การพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

โดย

นายจำนงค์ ประเสริฐ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการเกษตรอินทรีย์)
สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Ref. code: 25625909034604ZAD

การพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

โดย

นายจำนงค์ ประเสริฐ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการเกษตรอินทรีย์)
สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2562

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

Ref. code: 25625909034604ZAD

DEVELOPMENT OF SEMI-AUTOMATIC ORGANIC SEED FREE PATHOGEN MACHINE

BY

MR. JUMNONG PRASERT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF
MASTER OF SCIENCE (ORGANIC FARMING MANAGEMENT)
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
FACULTY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2019

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

Ref. code: 25625909034604ZAD

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

วิทยานิพนธ์

ของ

นายจำนงค์ ประเสริฐ

เรื่อง

การพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการเกษตรอินทรีย์)

เมื่อ วันที่ 22 ธันวาคม พ.ศ. 2562

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีเมฆ ชาวโพงพาง)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุสิต อธินุวัฒน์)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปาริยา ณ นคร)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____
(อาจารย์ ดร.วิลาวรรณ์ เชื้อบุญ)

คณบดี _____
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐธนนท์ หงส์วริทธิ์ธร)

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ
ชื่อผู้เขียน	นายจำนงค์ ประเสริฐ
ชื่อปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการเกษตรอินทรีย์)
สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย	สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุสิต อธินุวัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปาริยา ณ นคร
ปีการศึกษา	2562

บทคัดย่อ

เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติถูกประดิษฐ์ขึ้นในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อใช้สำหรับลดการปนเปื้อนเชื้อสาเหตุโรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชอินทรีย์ โดยหลักการทำงานของนวัตกรรมประกอบด้วย โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับกำหนดอุณหภูมิและควบคุมเวลาในการฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์ โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมแขนกลยกตะกร้าเมล็ดพันธุ์จุ่มลงในน้ำร้อนและยกขึ้นเมื่อเสร็จงาน และโปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำทิ้งและปล่อยน้ำทิ้ง โปรแกรมเหล่านี้ถูกควบคุมผ่านโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (พีเอลซี) และคุณสมบัติทั้งหมดของนวัตกรรมจะถูกสอบเทียบด้วยเครื่องมือวัดที่เป็นมาตรฐาน รวมทั้งทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อสาเหตุโรคที่จำลองการติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชผักอินทรีย์และเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ในสภาพห้องปฏิบัติการ ผลการวิจัยพบว่า การใช้นวัตกรรมนี้ด้วยโปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะแช่เมล็ดพันธุ์คะน้าในน้ำร้อนอุณหภูมิ 55±0.1 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที มีประสิทธิภาพดีที่สุดแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในการลดการปนเปื้อนเชื้อ *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* สาเหตุโรคขอบใบทองของคะน้าได้ 92.20 เปอร์เซ็นต์ โดยยังคงรักษาให้เมล็ดพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูงที่สุดเท่ากับ 82.22 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกรรมวิธีควบคุม (เมล็ดที่ไม่ได้ทำการใด ๆ) ในทิศทางเดียวกันนวัตกรรมนี้ยังสามารถนำไปใช้ควบคุมเชื้อ *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* สาเหตุโรคใบขีดที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานด้วยการแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 54-55±0.1 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที พบว่า สามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อสาเหตุโรคเป้าหมายในเมล็ดพันธุ์

Ref. code: 25625909034604ZAD

ได้ 100 เปอร์เซ็นต์ จากการตรวจสอบการปนเปื้อนด้วยเทคนิค Bio-PCR โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะยังส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์สูงสุดเท่ากับ 94.8-95.0 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม แสดงให้เห็นว่านวัตกรรมเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติสามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อสาเหตุโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชอินทรีย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ส่งผลต่อการงอกของเมล็ด และปราศจากความคลาดเคลื่อน ดังนั้น นวัตกรรมนี้จึงจัดเป็นต้นแบบที่เหมาะสมสำหรับการนำไปใช้ลดการปนเปื้อนเชื้อสาเหตุโรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์คะน้า ข้าวโพดหวาน และพืชอื่น ๆ และสามารถนำไปส่งเสริมให้กับชุมชนเกษตรกรรายย่อยสำหรับการนำไปจัดการเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกหรือนำไปใช้ควบคุมโรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: นวัตกรรมโรคพืช โรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ โรคข้าวโพด โรคผัก การควบคุมโรคพืช

Ref. code: 25625909034604ZAD

Thesis Title	DEVELOPMENT OF SEMI-AUTOMATIC ORGANIC SEED FREE PATHOGEN MACHINE
Author	Mr. Jumnong Prasert
Degree	Master of Science (Organic Farming Management)
Department/Faculty/University	Agricultural Technology Faculty of Science and Technology Thammasat University
Thesis Advisor	Assistant Professor Dusit Athinuwat, Ph.D.
Thesis Co-Advisor	Assistant Professor Pariya Na-nakorn, Ph.D.
Academic Year	2019

ABSTRACT

Semi-automatic organic seed free pathogen machine was invented in this research for seedborne pathogen reduction in contaminated organic seed. Its function process including automatically specific time and temperature seed sterilize control programs, automatically arm control program for lifted down seed basket into the hot water and lifted up when time program finished, and automatically disinfect and discharge wastewater control programs. All functions controlled via Programmable Logic Control (PLC). All features of the invention were calibrated with reference standard and tested for seedborne pathogen killing in mimic-contaminated organic vegetable and organic sweet corn seeds in vivo. The results revealed that the invention with specific set program of water heat up to 55 ºC with ±0.1ºC error for 5 minutes showed significantly appropriate reduction of mimic-contaminated seed by *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*, the causal agent of black rot of Chinese kale with 92.20%, which these automatically specific program showed highest of seed germination percentage with 82.22% without significantly different with nontreated control ($p \leq 0.05$). In the same trend, this innovation could apply to controlling of *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* pathogen, the causal agent of bacterial leaf streak in sweet corn by treated sweet corn seeds with 54-55 ºC hot water for 10 minutes.

Ref. code: 25625909034604ZAD

Results revealed 100% contaminated seed reduction which was detected by Bio-PCR. This automatically specific programs showed highest seed germination percentage with 94.8-95.0% that did not significant with control treatment ($p \leq 0.05$). Therefore, semi-automatic organic seed free pathogen machine showed high efficiency to reduce seedborne pathogen in organic plant seeds without affect to seed germination and error. This innovation is a suitable model that can be used for Chinese kale, sweet corn, and other plant seedborne pathogen reduction and should contribute to small farmer community for organic plant seed management before cultivation or sustainable seedborne disease control.

Keywords: Plant Pathology innovation, seedborne disease, maize disease, vegetable disease, plant disease control.

Ref. code: 25625909034604ZAD

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ฉบับนี้สำเร็จและสมบูรณ์ได้ เนื่องจากความอนุเคราะห์ช่วยเหลือและกรุณาให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางที่เป็นประโยชน์ในการค้นคว้าวิจัยอย่างดียิ่ง จากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุสิต อธินุวัฒน์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปาริยา ณ นคร ที่สละเวลาอันมีค่าให้คำแนะนำในทุกกระบวนการของการกระทำวิทยานิพนธ์ เพื่อปรับปรุงให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ นอกจากนี้ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีเมฆ ชาวโพงพาง ประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้งกรรมการในการสอบและคณาจารย์ทุกท่านเป็นอย่างยิ่ง ที่ให้ความรู้และคำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างมาก กราบขอบพระคุณอย่างสูง

สุดท้ายนี้ผู้วิจัย ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว และเพื่อนๆ ทุกท่าน ตลอดจนผู้ร่วมศึกษาในคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร ที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเกิดประโยชน์แก่ผู้สนใจในเนื้อหาและการศึกษาค้นคว้าต่อไป

นายจำนงค์ ประเสริฐ

Ref. code: 25625909034604ZAD

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	(1)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	(3)
กิตติกรรมประกาศ	(5)
สารบัญตาราง	(11)
สารบัญภาพ	(12)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	2
บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 โรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืช	4
2.1.1 โรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชผัก	6
2.1.1.1 โรคเน่าคอดิน	6
2.1.1.2 โรคขอบใบทอง	12
2.1.1.3 โรคราน้ำค้างในแตงกวา	13
2.1.2 โรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชไร่	14
2.1.2.1 โรคเมล็ดด่างในข้าว	14
2.1.2.2 โรคใบขีดในข้าวโพด	15

Ref. code: 25625909034604ZAD

2.1.2.3 โรคราเขม่าดำในข้าวโพด 16
2.2 การควบคุมโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ 17
2.2.1 การหลีกเลี่ยงเชื้อโรค 18
2.2.2 การกีดกันเชื้อโรค 20
2.2.3 การกำจัดเชื้อโรค 21
2.2.4 การป้องกันพืช 22
2.2.5 การปรับปรุงพืชให้ต้านทานโรค 22
2.2.6 การรักษาพืชที่เป็นโรค 23
2.2.6.1 การรักษาพืชที่เป็นโรคด้วยวิธีทางเคมี 23
2.2.6.2 การรักษาพืชที่เป็นโรคด้วยชีววิธี 24
2.2.6.3 การรักษาพืชที่เป็นโรคด้วยวิธีทางฟิสิกส์ 25
2.3 การควบคุมโรคพืชในเมล็ดพันธุ์โดยใช้ความร้อนแห้ง 25
2.4 การควบคุมโรคพืชในเมล็ดพันธุ์โดยใช้ความร้อนชื้น 26
2.5 อุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติสำหรับการพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 29
2.5.1 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (Programmable logic controller) 29
2.5.2 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature controller) 31
2.5.3 การควบคุมแขนกลเบื้องต้น 34
2.5.4 โซลินอยวาล์ว (Solenoid valve) 34
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 36

บทที่ 3 วิธีการวิจัย 38

3.1 กำหนดรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 38
3.2 ส่วนประกอบของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 39
3.3 การพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 39
3.3.1 การพัฒนาฮาร์ดแวร์ 39
3.3.2 การพัฒนาซอฟแวร์ที่มีความจำเพาะสำหรับควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ 40

Ref. code: 25625909034604ZAD

3.3.3 การออกแบบเครื่องเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 40
3.3.4 การพัฒนาชุดอ่างทำความร้อน 42
3.3.5 การพัฒนาชุดแขนกล (actuator) พร้อมอุปกรณ์รองรับการติดตั้งสำหรับยกตะกร้าและวางตะกร้าเมล็ดพันธุ์จุ่มลงในอ่างทำความร้อนและยกขึ้นเมื่อเสร็จงาน 43
3.3.6 การพัฒนาชุดควบคุมการทำงานเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 44
3.3.7 การพัฒนาชุดควบคุมการปล่อยน้ำทิ้ง 45
3.3.8 การพัฒนาซอฟแวร์ที่มีความจำเพาะสำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 46
3.3.8.1 พัฒนาโปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 46
3.3.8.2 พัฒนาโปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมเวลาการทำงานในการฆ่าเชื้อของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 46
3.3.8.3 พัฒนาโปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมการทำงานของแขนกล (Actuator) ของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 47
3.3.8.4 พัฒนาโปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมการฆ่าเชื้อและปล่อยน้ำทิ้งของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 47
3.4 ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 47
3.4.1 ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดที่เป็นมาตรฐาน 48
3.4.1.1 ทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 48
3.4.1.2 ทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมเวลาอัตโนมัติของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 48

Ref. code: 25625909034604ZAD

3.4.1.3 ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานแขนกลอัตโนมัติของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 48
3.4.1.4 ทดสอบประสิทธิการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งและการปล่อยน้ำทิ้งอัตโนมัติของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 49
3.4.2 ทดสอบประสิทธิภาพการลดการปนเปื้อนเชื้อสาเหตุโรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชอินทรีย์ 49
3.4.2.1 ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติในการลดการปนเปื้อนเชื้อ Acidovorax avenae subsp. Avenae สาเหตุโรคใบขีดที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ 49
3.4.2.2 ทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์คะน้าอินทรีย์และผลกระทบต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 51

บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล 52

4.1 ผลการพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 52
4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 55
4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมเวลาของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 57
4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพแขนกลในการหย่อนเมล็ดพันธุ์ลงแช่ในเครื่องฆ่าเชื้อโรคและการยกขึ้นออกจากเครื่องฆ่าเชื้อโรค 58
4.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งและการปล่อยน้ำทิ้งอัตโนมัติ 60
4.6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการลดการปนเปื้อนเชื้อสาเหตุโรคใบขีดในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 61
4.7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการลดการปนเปื้อนเชื้อสาเหตุโรคขอบใบทองในเมล็ดพันธุ์คะน้าด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 67

