, 9 และ 10 เตรียมเมล็ดพันธุ์วิธี osmopriming โดยการแช่เมล็ดพันธุ์ในสารละลาย KNO_3 ความเข้มข้น 1% เป็นเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง โดยมีการให้อากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลอดเวลาที่แช่เมล็ดพันธุ์ในสารละลาย KNO_3 เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วนำเมล็ดพันธุ์ไปผึ่งให้แห้งเป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิห้องเพื่อให้ได้น้ำหนัก (ความชื้น) ของเมล็ดพันธุ์กลับมาเท่าเดิม (ก่อนแช่)

2. การตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในห้องปฏิบัติการ

การตรวจสอบความงอกและลักษณะอื่น ๆ ที่สัมพันธ์กับความแข็งแรงหรือคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในห้องปฏิบัติการ ดังนี้

2.1.1 การตรวจสอบความงอก (Germination test; G-test)

เพาะเมล็ดพันธุ์ 50 เมล็ด ในกล่องใสที่รองด้วยกระดาษสำหรับเพาะเมล็ดหนา 2 ชั้นที่ชื้นด้วยน้ำกลั่น จำนวน 4 ซ้ำ แล้วนำไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 25 ºC (ISTA. 1996) ตรวจนับความงอกทุกวัน (AOSA. 1991) โดยทำการตรวจนับการงอกครั้งแรก (first count) ที่ 4 วันหลังการเพาะและตรวจนับครั้งสุดท้าย (final count) ที่ 14 วันหลังการเพาะ โดยนับเมล็ดที่รากของต้นอ่อน (radicle) งอกออกมาจากกาบหุ้มเมล็ดประมาณ 2 ml แล้วนำข้อมูลที่บันทึกได้ไปคำนวณหา

- **เปอร์เซ็นต์ความงอก (germination percentage; G)**

$$G = \left(\frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก}}{\text{จำนวนเมล็ดที่เพาะ}} \right) \times 100$$

2.1.2 การตรวจสอบความแข็งแรง (Vigor test)

วิธีการที่ใช้ประกอบด้วย

2.1.2.1 ดัชนีการงอก (germination index; GI)

$$GI = \sum \left(\frac{Nt}{Tt} \right)$$

โดย Nt = จำนวนเมล็ดที่งอกในวันที่ t หลังการเพาะ และ Tt = ระยะเวลา (วัน) หลังการเพาะ

2.1.2.2 เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก (mean germination time; MGT)

$$MGT = \sum(n \times d)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{}{N}$$

โดย n = จำนวนเมล็ดที่งอกหลังการเพาะในวัน ที่ d

d = จำนวนวัน ที่เมล็ดงอกหลังการเพาะ

N = จำนวนเมล็ดที่งอกทั้งหมด

2.1.2.3 เวลาที่งอกได้ 50% (time to 50% germination; T_{50})

$$T_{50} = t_i + \frac{[(N+1)/2 + n_i]\,(t_j - t_i)}{n_j - n_i}$$

โดย n_i และ n_j คือ จำนวนเมล็ดที่งอกสะสมทั้งหมดที่ระยะเวลา (วัน) หลังการเพาะ t_i และ t_j

โดยที่ $n_i < (N+1)/2 < n_j$

2.1.2.4 พลังงานที่ใช้ในการงอก (germination energy; GE)

พลังงานที่ใช้ในการงอกหมายถึง สัดส่วนระหว่างจำนวนเมล็ดที่งอกภายใน 4 วันหลังการเพาะเปรียบเทียบกับจำนวนเมล็ดทั้งหมดที่เพาะหรือ GE = เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดภายหลังเพาะได้ 4 วันโดยสัมพันธ์กับจำนวนเมล็ดทั้งหมดที่เพาะ (Ruan et al., 2002; Banjobpudsa et al., 2017)

$$GE = \left(\frac{Nt_4}{N}\right) \times 100$$

โดย Nt_4 = จำนวนเมล็ดทั้งหมดที่งอกภายใน 4 วันหลังการเพาะ

N = จำนวนเมล็ดทั้งหมดที่เพาะ

3.6 การวิเคราะห์ข้อมูลผลการทดลอง

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) ของข้อมูลผลการทดลองด้วย SAS 2024 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสิ่งทดลองตามวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 ผลการทดลองกับเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์เล็บนก

เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์เล็บนกที่บรรจุในถุงพลาสติกและเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 6 °C เป็นเวลา 12 เดือน มีความชื้น 11.7% มีความงอก 59.0% หลังจากการเตรียมการงอกแล้วตรวจสอบคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในห้องปฏิบัติการเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่มีการเตรียมการงอกผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1-4.3 มีรายละเอียดดังนี้

4.1.1 เปอร์เซ็นต์ความงอก (germination percentage; %G)

การเตรียมเมล็ดพันธุ์ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์เล็บนกมีเปอร์เซ็นต์ความงอกแตกต่างกัน ($p \leq 0.01$) โดย hydropriming เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอกสูงสุดเท่ากับ 75.0% สูงกว่าการเตรียมเมล็ดพันธุ์โดยวิธีอื่นๆ รองลงมาคือ hydropriming เป็นเวลา 48 และ 24 ชั่วโมง เมล็ดพันธุ์มีความงอก 62.5 และ 60.0% ตามลำดับ ขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่ไม่มีการเตรียมการงอกมีความงอก 59.0% (ตารางที่ 4.1) แสดงให้เห็นว่าhydropriming เป็นเวลา 72 ชั่วโมง สามารถเพิ่มความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์เล็บนกได้ สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Hussain *et al*. (2006) ที่รายงานว่า hydropriming ทำให้ทานตะวันพันธุ์ Hysun-33 มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงกว่า การเจริญเติบโตดีกว่าและให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกด้วยเมล็ดที่ไม่ได้เตรียมการงอก

4.1.2 ดัชนีความงอก (germination index; GI)

การเตรียมเมล็ดพันธุ์ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์เล็บนกมีดัชนีความงอกแตกต่างกัน ($p \leq 0.01$) เมล็ดพันธุ์ที่เตรียมการงอกโดยวิธี hydropriming เป็นเวลา 72 ชั่วโมง มีดัชนีความงอกสูงสุด 34.46 รองลงมาคือเมล็ดพันธุ์ที่เตรียมการงอกโดยวิธี hydropriming เป็นเวลา 48 ชั่วโมง มีดัชนีความงอก 29.25 ขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่ไม่มีการเตรียมการงอกมีดัชนีความงอก 25.21 สอดคล้องกับรายงานของ Dezfuli *et al*. (2008) ที่รายงานว่า hydropriming เป็นเวลา 24 และ 36 ชั่วโมง เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดสายพันธุ์แท้มีดัชนีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้เตรียมการงอก คือมีดัชนีความงอก 23.28, 26.17 และ 18.53 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)

4.1.3 เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก (mean germination time; MGT)

การเตรียมเมล็ดพันธุ์วิธี hydropriming เป็นเวลา 48 ชั่วโมงทำให้เมล็ดพันธุ์ใช้เวลาในการงอกเฉลี่ยน้อยที่สุด 2.19 วัน หลังการเพาะ และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เตรียมการงอกใช้เวลาในการงอกเฉลี่ย 2.44 วัน ขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่เตรียมการงอกตามที่เกษตรกรปฏิบัติและเตรียมการงอกวิธี osmopriming เป็นเวลา 72 ชั่วโมงใช้เวลาในการงอกเฉลี่ย 2.60 และ 2.65 วัน หลังการเพาะ (ตาราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 4.1) สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Dezfuli *et al*. (2008) ที่รายงานผลทำนองเดียวกับดัชนีความงอก

4.1.4 พลังงานในการงอก (germination energy; GE)