Ref. code: 25625909034604ZAD

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 74

รายการอ้างอิง 76

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก วิธีการใช้งานตัวเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 81

ภาคผนวก ข วิธีการเก็บรักษาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 82

ภาคผนวก ค PLC ledder diagram ในชุดควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 83

ภาคผนวก ง Temperature control system diagram ในชุดควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 93

ประวัติผู้เขียน 98

Ref. code: 25625909034604ZAD

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	อุณหภูมิของลมและระยะเวลาที่เหมาะสมของเมล็ดแต่ละชนิดในการใช้ลมร้อนเพื่อลดเชื้อโรคที่ติดมากับเมล็ด	26
2.2	อุณหภูมิของน้ำและระยะเวลาที่เหมาะสมของเมล็ดแต่ละชนิดในการใช้น้ำร้อนเพื่อลดเชื้อโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์	29
4.1	แสดงค่าเฉลี่ยผลการทดสอบการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ	56
4.2	แสดงค่าเฉลี่ยผลการทดสอบความสามารถในการควบคุมเวลาของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ	57
4.3	แสดงค่าเฉลี่ยผลการทดสอบประสิทธิภาพแขนกลในการหย่อนเมล็ดพันธุ์ลงแช่ในเครื่องฆ่าเชื้อโรคและการยกขึ้น	58
4.4	ผลการทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งและการปล่อยน้ำทิ้งอัตโนมัติของเครื่องฆ่าเชื้อโรคด้วยเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ	60
4.5	ประสิทธิภาพเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติในการฆ่าเชื้อ *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* ในสภาพจำลองการติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์	63
4.6	ประสิทธิภาพเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติในการลดการปนเปื้อนเชื้อสาเหตุโรคใบขีดแบคทีเรียในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ตรวจสอบด้วยเทคนิค Bio-PCR	65
4.7	ประสิทธิภาพเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติในการฆ่าเชื้อ *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* ในสภาพจำลองการติดมากับเมล็ดพันธุ์คะน้า	70

Ref. code: 25625909034604ZAD

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ชีพจักรของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*	10
2.2 ลักษณะอาการโรคเน่าคอดินในแตงกวา ก) ลำต้นเหนือดิน และ ข) ราก	11
2.3 ลักษณะอาการเกิดโรคเน่าคอดินของคะน้า [ก) ต้นคะน้าปกติ ข) ต้นคะน้าที่แสดงอาการผิดปกติ ค) ต้นคะน้าปกติหลังจากถอน และ ง) ต้นคะน้าที่แสดงอาการผิดปกติหลังจากถอน)	11
2.4 ลักษณะอาการโรคขอบใบทองพืชกะหล่ำปลี กะหล่ำดอก คะน้า	12
2.5 ลักษณะโคโลนีของแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* pathovars ก) เจริญบนอาหาร yeast extract dextrose $CaCO_3$ อายุ 36 ชั่วโมง ข) เจริญบนอาหาร SX agar เกิดบริเวณใสรอบโคโลนี และ ค) ลักษณะโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียที่แยกจากอาการแผลจุดและแผลไหม้	13
2.6 อาการของโรคราน้ำค้างในแตงกวา	14
2.7 อาการโรคเมล็ดด่างในข้าว	15
2.8 ลักษณะโคโลนีของแบคทีเรีย *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* บนอาหาร SNR	16
2.9 อาการโรคใบขีดในข้าวโพดจากเชื้อแบคทีเรีย *Acidovorax avenae* subsp. *avenae*	16
2.10 อาการของโรคเขม่าดำในข้าวโพด	17
2.11 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)	26
2.12 การห่อเมล็ดด้วยผ้าขาวบาง	27
2.13 การอุ่นเมล็ดพันธุ์พืช	27
2.14 การปรับอุณหภูมิของน้ำให้เหมะสมกับเมล็ดพันธุ์แต่ละชนิด	28
2.15 การรักษาระดับอุณหภูมิของน้ำร้อนขณะแช่เมล็ดให้คงที่	28
2.16 บล็อกไดอะแกรมส่วนประกอบหลักของ PLC	30
2.17 ไดอะแกรมแลดเดอร์	30
2.18 การควบคุมแบบ ON – OFF ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ	32
2.19 กระบวนการทำงานของ PID Control ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ	33
2.20 ระบบโซลินอยวาล์ว (Solenoid valve)	34

Ref. code: 25625909034604ZAD

2.21 โซลินอยวาล์วที่ใช้พลังงานจากถ่าน 35
3.1 แบบส่วนประกอบหลักของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 40
3.2 แบบระยะ (dimension) ของชุดอ่างทำความร้อนและชุดแขนกลพร้อมอุปกรณ์รองรับการติดตั้งสำหรับยกตะกร้าและวางตะกร้าเมล็ดพันธุ์จุ่มลงในอ่างทำความร้อนและยกขึ้นเมื่อเสร็จงาน 41
3.3 แบบระยะ (dimension) ของชุดควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 41
3.4 วงจรควบคุมการทำความร้อนแบบอัตโนมัติ 42
3.5 การพัฒนาอ่างทำความร้อนและชุดรองรับอ่างทำความร้อนพร้อมติดตั้งอุปกรณ์ทำความร้อนภายในอ่างทำความร้อน 43
3.6 ชุดแขนกล (actuator) และอุปกรณ์รองรับการติดตั้งสำหรับยกตะกร้าและวางตะกร้าเมล็ดพันธุ์จุ่มลงในอ่างทำความร้อนและยกขึ้นเมื่อเสร็จงาน 44
3.7 ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 45
3.8 ชุดควบคุมการปล่อยน้ำทิ้งของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 45
4.1 เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 53
4.2 ไดอะแกรมแสดงการควบคุมการทำงานในเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ 53

Ref. code: 25625909034604ZAD

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

ตลาดสินค้าอินทรีย์ในปัจจุบันมีแนวโน้มเติบโตขึ้นทั้งในระดับประเทศและระดับโลก เนื่องจากความห่วงใยในเรื่องสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ทำให้พื้นที่การผลิตพืชอินทรีย์ขยายตัวเพิ่มขึ้น และเกษตรกรมีความจำเป็นต้องใช้เมล็ดพันธุ์พืชหรือส่วนขยายพันธุ์ที่เป็นอินทรีย์ แต่ในปัจจุบันการผลิตเมล็ดพันธุ์อินทรีย์ที่ได้มาตรฐานยังมีข้อจำกัดอยู่หลายประการทั้งด้านปริมาณและคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ ในอนาคตหากประเทศไทยต้องเข้าสู่ระบบการผลิตพืชอินทรีย์ที่ได้มาตรฐานสากลจึงอาจประสบปัญหาการขาดแคลนเมล็ดพันธุ์พืชอินทรีย์ที่มีคุณภาพได้ โดยเมล็ดพันธุ์ที่ดีต้องมีเปอร์เซ็นต์ความงอกสูง ต้นกล้ามีความสมบูรณ์แข็งแรงและปราศจากโรคและแมลงศัตรูพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ เมื่อกระบวนการผลิตพืชอินทรีย์เริ่มต้นจากการใช้เมล็ดพันธุ์ที่สมบูรณ์แข็งแรงปราศจากการปนเปื้อนจากโรคและแมลงศัตรูพืชแล้วย่อมทำให้ต้นพืชนั้นเจริญงอกงาม แข็งแรง ออกดอกและให้ผลผลิตดีในที่สุด เมล็ดพันธุ์จึงจัดเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ระบุไว้ในข้อกำหนดมาตรฐานเกษตรอินทรีย์สากล โดยจะต้องไม่เป็นเมล็ดพันธุ์ที่ได้รับการดัดแปลงพันธุกรรม (Genetic Modified Organism, GMO) และปราศจากการคลุกสารเคมีสังเคราะห์ใด ๆ (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2552) สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (2560) จึงมีคำแนะนำสำหรับการเตรียมเมล็ดพันธุ์พืชอินทรีย์ก่อนปลูก โดยให้แช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 – 55 องศาเซลเซียส เพื่อกำจัดเชื้อราและแบคทีเรียบางชนิดที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืช Lindsey (2005) ได้ศึกษาการฆ่าเชื้อสาเหตุโรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ด้วยการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที สามารถลดปริมาณเชื้อ *Alternaria* spp. ในเมล็ดพันธุ์พืชได้อย่างมีนัยสำคัญ และการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 55 หรือ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที สามารถกำจัดเชื้อหมดไปจากเมล็ดพันธุ์ แต่อย่างไรก็ตามการแช่เมล็ดพันธุ์พืชในน้ำร้อนเพื่อควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชเป็นเรื่องละเอียดอ่อนและมีข้อจำกัดหลายประการได้แก่ 1) น้ำต้องมีอุณหภูมิคงที่ตลอดระยะเวลาการแช่เมล็ดพันธุ์ 2) อิทธิพลของอุณหภูมิของน้ำต่อเปอร์เซ็นต์ความงอก และ 3) อิทธิพลของอุณหภูมิต่อประสิทธิภาพการควบคุมโรคในเมล็ดพันธุ์ หากมีการพัฒนาเครื่องมือสำหรับใช้แช่เมล็ดพันธุ์พืชอินทรีย์ในน้ำร้อนที่สามารถควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตลอดระยะเวลาการควบคุมโรคด้วยการแช่น้ำร้อน รวมทั้งการศึกษารายละเอียดอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการควบคุมและฆ่าเชื้อสาเหตุโรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ ตลอดจนการศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิของน้ำต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์

Ref. code: 25625909034604ZAD

จะสามารถช่วยแก้ปัญหาการควบคุมโรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ การวิจัยครั้งนี้จึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติสำหรับใช้ในการลดการปนเปื้อนของเชื้อสาเหตุโรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ และเป็นต้นแบบสำหรับเกษตรกรรายย่อยในการประดิษฐ์เครื่องนี้สำหรับใช้เตรียมเมล็ดพันธุ์พืชอินทรีย์ก่อนการเพาะปลูกในระบบเกษตรอินทรีย์ตามมาตฐานสากลต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์พืชอินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

1.2.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติในการลดการปนเปื้อนเชื้อ *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* สาเหตุโรคขอบใบทองที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์คะน้าอินทรีย์

1.2.3 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติในการลดการปนเปื้อนเชื้อ *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* สาเหตุโรคใบขีดที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์พืชอินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพดีตรงตามคุณสมบัติที่กำหนดและตรงตามมาตฐานเครื่องมือวัด รวมทั้งมีฟังก์ชันการใช้งานที่เหมาะสม

1.3.2 เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติที่สามารถฆ่าเชื้อสาเหตุโรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ได้ดีและไม่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์

1.3.3 เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติเป็นต้นแบบสำหรับเกษตรกรในการประดิษฐ์ไว้ใช้เองภายในชุมชน

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 กำหนดออกแบบและพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติให้สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 25 องศาเซลเซียส ถึง 100 องศาเซลเซียส ด้วยอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (temperature controller) และโปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (programmable logic control, PLC)

Ref. code: 25625909034604ZAD

1.4.2 ออกแบบพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติให้สามารถควบคุมเวลาแบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรม PLC

1.4.3 ออกแบบพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติให้มีระบบแขนกลในการจุ่มและยกเมล็ดพันธุ์ขึ้นจากอ่างฆ่าเชื้อแบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรม PLC

1.4.4 ออกแบบพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติให้มีระบบการการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งและการปล่อยน้ำทิ้งแบบอัตโนมัติด้วยโปรแกรม PLC

1.4.5 ทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติในการลดการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* สาเหตุโรคขอบใบทองในเมล็ดพันธุ์คะน้าอินทรีย์ และเชื้อแบคทีเรีย *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* สาเหตุโรคใบขีดในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์

Ref. code: 25625909034604ZAD

บทที่ 2
วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ มีรายละเอียดและเนื้อหาสำคัญ ดังนี้

2.1 โรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืช

2.1.1 โรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชผัก

2.1.2 โรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชไร่

2.2 การควบคุมโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์

2.3 การควบคุมโรคพืชในเมล็ดพันธุ์โดยใช้ความร้อนแห้ง

2.4 การควบคุมโรคพืชในเมล็ดพันธุ์โดยใช้ความร้อนชื้น

2.5 อุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติสำหรับสำหรับการพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

2.5.1 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (พีเอลซี)

2.5.2 อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (temperature controller)

2.5.3 การควบคุมแขนกลเบื้องต้น

2.5.4 โซลินอยวาล์ว (solenoid valve)

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืช

การปลูกพืชด้วยเมล็ดพันธุ์ที่มีเชื้อสาเหตุโรคพืชติดมาด้วย เชื้อโรคนั้นจะเป็นสาเหตุทำให้พืชที่งอกและเจริญเติบโตอยู่ในระบบนิเวศใดระบบนิเวศหนึ่ง ได้รับความเสียหายจากโรคพืชนั้นเป็นอย่างมาก โดยเมื่อเชื้อโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชได้ก่อให้เกิดความเสียหายแก่พืชอาศัยแล้ว เชื้อโรคยังสามารถผลิตส่วนขยายพันธุ์และแพร่ระบาดไปยังต้นพืชปกติอื่น ๆ ในไร่หรือไปสู่ท้องถิ่นที่ไม่เคยมีโรคนี้ระบาดมาก่อนได้ เช่น โรคที่ติดมากับเมล็ดข้าวฟ่างได้ทำความเสียหายให้กับต้นกล้าและเชื้อราสามารถผลิตสปอร์แพร่ระบาดไปยังต้นพืชปกติอื่น ๆ ได้ เมล็ดพันธุ์พืชที่มีเชื้อโรคบางชนิดติดมาด้วยนอกจากเชื้อโรคจะเข้าทำลายเมล็ดพันธุ์และต้นกล้าพืชนั้นให้เสียหายได้โดยตรงแล้ว ยังจะทำให้มนุษย์หรือสัตว์ที่บริโภคเมล็ดพืชนั้นเข้าไป ได้รับอันตรายจากเชื้อโรคนั้นหรือสารพิษที่เชื้อราสาเหตุโรคนั้นผลิตขึ้น (mycotoxins) ได้อีกด้วย ซึ่งสารพิษนั้นเป็นสารประกอบทุติยภูมิ (secondary

Ref. code: 25625909034604ZAD

metabolites) ที่สร้างจากเชื้อราชนิดที่สร้างสารพิษ (toxin producing fungi) ได้แก่ เชื้อราในตระกูล *Aspergillus*, *Penicillum*, *Fusarium*, *Clavicep*, *Alternaria* และ *Stachybotyrs* ตัวอย่างโรคพืชที่เกิดจากเชื้อราติดมากับเมล็ดพันธุ์ เช่น โรคแอนแทรคโนสของพริก โรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อรา *Fusarium* sp. โรคราน้ำค้างของข้าวโพดและข้าวฟ่าง และโรคเขม่าดำของข้าวโพด เป็นต้น โรคพืชที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรียติดมากับเมล็ดพันธุ์ เช่น โรคเน่าดำและโรคเน่าเละของพืชตระกูลกะหล่ำ เป็นต้น โรคพืชที่เกิดจากไวรัสติดมากับเมล็ดพันธุ์ เช่น โรคใบด่างของถั่วและผักกาดหอม และโรคใบหงิกของพริก เป็นต้น โรคพืชที่เกิดจากไส้เดือนฝอยติดมากับเมล็ดพันธุ์ เช่น โรครวงหงิกข้าวสาลี เป็นต้น ซึ่งการระบาดของโรคพืชโดยการที่เชื้อสาเหตุโรคติดไปกับเมล็ดพันธุ์พืชนั้น โรคพืชจะสามารถแพร่ระบาดไปสู่ท้องถิ่นอื่น ๆ ได้ไกล โดยทั่วไปเชื้อราสาเหตุโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชนั้นจะอยู่ในเมล็ดพันธุ์พืชโดยพักตัวอยู่ในรูปของเส้นใยและจะกลับมาเจริญทำลายต้นกล้าพืชหลังจากหว่านเมล็ดพันธุ์พืชในแปลงปลูก และนอกจากเชื้อราจะอยู่ในเมล็ดพันธุ์พืชในรูปของเส้นใยแล้ว ยังสามารถอยู่ในรูปโครงสร้างที่กำเนิดสปอร์ต่าง ๆ เช่น sclerotium, acervulus, pycnidium หรือ perithecium เชื้อสาเหตุโรคพืชบางชนิดที่อยู่และทำลายเมล็ดพันธุ์พืช จะไม่สามารถเคลื่อนย้ายไปทำลายต้นกล้าพืชที่งอกจากเมล็ดพันธุ์ได้ทันที เช่น โรคราน้ำค้างของข้าวโพด เป็นโรคหนึ่งที่มีรายงานว่าสามารถถ่ายทอดผ่านทางเมล็ดพันธุ์พืชได้ แต่การเป็นโรคก็เกิดน้อยมาก โดยการอยู่ร่วมกันของเชื้อโรคกับเมล็ดพันธุ์พืช เชื้อโรคอาจอยู่เพียงบนผิวของเมล็ด (infestation) เช่น สปอร์และเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรคเขม่าดำของธัญพืชต่าง ๆ ปกติเชื้อราจะติดไปกับเมล็ดพันธุ์ระหว่างการเก็บเกี่ยว เชื้อราจะอยู่ในเนื้อเยื่อของเมล็ด (infection) โดยเชื้ออาจเข้าสู่พืชขณะเป็นดอกหรือฝัก แล้วงอกเส้นใยเข้าสู่ภายในเมล็ด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด คุณสมบัติของเชื้อ การแก่ของเมล็ดและสภาพแวดล้อม หากเชื้อโรคมาสัมผัสพืชขณะเมล็ดเริ่มเจริญ เชื้อโรคก็จะเข้าสู่ภายในได้ลึกกว่า ถ้าเชื้อโรคมาสัมผัสพืชหลังจากเมล็ดพืชแก่ หรือเกือบแก่แล้ว เชื้อโรคก็จะเข้าสู่พืชได้เฉพาะบริเวณผิว ทั้งนี้ก็ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศที่เหมาะสมระหว่างการติดเชื้อ นอกจากนี้เมล็ดพันธุ์พืชยังสามารถได้รับเชื้อโรคจากการปะปนกับเนื้อเยื่อหรือส่วนของพืชที่เป็นโรคหรือปนกับส่วนของเชื้อโรคที่มีขนาดใหญ่ เช่น sclerotium (comitant contamination) (ไพโรจน์, 2556ก) โดยผลกระทบของการติดเชื้อหรือปนเปื้อนสาเหตุโรคพืชที่เมล็ดพันธุ์พืชนั้นสามารถก่อให้เกิดความเสียหายแก่เมล็ดพันธุ์และต้นอ่อนพืชดังนี้

1) สูญเสียความงอก เช่น การใช้เมล็ดพันธุ์ข้าวที่ติดเชื้อรา *Aspergillus flavas*, *Curvularia lunata* และ *Fusarium moniliforme* เป็นต้น

2) ต้นกล้าไหม้และเน่า เช่น เมล็ดเรดีชที่เกิดจากเชื้อ *Alternaria* spp. เข้าทำลาย

3) อาการโรคที่เกิดกับต้นโต เช่น โรคเขม่าดำของข้าวสาลีและข้าวฟ่าง เป็นต้น

Ref. code: 25625909034604ZAD

2.1.1 โรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชผัก

โรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชผักส่วนใหญ่เกิดจากเชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความเสียหายต่อการขยายพันธุ์พืช รวมทั้งส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตพืช ตัวอย่างโรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ผัก ได้แก่

2.1.1.1 โรคเน่าคอดิน

โรคโคนเน่าคอดินมีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Pythium* spp. ซึ่งอาศัยอยู่ในดิน (soil inhabitant) โดยที่รานี้จะเข้าทำลายพืชในช่วงแรกของการเจริญเติบโตได้ทุกระยะ เริ่มตั้งแต่เมล็ดที่หว่านเพาะลงในดิน ทำให้เมล็ดพันธุ์ได้รับความเสียหาย โดยเชื้อราจะก่อให้เกิดอาการเน่าฝ่อไม่สามารถงอกออกมาเป็นต้นกล้าได้ ระยะนี้เรียกว่า seed rot ส่วนเมล็ดที่รอดพ้นจากการทำลายของเชื้อราในระยะแรกสามารถงอกขึ้นเป็นต้นกล้าได้ แต่เชื้อรานี้ก็จะเข้าทำลายต่อเนื่องทำให้ต้นกล้าที่เพิ่งเริ่มงอกตายเสียตั้งแต่ยังอยู่ในดินนั่นเอง การทำลายต้นอ่อนตั้งแต่อยู่ในดินนี้เรียกว่า pre-emergence damping-off การที่หว่านเมล็ดพันธุ์พืชผักลงในดินแล้วไม่มีต้นกล้างอกขึ้นมาให้เห็น หากไม่เป็นเพราะเมล็ดเก่าเก็บจนเสื่อมคุณภาพแล้ว ส่วนใหญ่ก็เนื่องมาจากการทำลายของเชื้อราที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ในทั้ง 2 ระยะดังกล่าว ในกรณีที่เมล็ดพันธุ์พืชไม่ถูกทำลาย ไม่มี pre-emergence damping-off หรืออาจมีแต่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายทั้งหมด ต้นกล้าบางต้นอาจงอกขึ้นมาเหนือผิวดินให้เห็นได้ พวกนี้ก็อาจถูกเชื้อเข้าทำลายให้ตายต่อไปได้อีก คือจะสังเกตเห็นได้หลังจากที่ต้นกล้าอ่อนงอกขึ้นมาระยะหนึ่งแล้ว จะเกิดมีแผลที่บริเวณโคนต้น กล้าจะหักล้มพับลงเป็นหย่อม ๆ ใบจะแห้งตายซึ่งคล้ายกับถูกน้ำร้อนลวก อาการในต้นกล้าแต่ละต้นจะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กันอย่างรวดเร็ว การทำลายของเชื้อรากับต้นกล้าอ่อนที่งอกพ้นพื้นดินขึ้นมาแล้วนี้เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า post-emergence damping-off จุดที่เชื้อราเข้าทำลายไม่ว่าจะเป็นระยะก่อนหรือหลังจากงอกขึ้นมาเหนือดินแล้วจะเกิดตรงบริเวณลำต้น (hypocotyl) ระหว่างใบเลี้ยง (cotyledon) และรากแก้ว (tap root) ปกติแล้วต้นอ่อนของผักที่เพิ่งงอกจากเมล็ดจะมีผนังเซลล์หรือ membrane บางทำให้ส่วนของเซลล์ที่ประกอบกันเป็นเนื้อเยื่ออ่อนแอ ง่ายต่อการที่เชื้อจะเข้าทำลายและทำให้เกิดโรค นอกจากนั้นเมื่อเข้าไปสู่ภายในพืชได้แล้ว เซลล์พวกนี้ก็จะถูกทำลายให้ตาย สลายตัวลงอย่างรวดเร็ว เกิดเป็นแผลแผ่กระจายออกไปโดยรอบอย่างกว้างขวาง ทำให้ส่วนนั้นของต้นกล้าหักพับลงในที่สุด นอกจากอาการทำลายต้นกล้าทั้ง 3 ระยะดังกล่าวแล้ว เมื่อต้นพืชเจริญเติบโตต่อมาพ้นระยะกล้า เชื้อรานี้ยังสามารถเข้าทำลายส่วนต่าง ๆ ของพืชที่อยู่บริเวณผิวหรือใต้ดินลงไปให้เกิดอาการและความเสียหายในรูปต่าง ๆ ต่อไปได้อีก เช่น เข้าทำลายส่วนของรากก่อให้เกิดอาการรากเน่า (root rot) ทำลายส่วนลำต้นหรือโคนต้นให้เน่าเสีย เรียกว่า ต้นเน่าหรือโคนเน่า (stem rot, foot rot หรือ wire stem) ซึ่งทั้งหมดนี้อาจมีผลทำให้ต้นพืชผักชะงักงันหยุดการเจริญเติบโตแคระแกร็นหรือไม่ก็เหี่ยวเฉาจนอาจถึงตายได้ในที่สุด หากเชื้อราเข้าทำลายส่วนของลำต้น ซึ่งส่วนใหญ่มักจะเกิดขึ้นตรงบริเวณโคนที่อยู่ติดกับผิวดิน และเนื่องจากเป็น