การเตรียมความงอกทำให้เมล็ดพันธุ์มีพลังในการงอกแตกต่างกัน ($p \leq 0.01$) โดยเมล็ดพันธุ์ที่เตรียมการงอกโดยวิธี hydropriming เป็นเวลา 72 ชั่วโมง มีพลังงานในการงอกสูงที่สุดเท่ากับ 75.00% รองลงมาคือการเตรียมการงอกโดยวิธี hydropriming เป็นเวลา 48 ชั่วโมง มีพลังงานในการงอก 62.50% ขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เตรียมการงอกและเมล็ดพันธุ์ที่เตรียมการงอกตามที่เกษตรกรปฏิบัติมีพลังงานในการงอก 55.50 และ 31.50% ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2)

4.1.5 เวลาที่ใช้ในการงอก 50% (time to 50% germination; T_{50})

เมล็ดพันธุ์ที่ได้รับการเตรียมการงอกโดยวิธีการแตกต่างกันใช้เวลาในการงอกครึ่งหนึ่งของความงอกทั้งหมดหรือ 50% แตกต่างกัน ($p \leq 0.01$) โดยเมล็ดพันธุ์ที่เตรียมโดยวิธี hydropriming เป็นเวลา 24, 48, 72, 96 ชั่วโมง ใช้เวลาในการงอก 50% ระหว่าง 1.62-1.76 วันหลังการเพาะ ส่วนการเตรียมการงอกโดยวิธี osmopriming 24-96 ชั่วโมง ใช้เวลาในการงอก 50% ระหว่าง 1.73-2.11 วัน ขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่ไม่มีการเตรียมการงอกใช้เวลาในการงอก 50% นานถึง 2.62 วัน (ตารางที่ 4.2) แสดงว่าการเตรียมเมล็ดพันธุ์โดยวิธี hydropriming ทำให้เมล็ดพันธุ์แข็งแรงและงอกได้เร็วกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เตรียมการงอก

4.1.6 การนำไฟฟ้าของสารละลายที่รั่วไหลจากเมล็ดพันธุ์เล็บนก

สารละลายที่รั่วไหลจากเมล็ดข้าวพันธุ์เล็บนกที่มีการเตรียมเมล็ดพันธุ์วิธี hydropriming 96 ชั่วโมง มีค่าการนำไฟฟ้าน้อยที่สุด 11.98 μS/cm/g-seed ส่วนสารละลายจากการเมล็ดพันธุ์ที่เตรียมโดย osmopriming 96 ชั่วโมง มีค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) สูงสุดเท่ากับ 60.35 μS/cm/g seed การนำไฟฟ้าของสารละลายจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์โดยวิธี osmopriming 24-96 ชม. มีค่าสูง (40.20-60.35μS/cm/g seed) เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่มีการเตรียมการงอก (30.47 μS/cm/g seed) และเมล็ดพันธุ์ที่เตรียมการงอกตามวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติ (14.48 μS/cm/g seed) (ตารางที่ 4.2) แสดงว่า สารละลาย KNO_3 เข้าไปกระตุ้นให้ออแกเนลต่างๆ ภายในเซลล์ และเมมเบรนเสียหาย ทำให้แร่ธาตุต่างๆ รั่วไหลออกมาอยู่ในสารละลายมากขึ้น สอดคล้องกับรายงานการศึกษาผลของ KNO_3 ต่อเมล็ดพันธุ์ข้าว (Basra *et al*., 2003) และผลของ KNO_3 ต่อเมล็ดพันธุ์ข้าวสาลี (Singh and Gill, 1988; McDonald, 2000)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.7 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความงอกกับความแข็งแรงของเมล็ดข้าวพันธุ์เล็บนก

เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์เล็บนกที่มีการเตรียมเมล็ดด้วยวิธีการต่าง ๆ แล้วนำไปทดสอบความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ เช่น ดัชนีการงอก เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก พลังงานในการงอก และการนำไฟฟ้าของสารละลายที่รั่วไหลจากเมล็ดพันธุ์ฯลฯ เมื่อนำผลการทดสอบเหล่านี้ไปหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; r) ระหว่างลักษณะ ผลแสดงในตารางที่ 4.3 พบว่าเปอร์เซ็นต์การงอกมีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับดัชนีการงอก และพลังงานในการงอก โดยมีสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างกันเท่ากับ 0.9359** และ 0.6209* ตามลำดับ (ตารางที่ 4.3) ขณะที่ความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การงอกกับการนำไฟฟ้าของสารละลายที่รั่วไหลจากเมล็ดพันธุ์เป็นลบ (-) โดยมีสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างกัน -0.4478^{ns} (ตารางที่ 4.3) เมล็ดพันธุ์ที่สารละลายแช่เมล็ดมีค่าการนำไฟฟ้าสูงมีแนวโน้มที่จะมีความงอกต่ำ เนื่องจากส่วนของออแกเนลต่างๆ ภายในเซลล์ และเมมเบรนเสื่อมลง ทำให้สารประกอบภายในเซลล์ในเมล็ดพันธุ์รั่วไหลสู่สารละลายมากขึ้นโดยเฉพาะแร่ธาตุที่มีประจุ เช่น โปแทสเซี่ยม แมกนีเซี่ยม แคลเซี่ยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลของการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอก ดัชนีความงอกและเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์เล็บนก ทดสอบในห้องปฏิบัติการ

Treatments	Germination (%)	Germination index	MGT (days)
1. Control (non-priming)	59.00 b	25.21 bcd	2.44 abc
2. Traditional (soaking in H_2O 24 h)	56.50 bc	23.16 bcd	2.60 ab
3. Hydropriming 24 h	60.00 b	26.63 bc	2.35 bc
4. Hydropriming 48 h	62.50 b	29.25 b	2.19 c
5. Hydropriming 72 h	75.00 a	34.46 a	2.26 c
6. Hydropriming 96 h	54.50 bc	25.54 bc	2.21 c
7. Osmopriming 24 h	59.00 b	26.50 bc	2.30 c
8. Osmopriming 48 h	45.50 c	19.58 d	2.42 abc
9. Osmopriming 72 h	58.50 b	22.83 cd	2.65 a
10. Osmopriming 96 h	53.50 bc	23.92 bcd	2.32 c
F-test	**	**	*
C.V. (%)	12.99	13.92	7.28

* singnificant at p≤0.05 level, ** singnificant at p≤0.01 level

Mean values in the same column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT

ตารางที่ 4.2 ผลของการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่อพลังงานในการงอก เวลาในการงอก 50% และการนำไฟฟ้าของสารละลายจากการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์เล็บนกทดสอบในห้องปฏิบัติการ

Treatments	Germination energy (%)	T_{50} (days)	EC (μS/cm/g-seed)
1. Control (non-priming)	55.50 bc	2.62 a	30.47 d
2. Traditional (soaking in H_2O 24 h)	31.50 d	2.02 bc	14.48 e
3. Hydropriming 24 h	60.00 bc	1.76 bcd	17.43 e
4. Hydropriming 48 h	62.50 b	1.63 d	17.50 e
5. Hydropriming 72 h	75.00 a	1.66 cd	17.15 e
6. Hydropriming 96 h	57.00 bc	1.62 d	11.98 e
7. Osmopriming 24 h	59.00 bc	1.73 cd	40.20 c
8. Osmopriming 48 h	49.50 c	1.91 bcd	45.25 bc
9. Osmopriming 72 h	58.50 bc	2.11 b	49.97 b
10. Osmopriming 96 h	53.50 bc	1.75 bcd	60.35 a
F-test	**	**	**
C.V. (%)	13.18	12.25	12.04

** singnificant at p≤0.01 level

Mean values in the same column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT

ตารางที่ 4.3 สหสัมพันธ์ระหว่างความงอกกับความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์เล็บนกทดสอบในห้องปฏิบัติการ

	GI	MGT(days)	GE(%)	T50 (days)	EC(**µS/cm/g-seed**)	G(%)
GI	1.0000	-0.5846	0.7404*	-3.878	-0.579	0.9359**
MGT(days)		1.00000	-0.5802	0.6517*	0.2898	-0.2660
GE(%)			1.00000	-0.3318	-0.0615	0.6209*
T50 (days)				1.00000	0.1285	-0.1683
EC(**µS/cm/g-seed**)					1.00000	-0.4478

*, ** singnificant at p≤0.05, and p≤0.01 level, respectively

4.2 ผลการทดลองกับเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือน

เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่**พันธุ์สามเดือน**บรรจุในถุงพลาสติกและเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 6 ºC เป็นเวลา 12 เดือน มีความชื้น 10.16% มีความงอก 71.0% หลังจากการเตรียมการงอกแล้ว ตรวจสอบความงอกและคุณภาพเมล็ดพันธุ์ในห้องปฏิบัติการเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่มีการเตรียมการงอก ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.4-4.5 มีรายละเอียด ดังนี้

4.2.1 เปอร์เซ็นต์ความงอก (germination percentage; %G)

การเตรียมการงอกด้วยวิธีการต่างๆ ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์สามเดือนมีเปอร์เซ็นต์การงอกแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) โดยการทำ hydropriming เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง และ osmopriming เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์การงอกสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เตรียมการงอก ($p \leq 0.05$) คือ มีความงอก 83.5, 81.5, 83.0, 83.0 และ 71.0% ตามลำดับ ขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่เตรียมการงอกตามวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติ โดยการแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (traditional soaking) ทำให้เมล็ดพันธุ์มีความงอก 76.5% ส่วน สูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่ไม่เตรียมการงอก (71.0%) แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.4) ส่วนการทำ hydropriming เป็นเวลา 96 ชั่วโมง เมล็ดพันธุ์งอก 77.0% ใกล้เคียงกับการเตรียมเมล็ดพันธุ์ตามวิธีที่เกษตรกรใช้ (76.5%) และไม่แตกต่างจากความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เตรียมการงอก แสดงว่า hydropriming เป็นเวลา 96 ชั่วโมง เป็นเวลาที่นานเกินไป ขณะที่ osmopriming เป็นเวลา 48, 72 และ 96 ชั่วโมง เมล็ดมีความงอก 74.75-78.50% และไม่แตกต่างกับความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เตรียมการงอกและเมล็ดพันธุ์ที่เตรียมการงอกตามวิธีที่เกษตรกรใช้ สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Hussain *et al*. (2006) ที่รายงานว่า hydropriming ทำให้ทานตะวันพันธุ์ Hysun-33 มีเปอร์เซ็นต์ความงอก การเจริญเติบโตดีกว่าและให้ผลผลิตสูงกว่าการปลูกด้วยเมล็ดที่ไม่ได้เตรียมการงอก เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Banjobpudsa *et al*. (2017) ที่รายงานว่าเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์นุสราที่เตรียมการงอกโดยวิธี hydropriming เป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง และ traditional soaking มีความงอก 90.50-97.00% สูงกว่า ความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เตรียมการงอก (78.00%) อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$)

4.2.2 ดัชนีความงอก (germination index; GI)

เมล็ดพันธุ์ที่มีการเตรียมการงอกด้วยวิธีการต่างๆ และที่ไม่ได้เตรียมการงอกมีดัชนีความงอกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) โดย hydropriming เป็นเวลา 24, 96 ชั่วโมง และ osmopriming เป็นเวลา 96 ชั่วโมง มีดัชนีความงอกสูงกว่าเมล็ดพันธุ์ที่เตรียมการงอกตามวิธีที่เกษตรกรใช้และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เตรียมการงอก โดยมีดัชนีความงอก 34.88, 35.27, 34.55, 28.48 และ 27.96 ตามลำดับ (ตารางที่ 4.4) ส่วนดัชนีความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือนที่มีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตรียมการงอกด้วยวิธีอื่นๆ มีดัชนีความงอก 29.67-31.91 มีแนวโน้มสูงกว่าดัชนีความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เตรียมการงอก (27.96) สอดคล้องกับรายงานของ Banjobpudsa *et al*. (2017) ที่รายงานว่า การเตรียมการงอกด้วยวิธีการต่างๆ ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์นุสรามีดัชนีความงอกระหว่าง 37.08-43.75 สูงกว่าดัชนีความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เตรียมการงอก (23.34) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) และสอดคล้องกับงานของ Dezfuli *et al*. (2008) ที่รายงานว่า hydropriming เป็นเวลา 24 และ 36 ชั่วโมง เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดสายพันธุ์แท้มีดัชนีความงอกสูงกว่าเมล็ดที่ไม่ได้เตรียมการงอก คือมีดัชนีความงอก 23.28, 26.17 และ 18.53 ตามลำดับ

4.2.3 เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก (mean germination time; MGT)

การเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการต่างๆ ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์สามเดือนมีเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก (วันหลังการเพาะ) แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ระหว่าง 2.23-2.91 วันหลังการเพาะ โดยเมล็ดพันธุ์ที่เตรียมการงอกด้วยวิธี hydropriming เป็นเวลา 96 ชั่วโมง มีเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยที่สุด 2.23 วันหลังการเพาะ รองลงมาคือ osmopriming เป็นเวลา 96 ชั่วโมง มีเวลาเฉลี่ยในการงอก 2.32 วันหลังการเพาะ ขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่เตรียมการงอกด้วยวิธีที่เกษตรกรใช้และเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เตรียมการงอกมีเวลาเฉลี่ยในการงอกของเมล็ดพันธุ์ยาวนานขึ้นเล็กน้อยเป็น 2.84 และ 2.74 วัน หลังการเพาะตามลำดับ

4.2.4 พลังงานในการงอก (germination energy; GE)

การเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีต่างๆ ทำให้เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือนมีพลังงานในการงอกแตกต่างกัน ($p \leq 0.05$) ระหว่าง 72.00-82.50 โดยเมล็ดพันธุ์ที่เตรียมการงอกด้วยวิธี hydropriming เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง และ osmopriming เป็นเวลา 24 ชั่วโมง มีพลังงานในการงอกสูงสุด 4 อันดับแรกเท่ากับ 80.50, 80.20, 80.00 และ 82.50 ตามลำดับ ขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เตรียมการงอก และเมล็ดพันธุ์ที่เตรียมการงอกตามวิธีที่เกษตรกรใช้ มีพลังในการงอก 72.00 และ 74.00 ตามลำดับ สำหรับเมล็ดพันธุ์ที่เตรียมการงอกด้วยวิธีการอื่นๆ คือ hydropriming เป็นเวลา 96 ชั่วโมง และ osmopriming เป็นเวลา 48, 72 และ 96 ชั่วโมง มีพลังงานในการงอกระหว่าง 72.50-79.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถึงแม้ว่าจะไม่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เตรียมการงอกแต่ก็มีแนวโน้มสูงกว่า (ตารางที่ 4.5) ดังนั้นเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ที่เก็บรักษาไว้เป็นเวลานาน 7-8 เดือน ก่อนนำไปใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ปลูกควรทำการเตรียมการงอกโดยวิธีใดวิธีหนึ่ง ซึ่งวิธีที่เหมาะสมสำหรับแต่ละพันธุ์อาจแตกต่างกัน แต่การเตรียมเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกตามวิธีการที่เกษตรกรใช้ก็เป็นวิธีการที่สะดวกทำได้ง่าย และสำหรับข้าวไร่ซึ่งส่วนใหญ่ปลูกด้วยเมล็ดลงในแปลงโดยตรงแล้วรอฝนหรือใช้น้ำฝนเพื่อการงอกของเมล็ดและการเจริญเติบโตในแปลงตลอดฤดูเพาะปลูก ดังนั้นเมื่อแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำแล้วแนะนำให้ผึ่งลมหรือตากแดดอ่อนๆ ให้เมล็ดพันธุ์แห้งเพื่อหยุดขบวนการงอกก่อนนำไปปลูกลงในแปลง เนื่องจากการเตรียมการงอกก่อนนำเมล็ดพันธุ์ไปปลูกในแปลงจะทำให้เมล็ดพันธุ์มีเปอร์เซ็นการงอกและพลังงานในการงอกเพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.4 และ 4.5)

4.2.5 เวลาที่ใช้ในการงอก 50% (time to 50% germination; T_{50})

การเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการที่ต่างกันทำให้เมล็ดพันธุ์ใช้เวลาในการงอกครึ่งหนึ่งของความงอกทั้งหมดหรือใช้เวลาในการงอก 50% แตกต่างกัน ($p \leq 0.01$) ระหว่าง 1.71-2.55 วันหลังการเพาะ (ตารางที่ 4.5) โดยเมล็ดพันธุ์ที่เตรียมโดยวิธี hydropriming เป็นเวลา 96 ชั่วโมง ใช้เวลาในการงอก 50% เร็วที่สุด 1.63 วันหลังการเพาะ รองลงมาคือ เมล็ดพันธุ์ที่เตรียมการงอกโดยวิธี osmopriming เป็นเวลา 96 และ 72 ชั่วโมง ใช้เวลาในการงอก 50% ประมาณ 1.71 และ 1.86 วัน ขณะที่เมล็ดพันธุ์ที่ไม่มีการเตรียมการงอกใช้เวลาในการงอก 50% ประมาณ 2.55 วัน ส่วนเมล็ดพันธุ์ที่เตรียมการงอกตามวิธีที่เกษตรกรปฏิบัติใช้เวลาในการงอก 50% ประมาณ 2.40 วัน ซึ่งการที่เมล็ดพันธุ์งอกช้าจะทำให้การตั้งตัวของต้นกล้าช้าตามไปด้วย ทั้งนี้การปลูกข้าวในฤดูฝนในเขตที่อาศัยเฉพาะน้ำฝน การงอกของเมล็ดพันธุ์และการตั้งตัวของต้นกล้าที่รวดเร็วย่อมเป็นผลดีต่อการเจริญเติบโตและการให้ผลผลิตของข้าว (Banjobpudsa *et al*., 2017) เนื่องจากปริมาณและการกระจายของน้ำฝนมักจะไม่สม่ำเสมอตลอดฤดูเพาะปลูก

4.2.6 ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่รั่วไหลจากเมล็ดพันธุ์ (electrical conductivity of a soaked-seed solution; EC)

สารละลายที่รั่วไหลจากเมล็ดพันธุ์ที่มีการเตรียมการงอกต่างกันมีค่าการนำไฟฟ้าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.01$) ระหว่าง 12.38-41.38 ไมโครซีเมนส์/เซ็นติเมตร/กรัม-เมล็ดพันธุ์ (μS/cm/g-seed) โดยเมล็ดพันธุ์ที่เตรียมการงอกด้วยวิธี osmopriming คือ การแช่เมล็ดพันธุ์ในสารละลายโปแตสเซียมไนเตรด (KNO_3) เข้มข้น 1.0% ที่อุณหภูมิ 18 °ซ เป็นเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง พบว่า สารละลายที่ได้จากการแช่เมล็ดพันธุ์ที่เตรียมการงอกด้วยวิธีนี้มีค่าการนำไฟฟ้าระหว่าง 33.35-41.38 μS/cm/g-seed สูงกว่าการนำไฟฟ้าของสารละลายที่ได้จากการแช่เมล็ดพันธุ์ที่มีการเตรียมการงอกด้วยวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$) เนื่องจาก KNO_3 ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์และอวัยวะต่าง ๆ ภายในเซลล์เสียหาย (injured membranes and cellular organelles) (Basra *et al*., 2005) ทำให้สารประกอบต่าง ๆ ในเมล็ดพันธุ์ เช่น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน วิตามิน และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แร่ธาตุต่างๆ รั่วไหลออกมาอยู่ในสารละลายแช่เมล็ดพันธุ์มากกว่าสารละลายแช่เมล็ดพันธุ์ที่เตรียมการงอกด้วยวิธีอื่นๆ ที่มีค่าการนำไฟฟ้า 12.38-13.03 μS/cm/g-seed และมากกว่าสารละลายจากเมล็ดพันธุ์ที่ไม่ได้เตรียมการงอกที่มีค่าการนำไฟฟ้า 22.23 μS/cm/g-seed (ตารางที่ 4.5) เนื่องจากเมล็ดพันธุ์ที่ใช้ในการทดลองได้ผ่านการเก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน ทำให้มีการเสื่อมของเยื่อหุ้มและอวัยวะต่าง ๆ ภายในเซลล์ เมื่อนำเมล็ดพันธุ์ไปเตรียมการงอก โดยวิธีการแช่ในน้ำตามวิธีที่เกษตรกรใช้ และวิธี hydropriming เป็นเวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ทำให้สารประกอบต่าง ๆ ในเมล็ดพันธุ์ส่วนหนึ่งรั่วไหลละลายออกมาอยู่ในน้ำในระหว่างการเตรียมเมล็ดพันธุ์ (Basra *et al*., 2005) ดังนั้นหลังจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ด้วยวิธีการเหล่านี้แล้ว จึงทำให้สารประกอบต่าง ๆ ภายในเซลล์รั่วไหลออกมาอยู่ในสารละลายจากการแช่เมล็ดพันธุ์มีปริมาณลดลง ส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายจากการแช่เมล็ดพันธุ์ที่มีการเตรียมการงอกด้วยวิธีการต่าง ๆ เหล่านี้มีค่าต่ำกว่าสารละลายจากเมล็ดพันธุ์ที่ไม่มีการเตรียมการงอก (ตารางที่ 4.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ผลของวิธีการเตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอก ดัชนีความงอกและเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือนทดสอบในห้องปฏิบัติการ

Treatments	Germination (%)	Germination index	MGT (days)
1. Control (non-priming)	71.00^{c}	27.96^{d}	2.74^{ab}
2. Traditional (soaking in H_2O 24 h)	76.50^{abc}	28.48^{d}	2.84^{a}
3. Hydropriming 24 h	83.50^{a}	34.88^{ab}	2.52^{bcd}
4. Hydropriming 48 h	81.50^{ab}	31.91^{abcd}	2.75^{ab}
5. Hydropriming 72 h	81.00^{ab}	30.98^{bcd}	2.77^{ab}
6. Hydropriming 96 h	77.00^{abc}	35.27^{a}	2.23^{e}
7. Osmopriming 24 h	83.00^{ab}	30.49^{cd}	2.91^{a}
8. Osmopriming 48 h	76.00^{abc}	30.04^{d}	2.65^{abc}
9. Osmopriming 72 h	74.75^{bc}	29.67^{d}	2.42^{cde}
10. Osmopriming 96 h	78.50^{abc}	34.55^{abc}	2.32^{de}
F-test	*	**	**
C.V. (%)	6.50	8.27	6.44

* singnificant at p≤0.05 level, ** singnificant at p≤0.01 level

Mean values in the same column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT

ตารางที่ 4.5 ผลของวิธีการเตรียมความพร้อมเมล็ดพันธุ์ต่อพลังงานในการงอก เวลาในการงอก 50%และค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือนทดสอบในห้องปฏิบัติการ