Ref. code: 25625909034604ZAD

ระยะที่พืชเจริญเติบโตขึ้นกว่าตอนแรก เซลล์หรือเนื้อเยื่อต่าง ๆ หนาแข็งแรงขึ้น เชื้อราจึงเพียงแต่จะทำให้เกิดเป็นรอยแผลขึ้นที่ผิวหรือเปลือกของลำต้นเท่านั้น ความรุนแรงและเสียหายจึงไม่สู้มากนัก หากเทียบกับระยะแรก อาจทำให้เกิดเพียงอาการแคระแกร็น การเจริญเติบโตลดลงหรือไม่ก็อ่อนแอเป็นช่องทางให้เชื้อราหรือเชื้อโรคชนิดอื่นเข้าทำลายได้ง่ายและเร็วขึ้น อย่างไรก็ตาม ในกรณีที่เป็นรุนแรงหากแผลซึ่งเกิดที่ผิวหรือเปลือกของต้นพืชผักดังกล่าวแผ่ขยายลุกลามไปจนรอบต้นก็อาจมีผลทำให้ถึงตายได้เช่นกัน หรือไม่ก็อาจหยุดการเจริญเติบโตอยู่แค่นั้น ทั้งนี้เนื่องจากส่วนที่เป็น cambium และ vascular lie จะถูกทำลายหมด พืชไม่สามารถลำเลียงน้ำหรืออาหารไปเลี้ยงส่วนต่าง ๆ ของต้นได้เป็นปกติ แผลซึ่งเกิดที่ต้นนี้สังเกตเห็นได้โดยมีลักษณะแห้งเป็นสีน้ำตาลหรือสีเทายุบตัวลง ทำให้มองเห็นลำต้นตรงส่วนนั้นคอดเข้าไป ในต้นพืชผักที่แสดงอาการรุนแรง แผลดังกล่าวอาจลุกลามไปยังก้านใบและใบที่อยู่เหนือขึ้นไปได้

เชื้อ *Pythium* จัดเป็นราชั้นต่ำใน Class Phyeomycetes เส้นใยมีลักษณะเป็นท่อยาวไม่มีผนังกั้น ไม่มีสี แตกกิ่งก้านสาขาเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วเมื่อมีอาหารและสิ่งแวดล้อมเหมาะสม เมื่อโตเต็มที่ก็จะขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณได้ทั้งวิธีที่ใช้เพศ (sexual reproduction) และไม่ใช้เพศ (asexual reproduction) การขยายพันธุ์แบบใช้เพศเกิดขึ้นโดยการผสมกันของ oogonium ซึ่งทำหน้าที่เป็นเพศเมีย และ antheridium ทำหน้าที่เป็นเพศผู้ และผลจากการผสมกันก็จะเกิดเป็นสปอร์กลมที่มีเปลือกหรือผนังห่อหุ้มหนาที่เรียกว่า oospore ที่ทนทานต่อสภาพสิ่งแวดล้อมที่ผิดปกติได้ดีและนาน การขยายพันธุ์โดยวิธีนี้มักจะเกิดขึ้นในตอนปลายฤดูปลูกหรือเมื่อไม่มีพืชอาศัยให้เข้าทำลายได้อีกต่อไป ส่วนการขยายพันธุ์แบบไม่ใช้เพศนั้น คือ การเกิดเป็นสปอร์ที่มีหาง (flagella) 2 เส้น เคลื่อนไหวได้ ที่เรียกว่า zoospores หรือ swarm cells ภายใน sporangium ซึ่งงอกจากเส้นใยโดยตรง เป็นการขยายพันธุ์แบบปกติที่เกิดซ้ำได้หลายครั้งในขณะเข้าทำลายพืช ทำให้เกิดการเพิ่มปริมาณและแพร่ระบาดออกไปตลอดฤดูที่มีการปลูกพืช การเข้าทำลายพืชของเชื้อรานี้ จะเกิดขึ้นในขณะที่เป็นเส้นใยหลังจากงอกจากสปอร์แล้ว ทั้งวิธีเจาะไชทะลุผ่านผิวพืชเข้าไปโดยตรง (direct penetration) และทางแผล หลังจากนั้นก็จะไปอาศัยเจริญอยู่ระหว่างเซลล์ cortex หรือ parenchyma และ vascular bundle โรคจะเกิดและระบาดได้ดีในดินที่ชื้นแฉะที่มีการระบายน้ำไม่ดี (ภาพที่ 2.1)

ในประเทศไทยเชื้อรา *Pythium* spp. ก่อให้เกิดความเสียหายกับพืชสำคัญหลายชนิด ทั้งในพืชผักพวกตระกูลกะหล่ำ แตง บวมเหลี่ยม กระเจี๊ยบ ผักบุ้ง มะเขือเทศ ถั่วฝักยาว หน่อไม้ฝรั่ง (ภาพที่ 2.2) (Grisarapundha, 1987) ในพืชไร่พบโรคยอดเน่าของต้นกล้าถั่วเหลือง (ประเทือง, 2519) โรครากเน่าของหม่อน (สมภาค, 2529) โรคเน่าคอดินของคะน้า (ภาพที่ 2.3) (ประดิษฐ์, 2527) และเชื้อรานี้ยังสามารถก่อให้เกิดโรคกับผลไม้บางชนิดได้โดยก่อให้เกิดโรคยอดเน่าของกล้ามะพร้าว (ศรีสุรางค์, 2529) โรครากและโคนเน่าของมะละกอ (กรรณิการ์ และคณะ,

Ref. code: 25625909034604ZAD

2529) ซึ่งโรคต่าง ๆ ที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium* spp. นี้จะระบาดมากในฤดูฝนซึ่งมีความชื้นสูง เชื้อรา *Pythium* spp. นี้มีประมาณ 87 species (Plaats-Niterink, A.J. Vander, 1981) สำหรับในประเทศไทยนั้นมีอยู่ 6 species ที่ได้ทำการศึกษาแล้วว่าเป็นสาเหตุสำคัญในการทำให้เกิดโรคกับพืชผักในจำนวนนี้มี *P. aphanidermatum*, *P. deliense* และ *P. vexans* ที่ก่อให้เกิดโรคติดมากับกับเมล็ดพันธุ์และโรครากและโคนเน่าระดับดิน (Gisanapundha, 1987) *P. spendens* ทำให้เกิดโรครากและโคนเน่าของพริกไทย *P. oligandrum* และ *P. sinense* ไม่ทำให้เกิดโรครุนแรง ส่วน *P. acanthonoron* ไม่ทำให้เกิดโรค (Gisanapundha, 1987) ในไม้ผลพบ *P. aphanidermaturn* และ *P. deliense* ที่ทำให้เกิดโรครากและโคนเน่าของมะละกอ (กรรณิการ์ และคณะ, 2529) โดยสามารถจำแนกอนุกรมวิธานของเชื้อรา *Pythium* spp. ตามวิธีการของ Hawksworth (1983) มีดังนี้

Kingdom	Fungi
Division	Eumycota
Subdivision	Mastigomycotina
Class	Oomycetes
Order	Peronosporate
Family	Pythiaceae
Genus	Pythium

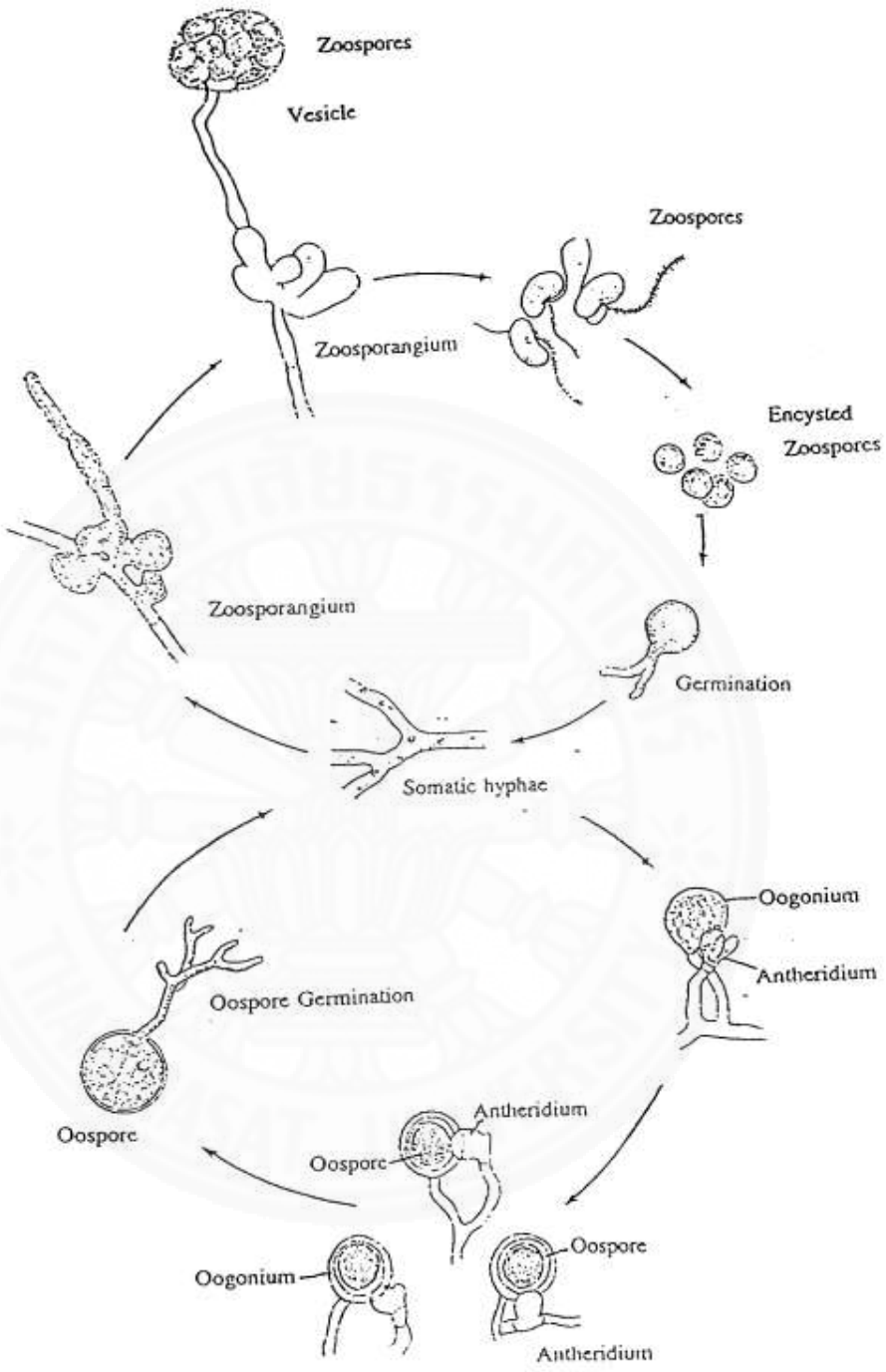
ตัวอย่างเชื้อราสาเหตุโรคในกลุ่มนี้ เช่น *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp ที่มีเส้นใยสีขาวใสมีความกว้างประมาณ 10 ไมครอน สืบพันธุ์แบบไม่มีเพศโดยการสร้าง zoosporangium แบบ inflated flamentous ซึ่งเป็นส่วนของเส้นใยที่บวมพองมักจะเกิดที่ปลายเส้นใยเป็นกลุ่ม (ภิญโญ, 2517; Plaats-Niteink, 1981) ความยาวของ zoosporangium จะแตกต่างกันระหว่าง 49.60 – 95.0 ไมครอน ความกว้าง 5.0 20.0 ไมครอน สร้าง zoospore โดย protoplasm จะจับกลุ่มรวมตัว (conderse) เป็น zoospore ใช้เวลาประมาณ 15 นาที vesicle จึงแตกออกให้ zoospore ว่ายน้ำออกมา หลังจากนั้นจะพักตัวแล้วเข้า cyst เป็นก้อนกลม zoospore มีลักษณะรูปไตมี 2 หาง (flagella) ขนาดความกว้างและยาวโดยเฉลี่ย 8.7 X 11.2 ไมครอน การสืบพันธุ์แบบมีเพศ เชื้อราจะสร้าง oogonium กลมผนังเรียบมักเกิดที่ปลายเส้นใบมีขนาดระหว่าง 18.50-27.28 ไมครอน antheridium รูปกระบอง (club) หรือ dome shape มักจะเกิดกลางเส้นใยได้ เกาะผสมติดกับ oogonium 1-2 อัน จากเส้นใยก้านเดียวกัน 10.17 X 14.80 ไมครอน เมื่อผสมกันแล้วจะเกิด oospore ลักษณะกลมผิวเรียบมีความหนาเฉลี่ย 1. 55 ไมครอนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง

Ref. code: 25625909034604ZAD

ระหว่าง 14.81-24.80 ไมครอน ลักษณะแบบ aplerotic (ภาพที่ 2.1) (สมภาค และประเสริฐ, 2515; ภิญโญ, 2517)