Treatments	Germination energy (%)	T_{50} (days)	EC (μS/cm/g-seed)
1. Control (non-priming)	72.00^{c}	2.55^{a}	22.23^{c}
2. Traditional (soaking in H_2O 24 h)	74.00^{bc}	2.40^{ab}	13.98^{d}
3. Hydropriming 24 h	80.50^{ab}	1.94^{cde}	13.03^{d}
4. Hydropriming 48 h	80.20^{abc}	2.15^{bcd}	12.83^{d}
5. Hydropriming 72 h	80.00^{abc}	2.31^{ab}	12.38^{d}
6. Hydropriming 96 h	76.50^{abc}	1.63^{e}	12.80^{d}
7. Osmopriming 24 h	82.50^{a}	2.40^{ab}	33.35^{b}
8. Osmopriming 48 h	76.00^{abc}	2.20^{bc}	34.70^{b}
9. Osmopriming 72 h	72.50^{bc}	1.86^{de}	41.38^{a}
10. Osmopriming 96 h	79.00^{abc}	1.71^{e}	40.98^{a}
F-test	*	**	**
C.V. (%)	6.30	9.42	7.94

* singnificant at p≤0.05 level, ** singnificant at p≤0.01 level

Mean values in the same column followed by the same letter are not significantly different according to DMRT

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์เล็บนกและสามเดือนซึ่งบรรจุในถุงพลาสติกและเก็บรักษาในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 6 °c เป็นเวลา 12 เดือน มีการเสื่อมคุณภาพไประดับหนึ่งแล้วกล่าวคือ มีความงอก 59.0 และ 71.00% ตามลำดับแสดงให้เห็นว่าแม้จะเก็บรักษาในสภาพควบคุมความชื้นและอุณหภูมิเมล็ดพันธุ์ก็ยังคงมีการเสื่อมคุณภาพ และ

จากการศึกษาผลของการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ 2 พันธุ์นี้ (พันธุ์เล็บนกและสามเดือน) ผลการศึกษาสามารถสรุปและมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

5.1 การเตรียมเมล็ดพันธุ์หรือเตรียมการงอกสามารถปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ได้ โดยการเตรียมเมล็ดพันธุ์วิธี hydropriming เป็นเวลา 72 ชั่วโมง เป็นวิธีการเตรียมการงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์เล็บนกที่ดีที่สุด สามารถเพิ่มความงอกของเมล็ดพันธุ์จาก 59.0% เป็น 75.0%

5.2 การเตรียมเมล็ดพันธุ์สามารถปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือนได้ โดยการเตรียมเมล็ดพันธุ์วิธี hydropriming เป็นเวลา 24, 48, 72 ชั่วโมง และ Osmopriming เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เป็นวิธีการเตรียมเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์สามเดือนที่เหมาะสม สามารถเพิ่มความงอกของเมล็ดพันธุ์จาก 71.00% เป็น 83.50, 81.50, 81.00 และ 83.00% ตามลำดับ

5.3 เปอร์เซ็นต์ความงอก (G; %) มีความสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญกับดัชนีการงอก (GI) และพลังงานในการงอก (GE) ของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ทั้ง 2 พันธุ์ โดยสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (r) ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความงอกกับดัชนีการงอกในข้าวพันธุ์เล็บนกและสามเดือนเท่ากับ 0.9359** และ 0.4889** ตามลำดับ สัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความงอกกับพลังงานในการงอกเท่ากับ 0.6209* และ 0.9441** ตามลำดับ

5.4 เมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ที่ผ่านการเก็บรักษาและมีการเสื่อมคุณภาพไประดับหนึ่งแล้ว สามารถปรับปรุงคุณภาพให้สูงขึ้นได้ โดยการเตรียมความพร้อมของเมล็ดพันธุ์หรือการเตรียมการงอกของเมล็ดพันธุ์ก่อนนำไปปลูก ซึ่งวิธีการเตรียมความพร้อมของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่ที่เหมาะสมจะแตกต่างกันตามพันธุ์ นักวิจัยควรทำการทดลองเพื่อศึกษาหาวิธีการเตรียมความพร้อมหรือเตรียมการงอกของเมล็ดพันธุ์พืชแต่ละชนิดและแต่ละพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับการปรับปรุงคุณภาพของเมล็ดพันธุ์พืชแต่ละชนิดและแต่ละพันธุ์ ก่อนเผยแพร่วิธีการที่เหมาะสมให้เกษตรกรนำไปปฏิบัติเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตพืชของเกษตรกร ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

กรมการข้าว. 2556. **ฐานข้อมูลข้าวพันธุ์รับรองของไทย**. [Online]. เข้าถึงได้จาก: http://www.brrd.in.th/rvdb/, 12 ตุลาคม 2560.

กรมการข้าว. 2560. **องค์ความรู้เรื่องข้าว**. [Online]. เข้าถึงได้จาก: http://www.ricethailand.go.th/Rkb/varieties/index.php.htm 13 พฤศจิกายน 2560.

กองเมล็ดพันธุ์ข้าว กรมการข้าว. 2564 **การตรวจสอบเมล็ดพันธุ์ (งานควบคุมคุณภาพเมล็ดพันธุ์)**. เข้าถึงได้จาก: http://brs.ricethailand.go.th/index.php/2016-04-22-07-52-30

จิรวัฒน์ บุญสิน, อุมา แสงคร้าม และอารมณ์ ศรีพิจิตต์. 2554. การปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน โดยออสโมไพรมิงและโซลิตเมทริกซ์ไพรมิง. **วารสารวิทยาศาสตรบัณฑิต (วิทยาศาสตร์เกษตร)**. 42(1): 373-376.

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. **เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร.

ชณิตรา โพธิคเวษฐ์ ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และภาณุมาศ ฤทธิไชย. 2553. ผลของการทำ priming ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์แตงกวา. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร** 41 (พิเศษ): 373-376.

ชานนท์ มณีรัตน์ ภาณุมาศ ฤทธิไชย และเยาวพา จิระเกียรติกุล. 2556. ผลของการ priming ด้วย salicylic acid และ folic acid ต่อความงอก ความแข็งแรง และการเจริญเติบโตของต้นกล้าผักบุ้งจีน. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี** ปีที่ 21: 6 (ฉบับพิเศษ): 511-519.

ดรุณี โชติษฐยางกูร. 2559. **ชีววิทยาและเทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์** (Seed Biology and Technology). คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น.

นิรนาม. 2559. **ข้าวเจ้าพันธุ์เล็บนกไร่**. [Online]. เข้าถึงได้จาก: http://upland-rice.blogspot.com/2016/03/upland-rice11.html 26. (พฤศจิกา 2559).

นัฐวรรณ บุษบา ณัฐกานต์ โชติชัย พรพิมล สว่างศรี อารมณ์ ศรีพิจิตต์ และธีรวัฒน์ ศรุตโยภาส. 2560. **ผลการเตรียมการงอกต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวไร่พันธุ์เล็บนก**. หน้า 48-55 ใน. การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 14 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำ แพงแสน, วันที่ 7-8 ธันวาคม 2560.

อารมย์ ศรีพิจิตต์. 2555. **เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์.** คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

พจนา สีขาว และบุญมี ศิริ. 2550. ผลของการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์พริกหวานที่มีคุณภาพต่างกัน โดยวิธีการทำ seed priming. **วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร**. 38(5): 168-172.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุชาดา เวียรศิลป์. 2551. **เอกสารประกอบการสอน การปรับปรุงสภาพและการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์**. ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 251น.

สุนันทรา บรรจบพุดซา. 2564. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะเทคโนโลยีการเกษตร, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. กรุงเทพฯ. 70น.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2567. **ตารางแสดงรายละเอียดข้าวนาปี**. [Online]. เข้าถึงได้จาก: +Link. https://www.oae.go.th/view/1.(4 มิถุนายน 2567).

บุญมี ศิริ. 2552. **วิทยาการเมล็ดพันธุ์**. ภาควิชาพืชศาสตร์และทรัพยากรการเกษตร คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บุญมี ศิริ. 2555. **การยกระดับคุณภาพเมล็ดพันธุ์**. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการหลักสูตรการลดความชื้นและการและปรับปรุงเมล็ดพันธุ์ข้าวโพด. วันที่ 15-17 ตุลาคม 2555. ณ โรงงานปรับปรุงสภาพเมล็ดพันธุ์ คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 265 น.

บุญมีศิริ 2558 **การปรับปรุงสภาพและยกระดับเมล็ดพันธุ์** พิมพ์ครั้งที่ 1. คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วรัญญู แก้วดวงตา. 2545. **การปรับปรุงคุณภาพเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศโดยวิธี Priming**. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาพืชสวน บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วันชัย จันทร์ประเสริฐ. 2537. **สรีรวิทยาเมล็ดพันธุ์**. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อารมย์ ศรีพิจิตต์. 2555. **เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์**. คณะเทคโนโลยีการเกษตร,. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

อรนุช เดียมขุนทด และบุญมี ศิริ. 2556. **การเพิ่มคุณภาพของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศลูกผสมโดยการเตรียมการงอกที่แตกต่างกัน**. รายงานการประชุมทางวิชาการเมล็ดพันธุ์พืชแห่งชาติ ครั้งที่ 10. 55-64.

Abdallah, E.H., Musa, Y., Mustafa, M.,Sjahril, R, and M. Riadi. 2016. Comparison between hydro-priming and osmo-priming to determine period needed for primimng indicator and itseffect on germination percentage of aerobic rice cultivars (*Oryza sativa* L.). **AGRIVITA J. of Agri. Sci.** 38 (3): 222-230.

Association of Official seed Analysis (AOSA). 1991. Rules for testing seeds. **Journal. Seed Technol**. 12 : 18-19.

Basra, S.M.A., Farooq, M. and Khalig, A. 2003. Comparative study of pre-sowing seed enhancement treatments in fine rice (*Oryza sativa* L.). **Pak.J.Life.Soc.Sci** 1: 21-25.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Basra, S.M.A., Farooq, M., Tabassum, R. and Ahmed, N. 2005. Physiological and biochemical aspects of seed vigour enhancement treatments in fine rice (*Oryza sativa* L.). **Seed Science and Technology** 33: 623–628.

Basu, R.N. and N. Dhar. 1979. Seed treatment for maintaining vigour, viability and productivity of sugarbeet (Beta vulgaris). **Seed Science and Technology**. 7: 225-233.

Basu, R. N. and P. Pal. 1979. Physiochemical control of seed deterioration in rice. **Indian Journal of Agricultural Sciences**. 49(1): 1-6.

Banjobpudsa. S., A. Sripichitt and T. Sarutayophat. 2017. The Effect of Pre-Sowing Treatments on Germination and Vigor of Upland Rice (Oryza sativa L.). **International Journal of Agricultural Technology**. 13(7.1): 1343-1353.

Bewley, J.D. and M. Black. 1982. Physiology and Biochemistry of Seed in Relation to Germination. Seed Viability, Dormancy and Environmental Control. Springer-Verlay. Vol 2. New York. pp. 375.

Bradford, K.J. and J.D. Bewley. 2002. **Seed priming and pregerminated seed**. The Seed Biology Place. [Online]. Available: +Link http://www.seedbiology.de/seedtechnology.asp. (5 Sep, 2024)

Bray, C.M. 1995. Biochemical processes during the osmopriming of seed. in Seed development and Germination. New York. pp.767-789.

Bujalski. W. and A. W. Nienow. 1991. Large-scale osmotic priming of onion seeds: a comparison of different strategies for oxygenation. **Scientia Horticulturae**. 46: 13-24.

Cantliffe. D.J. 1983. Starting vegetable cropswith primed seed. Amer. Veg. Grower 31: 42-43.

Chowdhury, S.R. and M.A. Choudhuri. 1987. Effect of presoaking and dehydration on germination and early seeding growth performance of two jute species under water stress condition. **Seed Science and Technology**. 15: 23-33.

Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 2001. **Principles of Seed Science and Technology 4th** edition. Kluwer Academic, Norwell, Massachusetts, USA. pp.465.

De Chandra, G. 1999. Fundamentals of Agonomy. India: OxfordandIBH Publishing Comppany, India.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Delouche, J.C. 1968. **Seed Maturation**. Proc. Short Course for Seedman. Seed Technology Laboratory. Mississippi State University, Mississippi. 18: 25-34.

Delouche, J.C. and Baskin, C.C. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the storability of seed lots. **Seed Sci & Technol**. 1(2):427-452.

Dornbos, D. L. Jr. 1995. **Seed vigor**. Seed Quality: Basic Mechanisms and Agricultural Implications (Ed. Basra A. S.).pp.45-80.*In* Basra, A.S., Ed., New York: Food Products Press.

Dezfuli, P.M., F. Sharif-zadeh and M. Janmohammadi. 2008. Influence of priming techniques on seed germination behavior of maize imbred lines (*Zea mays L.*). **J. of Agri. and Biol. Sci.** 3(3): 22-25.

Farooq, M. and S.M.A. Basra, 2006. **Seed priming enhances emergence**, yield, and quality of direct-seeded rice. International Rice Research Notes, 31: 42 - 44.

Finch-Savage, W.E. 1995. **Influence of Seed Quality on Crop Establishment**, Growth and Yield. pp. 361-384. *In* Basra, A.S., Ed., Seed Quality: Basic Mechanisms and Agricultural Implications. Food Product Press. New York.

Foti, R., K. Abureni, A. Tigere, J. Gotosa and J. Gere. 2008. The efficacy of different seed priming osmotica on the establishment of maize (*Zea mays* L.) caryopses. **Journal of Arid Environments**. 72: 1127-1130.

Gerhard, F. 2006. The Seed biology place. [Online]. Available: +Link http//www.seedbiology.de/seedtechnology.asp. 4 september 2009.

Halmer, P. 2004. Methods to improve seed performance in the field. In Benech-Arnold, R. L. and Sanchez, R.A. (Eds), **Handbook of seed physiology**: Applications to agriculture pp.125-166. Food Products Press and The Haworth Reference Press, NY, USA. 395p.

Heydecker, W., J. Higgins and Y.J. Turner. 1975. Invigoration of seeds. **Seed Science and Technology**, 3: 881-888.

Heydecker, W. and P. Coolberar. 1977. Seed treatments for improved performance-survey and attempted prognosis. **Seed Scinece and Technology**, 5: 353-425.

ISTA. 1996. International rules for seed testing. **Seed Sci. and Technol**. 24: 155-202.

Kaewnaree, P. 2010. **The biological changes during an accelerated aging and priming processes in sweet pepper** (*Capsicum annuum* L.). seeds Doctor of Philosophy Thesis in Biotechnology, Graduate School, Khon Kaen University.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Kar-Ling Tao. 2001. Seed Conservation. pp. 36-45. In: M.S. Saad and V. Ramanatha Rao. (eds.). **Establishment and management of field genebank**.. International Plant Genetic Resources Instit., Rome (Italy)

Khan, A.A. 1992. **Pre-plant physiological seed conditioning**. Horticultural Reviews 14 (J. Janicked.) Jphn Willey and Sona, New York, pp. 131-181.

Krainart, C.B. Siri, and K, Vichitphan. 2015. Effects of accelerated aging and subsequent priming on seed quality and biochemical change of hybrid cucumber (*Cucumis sativa* Linn.) seed. **Journal of Agricultural Technology**. 11(1): 165-179.