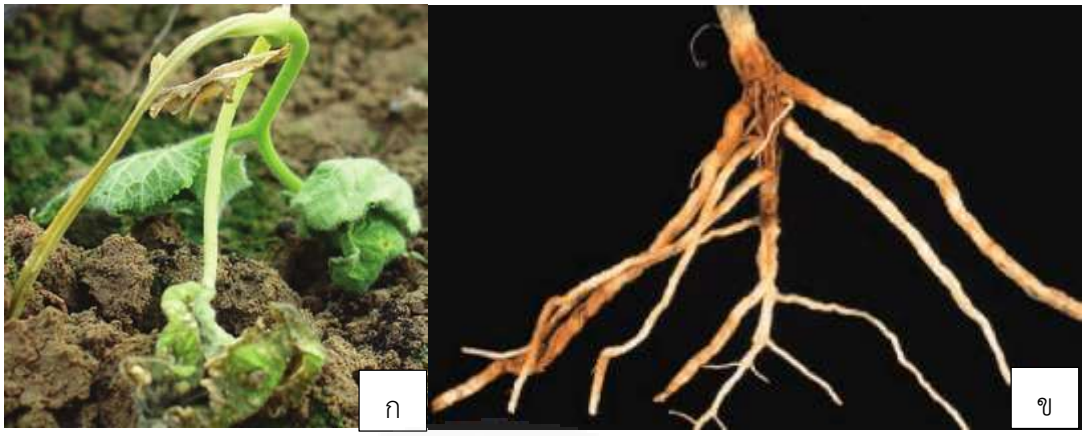
วงจรของโรคเชื้อจะอยู่ข้ามฤดู (overseasoning) ในดินหรือในเนื้อเยื่อพืชในรูปของ oospore เมื่อมีความชื้นและมีอุณหภูมิเหมาะสม oospore จะงอก gem tube เข้าทำลายพืชโดยตรงหรือเจริญเป็นเส้นใยแล้วสร้าง sporangium เพื่อปล่อย zoospore เข้าทำลายพืชโดยตรง (direct penetration) ที่ส่วนของ hypocotyl ขณะที่ยังอยู่ในเมล็ดหรืองอกจากเมล็ด แต่ถ้าความชื้นและอุณหภูมิไม่เหมาะสม sporangium และ zoospore ของเชื้ออาจพักตัวอยู่ได้ในดินเป็นระยะเวลาสั้น ๆ oospore ที่มีผนังหนาสามารถมีชีวิตอยู่รอดในดินได้เป็นระยะเวลานาน chlamydospores ของเชื้อที่มีลักษณะคล้าย oospore สามารถคงอยู่ในดินได้เป็นเวลานานหลายปี (Hendrix and Campbell, 1973) ในสภาพที่ไม่มีพืชอาศัย sporangium ของ *P. aphanidermatum* คงอยู่ในดินได้นาน 7 เดือน และ oospore ที่มีผนังหนาคงอยู่ใน freezing soil ได้เป็นเวลานานหลาย ๆ เดือน oospore ของ *Pythium* spp. ในดินแห้งสามารถมีชีวิตรอดอยู่ได้เป็นเวลานาน 12 ปี แต่จะมีอัตราการงอกลดลง

Ref. code: 25625909034604ZAD



ภาพที่ 2.1 ชีพจักรของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*
ที่มา: http://kb.psu.ac.th/psukb/bitstream/2553/1894/8/223365.

Ref. code: 25625909034604ZAD



ภาพที่ 2.2 ลักษณะอาการโรคเน่าคอดินในแตงกวา ก) ลำต้นเหนือดิน และ ข) ราก
ที่มา: https://www.researchgate.net/figure/Pythium-root-rot-of-melon-caused-by-a- Pythium-sp-Courtesy-W-D-Gubler-C-APS_fig3_318455832.

ภาพที่ 2.3 ลักษณะอาการเกิดโรคเน่าคอดินของคะน้า [ก) ต้นคะน้าปกติ ข) ต้นคะน้าที่แสดงอาการผิดปกติ ค) ต้นคะน้าปกติหลังจากถอน และ ง) ต้นคะน้าที่แสดงอาการผิดปกติหลังจากถอน)
ที่มา: https://www.researchgate.net/figure/Pythium-root-rot-of-melon-caused-by-a- Pythium-sp-Courtesy-W-D-Gubler-C-APS_fig3_318455832.

Ref. code: 25625909034604ZAD

2.1.1.2 โรคขอบใบทอง

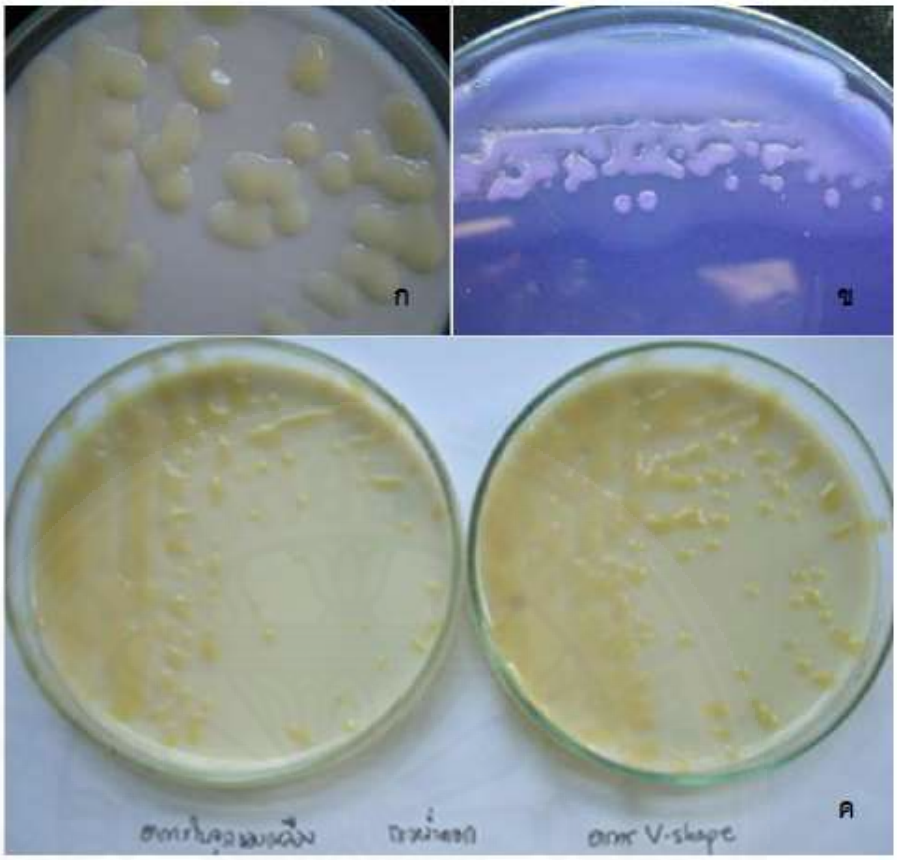
โรคขอบใบทองหรือโรคเน่าดำเป็นโรคของพืชตระกูลกะหล่ำและผักกาดจากเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* จำแนกตามลักษณะอาการได้ 2 รูปแบบ คือ อาการแผลไหม้ (รูปตัววี และแผลไหม้จากกลางใบ) พืชอาศัยที่พบการเกิดโรคขอบใบทองได้แก่ กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก บร็อคโคลี่ ผักกาดขาว และคะน้า และอาการแผลจุด ลักษณะแผลจุดเล็กขนาด 1-3 มิลลิเมตร สีน้ำตาลเข้มถึงดำ มีวงสีเหลืองล้อมรอบ แผลแห้งลุกลามติดกันพบลักษณะแผลจุดเป็นสะเก็ดนูนดำ พืชอาศัยที่พบอาการแผลจุด คือ คะน้า ผักกาดขาว และกะหล่ำดอก

การระบาดและการเข้าทำลายพืชของโรคนี้ที่นับว่าสำคัญและไปได้ไกลที่สุด คือระบาดโดยเมล็ดพันธุ์ที่มีเชื้อเคลือบเกาะติดอยู่ โดยที่เชื้อนี้จะเข้าไปในต้นพืชทันทีที่งอกจากใบเลี้ยง ไปยังใบอ่อน โดยผ่านทางช่องปากใบ (stomata) แล้วกระจายไปสู่ส่วนอื่น ๆ ทั่วต้นทางท่อส่งน้ำภายในต้น ส่วนการติดโรคในแปลงปลูกส่วนใหญ่จะเกิดจากเชื้อที่อาศัยอยู่ในดิน หรือที่เกาะกินอยู่กับเศษซากพืช หรือ volunteer seedling ดังกล่าวแล้ว เชื้อเหล่านั้นจะถูกน้ำที่ใช้รดหรือน้ำฝนชะให้กระเด็นขึ้นมาหรือพัดพาไปยังต้นพืชที่ปลูกแล้วเข้าไปภายในต้น โดยผ่านทางช่องคายน้ำ (hydratode) บริเวณขอบใบ หรือทางแผลที่เกิดจากการกัดทำลายของแมลง ต่อมาก็จะถูกส่งไปอยู่ส่วนอื่น ๆ ของต้นโดยผ่านทาง vascular system ก่อให้เกิดอาการดังกล่าวขึ้นในที่สุด

การป้องกันกำจัดเลือกใช้เมล็ดพันธุ์ที่สะอาดปราศจากเชื้อ หากไม่แน่ใจก็ให้ทำการฆ่าเชื้อที่อาจติดมากับเมล็ดเสียก่อนโดยการจุ่มแช่ในสารเคมี agrimycin 1,000 ppm 30 นาที ปล่อยให้แห้งแล้วจึงค่อยนำไปปลูกหรืออาจใช้วิธีจุ่มแช่ในน้ำอุ่นประมาณ 49 – 50 องศาเซลเซียส นาน 30 นาทีก็ได้

ภาพที่ 2.4 ลักษณะอาการโรคขอบใบทองพืชกะหล่ำปลี กะหล่ำดอก คะน้า
ที่มา: http://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=1076.

Ref. code: 25625909034604ZAD



ภาพที่ 2.5 ลักษณะโคโลนีของแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* pathovars ก) เจริญบนอาหาร yeast extract dextrose $CaCO_3$ อายุ 36 ชั่วโมง ข) เจริญบนอาหาร SX agar เกิดบริเวณใสรอบโคโลนี และ ค) ลักษณะโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียที่แยกจากอาการแผลจุดและแผลไหม้
ที่มา: http://www.doa.go.th/research/attachment.php?aid=1076.

2.1.1.3 โรคราน้ำค้างในแตงกวา

โรคราน้ำค้างในแตงกวามีสาเหตุจากเชื้อแบคทีเรีย *Pseudoperonospora cubensis* เป็นราชั้นต่ำใน Class Phycomycetes ซึ่งขยายพันธุ์ได้ทั้งแบบใช้เพสและไม่ใช้เพศ โดยการเกิดสปอร์ที่มีหางเคลื่อนไหวได้ ผงหรือขุยสีเทาและน้ำตาลที่เกิดขึ้นด้านใต้ใบตรงกับจุดแผลสีเหลืองด้านบน คือ กลุ่มของสปอร์ที่มีรูปร่างคล้ายมะนาวฝรั่ง (lemon-shaped) ซึ่งเกิดบนก้าน (sporangiophore) ที่มีปลายแยกออกเป็นคู่ (dichotomously branches) สปอร์เมื่อแก่ก็จะหลุดออกจากก้านปลิวไปตามลม น้ำ เครื่องมือกสิกรรม เสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่มของผู้ปลูก หรือผู้ปฏิบัติเกี่ยวกับต้นแตงดังกล่าว เมื่อตกลงบนพืชสิ่งแวดล้อมเหมาะสมก็จะงอกเป็น zoospore หรือ

Ref. code: 25625909034604ZAD

swarm cell มีทาง 2 เส้น ว่ายน้ำเคลื่อนไหวอยู่ระยะหนึ่ง แล้วจึงทิ้งหางเข้าซีสต์ (cyst) เป็นเม็ดกลม ๆ ต่อมาจึงจะงอกออกมาเป็นเส้นใย (germ tube) เข้าทำลายพืชได้ กระบวนการทั้งหมดนี้ จะกินเวลาราว 24 ชั่วโมง หลังจากเชื้อราเข้าไปเจริญเติบโตอยู่ในพืชแล้วก็จะสร้างสปอร์ใหม่ขึ้นได้อีกภายใน 4-5 วัน อาการส่วนใหญ่จะเกิดบนใบ โดยจะเริ่มจากจุดแผลสีเขียวซีดขึ้นก่อน ต่อมาจะค่อย ๆ ขยายโตขึ้นเป็นสีเหลืองและมีขอบเขตเป็นเหลี่ยมตามแนวหรือข่ายของเส้น vein ขณะเดียวกันหากความชื้นในอากาศสูง เช่น ในระยะที่มีฝนปรอย หรือหมอกน้ำค้างจัด ทางด้านใต้ใบตรงกับจุดแผลที่เกิดขึ้น จะพบกลุ่มของเส้นใยและสปอร์ของเชื้อสาเหตุลักษณะเป็นขุย หรือผงสีเทา ซึ่งเมื่อแก่หรือแผลแห้งจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ในกรณีที่เกิดโรครุนแรงและสภาพแวดล้อมเหมาะสม ใบส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในต้นอาจถูกเชื้อเข้าทำลายอย่างรุนแรง ทำให้ใบทั้งใบแห้งตาย ต้นจะโทรมอาจถึงตายได้ทั้งต้น สำหรับลูกแตงมักจะไม่ถูกเชื้อเข้าทำลายโดยตรง แต่เมื่อต้นเป็นโรคก็จะมีผลทางอ้อม เช่น เจริญเติบโตไม่เต็มที่ แกร็น คุณภาพและรสชาติเสียไป

ภาพที่ 2.6 อาการของโรคราน้ำค้างในแตงกวา
ที่มา: https://www.allkaset.com/diseases/โรคราน้ำค้าง.php.

2.1.2 โรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชไร่

โรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชไร่ส่วนใหญ่เกิดจากเชื้อรา แบคทีเรีย และไวรัส เช่นเดียวกันกับสาเหตุโรคพืชผัก ตัวอย่างโรคพืชที่สามารถติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชไร่ ได้แก่

2.1.2.1 โรคเมล็ดด่างในข้าว

โรคเมล็ดด่างในข้าวเกิดจากเชื้อราสาเหตุหลัก ๆ ได้แก่ *Curvularia lunata* (Wakk) Boed. *Fusarium semitectum* Berk & Rav. *Bipolaris oryzae* Breda de Haan.

Ref. code: 25625909034604ZAD

Trichoconis padwickii Ganguly. *Sarocladium oryzae* Sawada. โดยลักษณะอาการ ในระยะออกรวง พบแผลสีต่าง ๆ เช่น เป็นจุดสีน้ำตาลหรือดำหรือมีลายสีน้ำตาลดำหรือสีเทาปนชมพูที่เมล็ดบนรวงข้าว ทั้งนี้เพราะมีเชื้อราหลายชนิดที่สามารถเข้าทำลายและทำให้เกิดอาการต่างกันไป การเข้าทำลายของเชื้อรามักจะเกิดในช่วงดอกข้าวเริ่มโผล่จากกาบหุ้มรวงจนถึงระยะเมล็ดข้าวเริ่มเป็นน้ำนม และอาการเมล็ดด่าง จะปรากฏเด่นชัดในระยะใกล้เก็บเกี่ยว การแพร่ระบาดเชื้อราสามารถแพร่กระจายไปกับลม ติดไปกับเมล็ด และสามารถแพร่กระจายในยุ้งฉางได้ เชื้อสาเหตุบางชนิดสามารถสร้างสารพิษ (toxin) ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพได้ (กรมการข้าว, ม.ป.ป.)

โรคเมล็ดด่างเป็นโรค สามารถเข้าทำลายตั้งแต่ระยะออกรวงจนกระทั่งถึงระยะติดเมล็ดความรุนแรงของอาการและความรุนแรงของโรค ซึ่งขึ้นอยู่เกิดจากความชื้นทำให้เชื้อราเข้าทำลายเมล็ดข้าวเปลือกซึ่งไม่สามารถคัดทิ้งได้ในกระบวนการทำความสะอาดและคัดเมล็ด เชื้อราจึงติดไปกับเมล็ดพันธุ์หรือผลผลิต การป้องกันกำจัดสามารถใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาปฏิปักษ์เพื่อลดโรคเมล็ดด่าง เพิ่มผลผลิต เพิ่มเปอร์เซ็นต์ความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์ข้าวดีขึ้น (จิระเดช และคณะ, 2553)

ภาพที่ 2.7 อาการโรคเมล็ดด่างในข้าว
ที่มา: http://www.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.php-file=content.php&id=118-1.htm.

2.1.2.2 โรคใบขีดในข้าวโพด

โรคใบขีดในข้าวโพดเกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* เป็นโรคแบคทีเรียที่สำคัญในระบบการผลิตข้าวโพดและระบบการผลิตเมล็ดพันธุ์ เชื้อนี้สามารถเข้าทำลายข้าวโพดได้ตั้งแต่ระยะต้นกล้าจนถึงออกฝัก หากระบาดรุนแรงต้นกล้าอาจไหม้และตายได้ และเชื้อนี้สามารถปนเปื้อนไปกับเมล็ดพันธุ์พืชหลายชนิดรวมทั้งข้าวโพดหวานด้วย

Ref. code: 25625909034604ZAD

หากนำเมล็ดพันธุ์ปนเปื้อนเชื้อสาเหตุโรคไปปลูกในพื้นที่ต่าง ๆ จะส่งผลให้โรคนี้แพร่ระบาดไปอย่างรวดเร็ว (สุดฤดี และคณะ, 2547; นันทิยา, 2551; Anan et al., 2013)

ภาพที่ 2.8 ลักษณะโคโลนีของแบคทีเรีย *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* บนอาหาร SNR
ที่มา: https://www.researchgate.net/figure/Acidovorax-avenae-subsp-avenae-Aaa-colony-on-SNR-were-white-shiny-round-smooth_fig2_277931592

ภาพที่ 2.9 อาการโรคใบขีดในข้าวโพดจากเชื้อแบคทีเรีย *Acidovorax avenae* subsp. *avenae*
ที่มา: http://www.doa.go.th.

2.1.2.3 โรคราเขม่าดำในข้าวโพด

โรคราเขม่าดำในข้าวโพดเกิดจากเชื้อรา *Ustilago maydis* โดยลักษณะอาการคือ เมล็ดข้าวโพดพองบวมโต แตกออกเป็นสีดำ เกสรตัวผู้จะเกิดเป็นปมเล็ก ๆ โรคจะแสดงให้เห็นในส่วนต่าง ๆ ของพืชที่เหนือดิน ลำต้น ใบ ฝัก และเกสรตัวผู้ เชื้อราจะสร้างปมขึ้นเป็นครั้งแรกจะ

Ref. code: 25625909034604ZAD

มีขนาดใหญ่สีขาวต่อมาจะเปลี่ยนเป็นสีดำ เมื่อแก่ปมจะแห้ง ผนังที่หุ้มปมจะแตกออก ภายในจะมีผงสีดำ คือ สปอร์ ของเชื้อรา ซึ่งจะเป็นตัวแพร่ระบาดของโรคในฤดูต่อไป อาการบนใบและเกสรตัวผู้ ปกติจะเกิดปมเล็ก ๆโดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 1 นิ้ว อาการบนส่วนอื่นๆ ของพืช จะเกิดปมมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเกินกว่า 1 นิ้ว บนฝักข้าวโพดส่วนใหญ่จะพบตรงปลายฝัก แต่บางครั้งพบบางส่วนของฝัก หรือรอบฝัก ข้าวโพดที่แสดงอาการของโรครุนแรงในขณะที่ต้นยังเล็กอาจตายหรือแคระแกรนได้ เชื้อรานี้จะสร้างสปอร์ขึ้นในปมบนส่วนของพืช และจะแพร่กระจายไปโดยลม ฝน น้ำไหล แมลงและสัตว์ เชื้อราสามารถอยู่ข้ามฤดูได้ในปมแก่ ๆ และในดิน บางครั้งอยู่ได้นานเป็นปี ๆ เมื่อถึงฤดูการปลูกข้าวโพดภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม สปอร์จะงอกและสร้างส่วนที่จะสร้างพันธุ์เรียกว่า conidia และแพร่กระจายไปโดยลม เมื่อไปตกลงบนส่วนที่อ่อนของพืชก็จะเข้าทำลายให้พืชแสดงอาการของโรค เชื้อเข้าทำลายพืชได้ทุกระยะของการเจริญเติบโต (ไพโรจน์, 2556ข)

ภาพที่ 2.10 อาการของโรคเขม่าดำในข้าวโพด
ที่มา: http://www.ruethedayblog.com/wp-content/uploads/2008/11/.

2.2 การควบคุมโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์อินทรีย์

การควบคุมโรคพืช เป็นการกระทำใด ๆ ก็ตามที่สามารถลดความรุนแรงของโรคเพื่อลดความสูญเสียที่เกิดจากโรคพืช การควบคุมโรคจะเป็นการป้องกัน (protection) และกำจัดโรคที่เกิด (elimination) เพื่อไม่ให้มีโรคเกิดขึ้นและลดความร้ายแรงของโรคโดยการทำลายเชื้อโรคในส่วนของพืชที่เป็นโรค ไม่ให้เชื้อโรคสร้าง inoculum ไปทำลายส่วนหรือพืชปกติอื่นอีก การควบคุมโรคพืชไม่ใช่เป็นการรักษา (cure) การรักษาจะได้ผลน้อย เนื้อเยื่อพืชที่ถูกทำลายหรือแสดงอาการของโรคแล้ว ไม่

Ref. code: 25625909034604ZAD

สามารถคืนสู่สภาวะปกติได้ ผลผลิตของพืชจะต่ำลง เนื่องจากพืชขาดระบบหมุนเวียนแบบมนุษย์และสัตว์ และการรักษาจะเสียค่าใช้จ่ายสูงกว่ามาก การสิ้นเปลืองยาในการป้องกันโรค 1 กก. หากเป็นการรักษาอาจต้องใช้ถึง 16 กก. เป็นต้น

การวางแผนในการควบคุมโรคให้ได้ผลดี จะต้องอาศัยความรู้ด้านต่าง ๆ เช่น ทางโรคพืชวิทยา การเจริญของเชื้อโรค วงจรของโรค การเจริญของพืช และปัจจัยต่าง ๆ ของสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อเชื้อโรคพืช และต่อการเจริญของโรค ซึ่งเป็นปฏิกิริยาร่วมกันของเชื้อโรคกับพืช การควบคุมโรคในทางปฏิบัติเป็นการลดการสูญเสียที่เกิดจากโรคพืชให้อยู่ในระดับต่ำสุดและเสียค่าใช้จ่ายน้อย โดยต้องพิจารณาปัจจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. การควบคุมโรคต้องให้การเพาะปลูกพืชได้ผลกำไร คือ ค่าใช้จ่ายต่าง ๆ สารเคมีต้องมีมูลค่าน้อยกว่าพืชที่จะได้รับความเสียหายจากโรค

2. การควบคุมโรคให้ได้ผลดีที่สุด ต้องพิจารณาควบคู่ไปกับการเพาะปลูกพืช เช่น การเตรียมดิน การเลือกเมล็ดพันธุ์ วิธีการปลูกและดูแล รวมทั้งการกำจัดแมลงและวัชพืช การระบายน้ำ การเก็บเกี่ยว การเก็บรักษา และการจำหน่าย

3. การพิจารณาค่าใช้จ่ายควบคุมโรค ต้องเป็นค่าใช้จ่ายจริงทั้งหมด เช่น ค่าสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช

4. วิธีการต่าง ๆ ของการควบคุมโรค แตกต่างกันไปตามอาการโรค สภาพของไร่ ท้องถิ่น ภูมิประเทศ ชนิดของดินและพืช วิธีการเพาะปลูก และมูลค่าของพืช

5. การควบคุมโรค เพื่อให้ได้ผลดีที่สุดและเสียค่าใช้จ่ายต่ำ ต้องปฏิบัติหลาย ๆ วิธีร่วมกัน (integrated control) การใช้สารเคมีเป็นเพียงวิธีการหนึ่งเท่านั้น

หลักการควบคุมโรคพืช สามารถกำหนดได้เป็นข้อ ๆ ดังนี้

1. การหลีกเลี่ยงเชื้อโรค (Avoidance of the pathogen)
2. การกีดกันเชื้อโรค (Exclusion of the pathogen)
3. การกำจัดเชื้อโรค (Eradication of the pathogen)
4. การป้องกันพืช (Protection of the plant)
5. การปรับปรุงพืชให้ต้านทานโรค (Development of resistant hosts)
6. การรักษาพืชที่เป็นโรค (Therapy applied to the diseased plant)