Kumar, M.G. and V. Manonmani. 2011. Standardisation of seed priming and its influence

on biochemical changes in germination of sunflower seeds. **Proceedings of National Seed Congress held at, January 25-26, 2011**, Pune, India. pp. 209-212.

Mc Donald, M.B. 1999. Seed deterioration: Physiology, repair and assessment. **Seed Science and Technology**. 27: 177-237.

Mc Donald, M.B. 2000. Seed priming. **Seed Technology and Biological Basis**, pp.287-325. *In* M. Black and J.D. Bewley, (eds.). Sheffield Academic Press, England.

Mexal, J., J.T. Fisher, J. Osteryoung and C.P. Reid. 1975. Oxygen availability in polyethylene glycol solutions and its implications in plant-water relations. **Plant Physiology**. 55: 20-24.

Nelson, J.M., A. Jenkins and G.C. sharples. 1984. Soaking and other seed pretreatment effects on germination and emergence of sugar beet at hight terperature. **Seed Technology**. 9: 79-86.

Potts, H.C. 1978. Some influences of hardseedness on soybean seed quality. **Crop Sci**. 18: 221-224.

Ruan. S., Q. Xue and K. Tylkowska. 2002. Effects of seed priming on germination and health of rice (*Oryza sativa L.*) seeds. **Seed Science and Technology**. 30 : 451-458.

Singh, H. and H.S. Gill 1988. Effect seed treatment with salts on germination and yield of wheat. **Agricultural Science Digest**. 8 : 173-175.

Siri B., Vichitphan K., Kaewnaree P., Vichitphan S. and Klanrit P. 2013. Improvement of quality, membrane integrity and antioxidant systems in sweet pepper

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(*Capsicum annuum* Linn.) seeds affected by osmopriming. **Australian journal of crop science**. 7(13): 2068-2073.

Smith, M.T. and Berjak, P. 1995. Deteriorative chances associated with loss of viability of stored desiccation-tolerant and desiccation-sensitive seeds. P. 701-746. In J. Kigel and G. Galili. Eds. **Seed development and germination**. Marcel Dekker, Inc., New York.

Yeoung, Y.R., D.O. Wilson, J.R. and G.A. Murray. 1996. Germination performance and loss of late-embry-ogenesis-abundant (LEA) proteins during muskmelon seed priming. **Seed Science and Technology**. 24: 429-439.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 1 เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์เล็บนกจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี

สิ่งทดลอง	เปอร์เซ็นต์ความงอก (%)				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	เฉลี่ย
control	64.00	60.00	58.00	54.00	59.00
traditional	58.00	60.00	56.00	58.00	58.00
hydropriming					
24 hr.	48.00	64.00	54.00	74.00	60.00
48 hr.	72.00	50.00	56.00	72.00	62.50
72 hr.	74.00	74.00	76.00	76.00	75.00
96 hr.	48.00	52.00	68.00	50.00	54.50
osmopriming					
24 hr.	56.00	64.00	48.00	68.00	59.00
48 hr.	44.00	36.00	52.00	50.00	45.50
72 hr.	60.00	62.00	56.00	56.00	58.50
96 hr.	54.00	58.00	60.00	42.00	53.50

ตารางผนวกที่ 2 ดัชนีความงอก (GI) ของเมล็ดข้าวพันธุ์เล็บนกจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี

สิ่งทดลอง	ดัชนีความงอก (GI)				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ค่าเฉลี่ย
control	26.17	25.50	25.17	24.00	25.21
traditional	25.17	25.23	22.17	20.07	23.16
hydropriming					
24 hr.	21.50	27.17	24.83	33.00	26.63
48 hr.	34.00	24.00	25.33	33.67	29.25
72 hr.	32.67	35.33	34.50	35.33	34.46
96 hr.	22.00	25.00	32.33	22.83	25.54
osmopriming					
24 hr.	26.00	27.67	22.33	30.00	26.50
48 hr.	20.33	14.67	22.00	21.33	19.58
72 hr.	20.00	20.33	26.00	25.00	22.83
96 hr.	23.67	26.67	26.67	18.67	23.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 3 เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอกหลังการเพาะ (MGT) ของเมล็ดข้าวพันธุ์เล็บนกการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี

สิ่งทดลอง	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอกหลังการเพาะ (วัน)				ค่าเฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
control	2.56	2.47	2.41	2.33	2.44
traditional	2.41	2.53	2.64	2.81	2.60
hydropriming					
24 hr.	2.33	2.47	2.26	2.32	2.35
48 hr.	2.17	2.12	2.29	2.19	2.19
72 hr.	2.38	2.16	2.29	2.21	2.26
96 hr.	2.29	2.12	2.15	2.28	2.21
osmopriming					
24 hr.	2.21	2.41	2.21	2.35	2.30
48 hr.	2.23	2.56	2.46	2.44	2.42
72 hr.	3.00	3.06	2.21	2.32	2.65
96 hr.	2.37	2.24	2.33	2.33	2.32

ตารางผนวกที่ 4 พลังงานที่ใช้ในการงอก (GE) ของเมล็ดข้าวพันธุ์เล็บนกจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี

สิ่งทดลอง	พลังงานที่ใช้ในการงอก (GE)				ค่าเฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
control	58.00	58.00	56.00	50.00	55.50
traditional	36.00	32.00	32.00	26.00	31.50
hydropriming					
24 hr.	48.00	64.00	54.00	74.00	60.00
48 hr.	72.00	50.00	56.00	72.00	62.50
72 hr.	74.00	74.00	76.00	76.00	75.00
96 hr.	48.00	52.00	68.00	60.00	57.00
osmopriming					
24 hr.	56.00	64.00	48.00	68.00	59.00
48 hr.	54.00	42.00	52.00	50.00	49.50
72 hr.	60.00	62.00	56.00	56.00	58.50
96 hr.	54.00	58.00	60.00	42.00	53.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 5 เวลาที่ใช้ในการงอก 50% (T_{50}) หลังการเพาะ (วัน) ของเมล็ดข้าวพันธุ์เล็บนกจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี

สิ่งทดลอง	เวลาที่ใช้ในการงอก 50% (T_{50}) หลังการเพาะ (วัน)				ค่าเฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
control	3.25	2.35	2.41	2.47	2.62
traditional	1.82	1.84	2.20	2.23	2.02
hydropriming					
24 hr.	1.72	1.90	1.65	1.75	1.76
48 hr.	1.61	1.58	1.71	1.63	1.63
72 hr.	1.75	1.57	1.69	1.64	1.66
96 hr.	1.64	1.58	1.59	1.67	1.62
osmopriming					
24 hr.	1.65	1.86	1.64	1.78	1.73
48 hr.	1.66	2.13	1.95	1.91	1.91
72 hr.	2.51	2.54	1.65	1.75	2.11
96 hr.	1.81	1.67	1.76	1.77	1.75

ตารางผนวกที่ 6 ค่าการรั่วไหล (EC) ของเมล็ดข้าวพันธุ์เล็บนกจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี

สิ่งทดลอง	คาการรั่วไหล (EC) (µS/cm/g seed)				ค่าเฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
control	27.20	29.10	31.10	34.48	30.47
traditional	14.90	14.60	12.90	15.50	14.48
hydropriming					
24 hr.	18.90	15.60	19.00	16.20	17.43
48 hr.	14.90	16.70	19.00	19.40	17.50
72 hr.	17.50	17.60	16.60	16.90	17.15
96 hr.	13.10	10.80	14.20	9.80	11.98
osmopriming					
24 hr.	46.20	38.00	42.70	33.90	40.20
48 hr.	45.40	43.20	42.20	50.20	45.25
72 hr.	43.50	55.30	55.70	45.40	49.98
96 hr.	59.00	66.90	54.00	61.50	60.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 7 เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์สามเดือนจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี

สิ่งทดลอง	เปอร์เซ็นต์ความงอก (%)				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ค่าเฉลี่ย
control	80.00	70.00	68.00	74.00	73.00
traditional	84.00	72.00	80.00	70.00	76.50
hydropriming					
24 hr.	78.00	88.00	82.00	86.00	84.00
48 hr.	84.00	78.00	78.00	84.00	81.00
72 hr.	82.00	82.00	90.00	78.00	83.50
96 hr.	70.00	84.00	78.00	76.00	77.00
osmopriming					
24 hr.	86.00	84.00	82.00	80.00	83.00
48 hr.	72.00	70.00	82.00	80.00	76.00
72 hr.	75.00	74.00	75.00	62.00	74.00
96 hr.	82.00	82.00	78.00	76.00	79.50

ตารางผนวกที่ 8 ดัชนีความงอก (GI) ของเมล็ดข้าวพันธุ์สามเดือนจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี

สิ่งทดลอง	ดัชนีความงอก (GI)				
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	ค่าเฉลี่ย
control	31.00	25.83	25.00	30.00	27.96
traditional	29.80	26.07	29.33	28.73	28.48
hydropriming					
24 hr.	35.00	36.87	31.57	36.07	34.88
48 hr.	37.90	33.40	28.33	28.00	31.91
72 hr.	31.50	32.17	32.17	28.07	30.98
96 hr.	33.33	37.07	37.00	35.67	35.77
osmopriming					
24 hr.	29.97	34.50	28.90	28.60	30.49
48 hr.	28.17	26.67	32.00	33.33	30.04
72 hr.	27.33	31.67	25.17	28.50	29.67
96 hr.	37.33	37.57	34.50	33.83	35.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 9 เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก (MGT) ของเมล็ดข้าวพันธุ์สามเดือนจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี

สิ่งทดลอง	เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการงอก (วัน)				ค่าเฉลี่ย
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	ซ้ำที่4	
control	2.68	2.83	2.79	2.57	2.72
traditional	2.98	2.92	2.83	2.82	2.88
hydropriming					
24 hr.	2.24	2.59	2.73	2.51	2.52
48 hr.	2.33	2.51	3.16	3.00	2.75
72 hr.	2.71	2.66	2.98	2.91	2.81
96 hr.	2.14	2.43	2.15	2.18	2.23
osmopriming					
24 hr.	3.00	2.90	2.95	2.98	2.96
48 hr.	2.69	2.74	2.66	2.50	2.65
72 hr.	2.63	2.46	2.32	2.26	2.42
96 hr.	2.27	2.32	2.36	2.34	2.32

ตารางผนวกที่ 10 พลังงานที่ใช้ในการงอก (GE) ของเมล็ดข้าวพันธุ์สามเดือนจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี

สิ่งทดลอง	พลังงานที่ใช้ในการงอก (GE)				ค่าเฉลี่ย
	ซ้ำที่1	ซ้ำที่2	ซ้ำที่3	ซ้ำที่4	
control	76.00	70.00	76.00	64.00	71.50
traditional	70.00	74.00	74.00	80.00	74.50
hydropriming					
24 hr.	80.00	82.00	80.00	84.00	81.50
48 hr.	82.00	76.00	76.00	84.00	79.50
72 hr.	82.00	82.00	88.00	68.00	80.00
96 hr.	70.00	82.00	78.00	76.00	76.50
osmopriming					
24 hr.	82.00	88.00	80.00	80.00	82.50
48 hr.	72.00	70.00	82.00	80.00	76.00
72 hr.	70.00	74.00	76.00	72.00	74.00
96 hr.	82.00	80.00	78.00	76.00	79.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวกที่ 11 เวลาในการงอก 50% (T_{50}) (วัน) ของเมล็ดข้าวพันธุ์สามเดือนจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี

สิ่งทดลอง	เวลาในการงอก 50% (T_{50}) (วัน)				ค่าเฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
control	2.52	2.63	2.51	2.55	2.55
traditional	2.45	2.42	2.39	2.34	2.40
hydropriming					
24 hr.	1.66	1.86	2.27	1.95	1.93
48 hr.	1.69	1.79	2.60	2.51	2.15
72 hr.	2.29	2.23	2.49	2.44	2.36
96 hr.	2.59	1.71	2.10	1.82	2.11
osmopriming					
24 hr.	2.48	2.43	2.46	2.42	2.45
48 hr.	2.22	2.31	2.25	2.01	2.20
72 hr.	2.22	1.85	1.71	1.66	1.86
96 hr.	1.69	1.63	1.76	1.74	1.71

ตารางผนวกที่ 12 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของสารละลายจากการแช่เมล็ดข้าวพันธุ์สามเดือนหลังจากการเตรียมเมล็ดพันธุ์ต่างกัน 10 วิธี

สิ่งทดลอง	คาการนำไฟฟาของสารละลาย (µS/cm/g seed)				ค่าเฉลี่ย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
control	21.30	21.60	22.40	23.60	22.23
traditional	13.30	14.10	14.50	14.00	13.98
hydropriming					
24 hr.	11.70	16.30	11.90	12.20	13.03
48 hr.	12.70	11.20	13.10	14.30	12.83
72 hr.	12.20	12.60	12.50	12.20	12.38
96 hr.	11.80	12.30	13.30	13.80	12.80
osmopriming					
24 hr.	32.90	33.20	38.20	29.10	33.35
48 hr.	32.80	35.00	32.90	38.10	34.70
72 hr.	42.10	41.80	45.70	44.90	43.63
96 hr.	41.00	44.50	38.70	39.70	40.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ 1 วัดความชื้นเมล็ดพันธุ์ข้าวก่อนทำการทดลองและตรวจนับใส่ถุง 50 เมล็ด/ถุง

ภาพผนวกที่ 2 แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวในสารละลาย Clorox เข้มข้น 10% นาน 20 นาที เพื่อฆ่าเชื้อราที่อาจติดอยู่ภายนอกเมล็ดพันธุ์

ภาพผนวกที่ 3 การทำ hydropriming ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ 4 การทำ osmopriming ที่อุณหภูมิ 18 องศาเซลเซียส

พันธุ์เล็บนก พันธุ์สามเดือน

ภาพผนวกที่ 5 เมล็ดข้าว 2 พันธุ์ที่ผ่านการทำ hydropriming และ osmopriming นำไปผึ่งลมในที่ร่มให้แห้งที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลาประมาณ 3 วัน

ภาพผนวกที่ 6 เพาะเมล็ดข้าวทั้ง 2 พันธุ์ลงบนกระดาษเพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพผนวกที่ 7 นำเมล็ดข้าวไปบ่มเพาะในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ภาพผนวกที่ 8 แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวในน้ำกลั่นเพื่อตรวจวัดการรั่วไหลของสารประกอบในเมล็ดพันธุ์

ภาพผนวกที่ 9 ตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าของสารละลายในน้ำกลั่นที่ใช้แช่เมล็ดพันธุ์ข้าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นางสาว นัฐวรรณ บุษบา

วัน เดือน ปีเกิด วันที่ 25 พฤษภาคม พ.ศ. 2530

ที่อยู่ปัจจุบัน 201/478 ถนน ร่มเกล้า แขวง คลองสองต้นนุ่น เขต ลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา (2549) สำเร็จการศึกษาชั้นมัธยมตอนต้นและมัธยมตอนปลายจากโรงเรียนนวมินทราชินูทิศ เตรียมอุดมศึกษาน้อมเกล้า กรุงเทพมหานคร

(2553) สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาพืชไร่ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

(2568) สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ ภาควิชา เทคโนโลยีการผลิตพืช สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้