2.2.1 การหลีกเลี่ยงเชื้อโรค

การหลีกเลี่ยงเชื้อโรค เป็นการปลูกพืชในพื้นที่ที่ห่างไกลจากแหล่งของเชื้อโรค โดยการปลูกในพื้นที่ที่ไม่เคยมีโรคระบาดมาก่อน หรือปลูกในพื้นที่ที่มีสภาพแวดล้อมไม่เหมาะสมต่อการเกิดโรค ซึ่งเป็นวิธีที่ได้ผลดีมากกับโรคพืชบางชนิด มีรายละเอียดดังนี้

Ref. code: 25625909034604ZAD

1. การเลือกพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ (choice of geographical area) เป็นการเลือกบริเวณที่จะปลูกพืช โดยใช้สภาพทางภูมิศาสตร์เป็นเกณฑ์ เช่น ความแห้งแล้งของอากาศ ปริมาณน้ำฝน ระยะเวลาที่ฝนตก สภาพความชื้น อุณหภูมิของอากาศ ระดับความสูงของพื้นที่ สภาพบนภูเขา แม่น้ำ และแรงลม เช่น การผลิตเมล็ดพันธุ์ผัก และถั่วของสหรัฐอเมริกา นิยมปลูกพืชในแถบตะวันตกของประเทศ ซึ่งมีสภาพอากาศแห้ง ไม่เหมาะสมต่อการเกิดโรค เพื่อหลีกเลี่ยงเชื้อโรคไม่ให้ติดไปกับเมล็ดพันธุ์ที่ผลิตได้ เป็นต้น

2. การเลือกแปลงปลูกในพื้นที่ที่กำหนดไว้แล้ว (choice of planting site in a local area) เลือกแปลงปลูกที่ปราศจากโรคหรือไม่เคยพบโรคระบาดมาก่อน และเป็นแปลงที่ไม่เหมาะสมต่อการเกิดโรคในพื้นที่ที่กำหนดไว้แล้วนั้น หากเป็นแปลงที่มีโรคระบาดมาก่อนก็ต้องเว้นจากการระบาดของเชื้อสาเหตุโรคนั้นมานานจนแน่ใจว่าเชื้อโรคนั้นได้ตายไปหมดสิ้นแล้ว เพราะเชื้อราบางพวกสามารถมีชีวิตตกค้างอยู่ในดินได้เป็นเวลานาน เช่น *Fusarium* spp. ก็ต้องเว้นไม่ต่ำกว่า 10 ปี เป็นต้น

3. การเลือกเวลาปลูก (choice of planting date) เลือกวันปลูกหรือฤดูปลูกเพื่อให้พืชหนีโรค (disease escape) เนื่องจากโรคบางโรค สาเหตุโรคสามารถเข้าทำลายพืชได้ดีเฉพาะระยะเป็นต้นกล้าและฝนชุก เมื่อพ้นระยะนี้แล้วพืชจะมีความต้านทานต่อการเข้าทำลายมากขึ้น ฉะนั้นจึงควรกำหนดวันปลูกก่อนปกติ (early planting date) เพื่อให้พืชโตพ้นระยะกล้าเมื่อมีเชื้อโรคระบาด เช่น การปลูกข้าวโพดหนีโรคราน้ำค้าง โดยเริ่มปลูกข้าวโพดเมื่อเริ่มมีฝนพอปลูกได้ เมื่อถึงระยะฝนชุก พืชจะโตพอต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคราน้ำค้างที่ระบาดภายหลัง

4. การใช้ส่วนขยายพันธุ์ที่ปราศจากโรค (use of disease-free planting stock) เลือกใช้ส่วนขยายพันธุ์ที่แน่ใจว่าปราศจากโรค เช่น การใช้ส่วนขยายพันธุ์ที่ได้จากต้นพืชที่ปราศจากโรค เพื่อจะได้เมล็ดหรือท่อนพันธุ์ หรือกิ่งตอนที่ไม่มีเชื้อโรคติดมาด้วยไปปลูก การขยายพันธุ์พืชบางชนิด เช่น กล้วยไม้ คาร์เนชั่น และเบญจมาศ ทำได้โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ (tissue culture) ส่วนใหญ่จะใช้ยอดอ่อน (meristematic tip) ซึ่งเชื้อโรค (แม้กระทั่งไวรัส) ยังเข้าทำลายไม่ถึง จะทำให้ได้ต้นอ่อนที่ปราศจากโรคไปทำพันธุ์ได้เป็นอย่างดี แต่การขยายพันธุ์ด้วยวิธีนี้ยังมีจำกัดอยู่เฉพาะพืชไม่กี่ชนิด

5. การใช้วิธีการปฏิบัติทางการเพาะปลูก (modification of cultural practices) เป็นการปฏิบัติที่ปรับสภาพการเพาะปลูกไม่ให้เหมาะสมต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรค เช่น การเลือกวันปลูกพืช ตามที่กล่าวแล้วข้างต้น การปลูกพืชให้มีระยะห่างระหว่างต้นที่พอเหมาะ (proper spacing) มีอากาศถ่ายเทดีทำให้ต้นพืชไม่เปียกชื้น ให้ดินมีการระบายน้ำที่ดี ซึ่งจะช่วยลดการเข้าทำลายของเชื้อรา เช่น *Pythium* sp. ไส้เดือนฝอยศัตรูพืชในดิน การใส่ปุ๋ย และการปรับ pH ของดินให้เหมาะสม การเก็บเกี่ยวพืชก่อนกำหนด เพื่อหลีกเลี่ยงเชื้อโรคเข้าทำลายเมล็ดพืช และการ

Ref. code: 25625909034604ZAD

ให้น้ำแบบเหนือต้นพืช (overhead irrigation) เช่น การใช้ฝนเทียม (sprinker) เพราะทำให้ต้นเปียกมีความชื้นสูง โดยเฉพาะที่ช่อดอก สำหรับการเก็บรักษาผลิตผลพืชหลังจากเก็บเกี่ยวแล้วจะต้องเก็บในที่มีอากาศถ่ายเทและแห้ง เพื่อป้องกันการงอกและเข้าทำลายของเชื้อราและแบคทีเรียต่างๆ

6. การกำจัดวัชพืชและพืชอาศัยข้างเคียง (weed control and collateral hosts) เชื้อโรคบางชนิดอาจมีชีวิตอยู่ข้ามฤดูหลังจากพืชที่เป็นโรคนั้นตายหรือเก็บเกี่ยวแล้ว โดยอาศัยอยู่ด้วยการที่ทำให้วัชพืชเป็นโรค เชื้อโรคบางชนิดจะเจริญครบวงจรของโรคได้ต้องมีพืชอาศัยข้างเคียง ฉะนั้นการกำจัดวัชพืชและพืชอาศัยข้างเคียงจะช่วยไม่ให้เชื้อกลับไปเข้าทำลายพืชที่จะปลูกในฤดูใหม่อีก

2.2.2. การกีดกันเชื้อโรค

การกีดกันเชื้อโรค เป็นการกีดกันไม่ให้เชื้อโรคเข้ามาสัมผัสพืชในบริเวณพื้นที่เพาะปลูกหรือภายในประเทศ มีวิธีการดังนี้

1. การกำจัดเชื้อโรคที่ติดมากับส่วนขยายพันธุ์พืช (treatment of propagules of plants) เป็นการกำจัดเชื้อโรคที่อาจติดมากับส่วนขยายพันธุ์พืชก่อนนำมาปลูกหรือเก็บไว้ทำพันธุ์ เช่น หัว เมล็ด กิ่งตอน ท่อนพันธุ์ ฯลฯ ตลอดจนภาชนะ หีบห่อที่บรรจุ โดยทั่วไปจะฆ่าหรือทำลายเชื้อโรคนั้นด้วยสารเคมี หรือทางฟิสิกส์ เช่น การอบด้วยก๊าซ การใช้ความร้อนด้วยการอบแห้งหรือแช่ในน้ำร้อน ส่วนการใช้ความร้อนนั้น ระดับอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของพืชและเชื้อโรคที่คาดว่าจะติดมาด้วยนั้น เพื่อให้ความร้อนสามารถกำจัดเชื้อได้สมบูรณ์โดยพืชไม่เสียหายเกินไป เช่น เมล็ดสูญเสียความงอกมากเกินไป เป็นต้น

2. การกำจัดแมลงพาหะของโรค (elimination of insect vectors) เป็นการกีดกันโรคโดยกำจัดแมลงเพื่อป้องกันการแพร่ระบาดของแมลง เพราะโรคบางชนิดมีแมลงเป็นพาหะนำโรค เช่น โรคที่เกิดจากไวรัส ปริมาณของแมลงจึงมีความสัมพันธ์กับการเกิดโรคของพืชเป็นอย่างมาก

3. การออกกฎข้อบังคับ (regulatory methods) เป็นการกีดกันด้วยการออกกฎข้อบังคับ เพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อโรคระบาดข้ามรัฐ หรือข้ามประเทศ ซึ่งออกโดยผู้ว่าการรัฐหรือรัฐบาลของประเทศ ตามลำดับ กฎข้อบังคับที่ใช้จะเป็นการกักพืช (plant quarantines) การตรวจพืชในไร่ โรงเก็บ และการกำจัดพืชอาศัยบางชนิดเป็นครั้งคราว การกักพืชมีจุดมุ่งหมายเพื่อป้องกันไม่ให้เชื้อโรคระบาดโดยติดไปกับการนำพาที่มนุษย์จัดทำขึ้นจากท้องถิ่นที่มีโรคอยู่ไปยังท้องถิ่นอื่นที่ไม่มีโรคนี้มาก่อน โดยรัฐเป็นผู้ดำเนินการออกกฎหมายควบคุม และมีหน่วยงานรับผิดชอบดำเนินการตามจุดมุ่งหมาย การระบาดของโรคจากประเทศหนึ่งไปยังประเทศที่ไม่เคยเกิดโรคนี้มาก่อนและโรคได้ทำความเสียหายแก่พืชอย่างมาก เช่น การระบาดของโรคราน้ำค้างขององุ่น (*Plasmopara viticola*) ที่เกิดในยุโรป โดยติดมากับกิ่งพันธุ์ขององุ่นที่นำเข้าจากอเมริกา

Ref. code: 25625909034604ZAD

2.2.3 การกำจัดเชื้อโรค

การกำจัดเชื้อโรค เป็นการทำลายเชื้อโรคที่มีอยู่ในแปลงปลูกให้หมดสิ้นไปหรือเหลือน้อย ซึ่งเป็นการทำลายแหล่งของ inoculum เพื่อไม่ให้เชื้อโรคเข้าทำลายพืชในฤดูปลูก ซึ่งมีวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

1. การกำจัดโรคโดยชีววิธี (biological methods) เป็นการกำจัดโรคโดยลดปริมาณและกิจกรรมต่าง ๆ ของเชื้อโรคด้วยสิ่งที่มีชีวิตตามธรรมชาติอื่น ๆ (ยกเว้นมนุษย์) การกำจัดด้วยวิธีนี้จะได้ผลเฉพาะโรค ซึ่งมีกลไกในการกำจัด 4 แบบด้วยกัน

1) การสร้างสารที่มีพิษยับยั้งเชื้อโรค (antibiosis)

2) การเป็นปรสิตหรือทำลายโดยตรง (parasite or predation)

3) การแข่งขันใช้อาหารที่มีอยู่ในเวลาสั้น (competition)

4) การกระตุ้นภูมิต้านทานพืช (induced host resistance)

2. การปลูกพืชหมุนเวียน (crop rotation) เป็นการปลูกพืชหลายชนิดหมุนเวียนไปไม่ซ้ำแต่ละฤดูปลูก จะช่วยทำให้ลดปริมาณของเชื้อโรคและศัตรูพืชอื่น ๆ ในดิน เนื่องจากเชื้อโรคที่ตกค้างอยู่เดิมไม่สามารถเข้าทำลายพืชชนิดใหม่ที่ปลูกในฤดูถัดมา ทำให้เชื้อนั้นตายไปหรือมีปริมาณลดลง แต่การปลูกพืชหมุนเวียนจะใช้ได้ผลดีหรือไม่นั้น ย่อมขึ้นอยู่กับ

1) ส่วนของเชื้อก่อโรคสามารถตกค้างอยู่ในดินได้นานเท่าไร เช่น เชื้อรา *Fusarium* spp. และ oospore ของราบางชนิดอาจอยู่ในดินได้หลายปี ฉะนั้นการปลูกพืชหมุนเวียนที่ได้ผลในแต่ละครั้งจะต้องพิจารณาใช้เวลานานพอ

2) พืชที่ใช้ปลูกถัดไปจะต้องเป็นพืชที่ไม่เกิดโรคได้ด้วยเชื้อสาเหตุโรคของพืชในฤดูก่อนของการหมุนเวียนครั้งที่แล้ว ซึ่งทั้งนี้ต้องพิจารณาร่วมกับระยะเวลาให้เหมาะสม

3) เชื้อโรคบางชนิดมีพืชอาศัยกว้างขวาง การพิจารณาเลือกพืชปลูกจะต้องรอบคอบ เช่น *Phymatotrichum omnivorum* สาเหตุโรครากเน่าของฝ้าย สามารถทำลายพืชได้ถึง 2000 ชนิด

3. การตัดและทำลายพืชที่อ่อนแอหรือส่วนของพืชที่เป็นโรค (removal and destruction of susceptible plant or diseased parts of plants) โดยการตัดส่วนของพืชที่เป็นโรค (โรคที่เกิดเฉพาะแห่ง) หรือถอน เผาทำลายเสีย ไม่ให้เหลือระบาดตกค้างในดิน กำจัดพืชอาศัยข้างเคียงและวัชพืชต่าง ๆ ทำให้เชื้อสาเหตุโรคไม่สามารถเจริญได้ครบวงจรหรือข้ามฤดูปลูก และทำความสะอาดแปลงปลูก โดยเผาเศษซากพืชต่าง ๆ

4. ทำลายเชื้อสาเหตุโรคในพืช และในดินด้วยความร้อนและสารเคมีต่าง ๆ การทำลายเชื้อโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ หากเป็นเชื้อที่ผิวนอกเมล็ดหรืออยู่ภายในเมล็ดที่ไม่ลึกมากนัก จะทำได้โดยแช่เมล็ดหรือคลุกยาด้วยสารเคมีที่เหมาะสม แต่ถ้าเป็นเชื้อที่อยู่ภายในเมล็ด (internally

Ref. code: 25625909034604ZAD

seed borne pathogens) การฆ่าเชื้อสามารถทำได้โดยแช่น้ำร้อน อบด้วยไอร้อน และแช่ในสารละลายเคมี

2.2.4 การป้องกันพืช

การป้องกันพืชไม่ให้เชื้อโรคที่ระบาดแพร่กระจายอยู่ในบริเวณที่ปลูกพืชหรือบริเวณใกล้เคียง เข้าทำลายพืชและทำให้พืชเป็นโรค มีรายละเอียดดังนี้

1. การใช้สารเคมีฉีดพ่น พ่นผง คลุกเมล็ดหรือแช่ส่วนขยายพันธุ์ (spraying or dusting and treatment of propagules) เพื่อการป้องกันการเข้าทำลายของเชื้อโรคกับส่วนต่าง ๆ ของพืช สารเคมีที่ผิวพืชจะป้องกันการเข้าสู่พืชของเชื้อโรคหรือให้สปอร์งอกช้า ทำให้เข้าทำลายพืชไม่ได้ การเลือกใช้สารเคมี วิธีการใช้ กำหนดวันและระยะเวลาของการพ่นแต่ละครั้ง เพื่อให้สารเคมีป้องกันพืชทั่วถึง ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารแต่ละชนิด ตลอดจนสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ในไร่ และการคาดคะเนการระบาดของโรคและแมลง ก็เป็นวิธีการที่จะช่วยตัดสินการใช้สารเคมีพ่น ให้ได้ผลและประหยัดได้อีกด้วย

2. การควบคุมแมลงพาหะนำโรค (controlling the insect vectors of pathogens) แมลงเป็นพาหะนำโรคทางหนึ่ง โดยเฉพาะโรคบางชนิด การเข้าทำลายจะเกิดขึ้นได้จากแมลงพาหะเพียงอย่างเดียว การควบคุมปริมาณของแมลงในไร่ จึงนับว่ามีความจำเป็นยิ่ง วิธีการและสารเคมีที่จะใช้ก็ขึ้นอยู่กับชนิดของแมลงและระยะเวลาการถ่ายทอดเชื้อของแมลง

3. การดัดแปลงสภาพแวดล้อม (modification of the environment) เป็นการปรับปรุงสภาพแวดล้อมไม่ให้เหมาะสมต่อการเกิดและระบาดของโรค วิธีการนี้จะใช้ได้ผลดีกับโรคบางชนิด เช่น โคนเน่าระดับดินของกล้าพืช โดยปรับระยะห่างระหว่างต้นและระยะห่างระหว่างแถวปลูกพืชให้ถูกต้องโดยมีการถ่ายเทอากาศที่ดี สภาพของดินมีการระบายน้ำที่ดี น้ำไม่ขังหรือดินเปียกเกินไป เป็นต้น

4. การดัดแปลงธาตุอาหารพืช (modification of nutrition) เป็นการปรับธาตุอาหารพืชในดินให้พืชที่ปลูกมีความต้านทานต่อโรค เช่น การใช้ปุ๋ยไนโตรเจนแต่น้อยช่วยให้พืชต้านทานโรคมากขึ้น แคลเซียม ช่วยให้พืชมีความต้านทานต่อโรคเหี่ยว โรคเน่าและป้องกันโรคขาดธาตุอาหาร โดยการใช้ธาตุอาหารนั้นพ่นทางใบหรือใส่ดิน และสภาพความเป็นกรดของดินอาจช่วยลดความเสียหายของโรคโคนเน่าระดับดินได้ เป็นต้น

2.2.5 การปรับปรุงพืชให้ต้านทานโรค

การใช้พันธุ์พืชที่ต้านทานโรคปลูกเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการควบคุมโรค พันธุ์พืชที่มีความต้านทาน อาจเปลี่ยนแปลงไปเป็นโรคง่ายขึ้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของเชื้อมีสายพันธุ์ใหม่ ๆ ที่เข้าทำลายพืชต้านทานโรคเดิมนั้นได้ ดังนั้นการผสมปรับปรุงพันธุ์ต้านทานจึงต้องดำเนินการต่อเนื่องกันไป การใช้พันธุ์ต้านทานโรคที่ประสบความสำเร็จอย่างน่าพอใจ มีพันธุ์ต้านทานโรคราสนิม

Ref. code: 25625909034604ZAD

และเขม่าดำของธัญญพืช โรคเหี่ยวของแตงโม มะเขือเทศ ฝ้าย ที่เกิดจาก *Fusarium* spp. โรคราน้ำค้างของข้าวโพด โรคใบด่างของอ้อย ฯลฯ การต้านทานโรคของพืชนั้น ได้ให้แนวความคิดเรื่องนี้ไว้ว่า การต้านทานโรคมี 2 แบบ คือ เวอร์ติคอลหรือเปอร์เพนดิคูลาร์ (vertical or perpendicular resistance) และฮอริซันตอล (horizontal resistance) การต้านทานแบบเวอร์ติคอลเป็นพืชพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อเชื้อบางสายพันธุ์ โดยมีความต้านทานมากกว่าสายพันธุ์อื่น ๆ ของเชื้อ การต้านทานดังกล่าวเกิดขึ้นจาก mutation ของหน่วยถ่ายทอดพันธุ์เป็นส่วนใหญ่ (oligogenes) ส่วนฮอริซันตอลเป็นพืชพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อเชื้อทุกสายพันธุ์ ซึ่งปกติจะควบคุมโดยหน่วยถ่ายทอดพันธุ์เป็นจำนวนมาก (polygenic) การคัดเลือกและผสมพันธุ์ให้ต้านทานโรค (selection and breeding for resistance) โดยการคัดเลือกหาพันธุ์ที่มีลักษณะทางพันธุกรรมต้านทานต่อโรคจากที่มีอยู่แล้ว และจากพืชต้านทานที่มีชนิดใกล้เคียงในสกุลเดียวกัน มีวิธีการดังนี้ คือ

1. คัดเลือกเอาต้นที่ไม่เป็นโรคจากในไร่ที่มีโรคนี้ระบาดมาขยายพันธุ์
2. ผสมพันธุ์ข้ามระหว่างพืชที่ต้านทานกับพืชอาศัยที่อ่อนแอ
3. ใช้สารเคมีหรืออาบรังสีเมล็ดพันธุ์หรือท่อนพันธุ์ ให้มีการเปลี่ยนแปลงในสารพันธุกรรมเพื่อให้ต้านทานต่อโรค โดยการปลูกเชื้อตรวจสอบความต้านทานต่อโรค
4. ทำการตรวจสอบพันธุ์ต้านทานโรคที่ได้ในสภาพแวดล้อมที่เพาะปลูกพืชก่อนการแนะนำไปใช้ปลูกทั่วไป เพราะอาจมีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากสภาพแวดล้อมเป็นสาเหตุได้

2.2.6 การรักษาพืชที่เป็นโรค

การรักษาพืชที่เป็นโรคเป็นวิธีการที่ฆ่าสาเหตุโรคภายในพืชสามารถทำได้ 3 วิธี คือ

1. การรักษาพืชที่เป็นโรคด้วยวิธีทางเคมี (chemotherapy) เป็นการใช้สารเคมีแทรกซึมเข้าไปฆ่าเชื้อโรคที่เข้าทำลายพืช ซึ่งสารดังกล่าวจะเป็นสารที่มีคุณสมบัติกระจายทั่วต้นพืช หรือไปเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาของสารที่เชื้อโรคสร้างในกลไกการเกิดโรค วิธีการนี้มักได้ผลน้อยและเสียค่าใช้จ่ายสูง

2. การรักษาพืชที่เป็นโรคด้วยชีววิธี คือ การใช้สิ่งมีชีวิตหรือเชื้อจุลินทรีย์มายับยั้งหรือทำลายเชื้อโรคเพื่อไม่ให้สร้างความเสียหายต่อพืช เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้เรียกว่า จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ซึ่งมีกลไกการยับยั้งหรือควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืช

3. การรักษาพืชที่เป็นโรคด้วยวิธีทางฟิสิกส์ (physical therapy) เช่น การใช้ความร้อนโดยการแช่น้ำร้อน หรือผ่านไอร้อน ตามเวลาที่เหมาะสม และการอาบด้วยรังสี เป็นต้น

2.2.6.1 การรักษาพืชที่เป็นโรคด้วยวิธีทางเคมี (chemotherapy)

การใช้สารเคมีเพื่อขจัดทำลายเชื้อโรคในพืชที่เป็นโรค (chemical treatment of diseased plants) ได้แก่ การใช้สารเคมีกำจัดทำลายเชื้อสาเหตุโรคในพืชโดยเฉพาะส่วนที่ใช้ในการขยายพันธุ์ เพื่อให้ปลอดจากโรคก่อนที่จะนำไปปลูก การใช้สารเคมีฆ่าทำลายเชื้อโรคที่

Ref. code: 25625909034604ZAD

ติดมากับเมล็ดหรือส่วนขยายพันธุ์ทำได้หลายวิธีเช่น นำมาคลุกในลักษณะที่เป็นฝุ่นผงผสมน้ำในปริมาณที่เข้มข้นแล้วใช้ป้ายทาหรือทำเป็นสารละลายสำหรับใช้ชุบ จุ่ม หรือแช่ในการคลุกเมล็ดนั้น ปริมาณสารที่ใช้ปกติประมาณ 0.3 – 1.0% ของน้ำหนักเมล็ด สิ่งที่ต้องระวังสำหรับการใช้สารเคมีฆ่าทำลายเชื้อโรคบนเมล็ดหรือส่วนของพืชที่ใช้ขยายพันธุ์คือ สารดังกล่าวจะต้องไม่ทำลายพืชหรือทำให้ความงอกเสียไปด้วย

ชนิดของสารเคมีที่ใช้ฆ่าทำลายเชื้อโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์หรือส่วนของพืชที่ใช้ในการขยายพันธุ์มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด มีทั้งสารพวกทองแดง ปรอท สังกะสี ในรูปของสารประกอบอนินทรีย์ (inorganic compounds) พวกออร์แกนิคเมอร์คิวรี่ (organic mercury) เช่น พาโนเจน (panogen) เซมีแซน (semesan) และพวกสารประกอบที่ไม่ใช่ปรอท (non-mercurial compounds) อื่น ๆ เช่น แคปแตน (captan) คลอรานิล (chloranil) เด็กซอน (dexon) ไดโคลน (dichlone) พีซีเอ็นบี (PCNB) ไธแรม (thiram) ฟายกอน (phygon) และสเปอร์กอน (spergon) เป็นต้น

2.2.6.2 การรักษาพืชที่เป็นโรคด้วยชีววิธี (biological control)

การรักษาพืชที่เป็นโรคด้วยชีววิธี (biological control) คือ การใช้สิ่งมีชีวิตเชื้อจุลินทรีย์มายับยั้งหรือทำลายเชื้อโรคเพื่อไม่ให้สร้างความเสียหายต่อพืช เชื้อจุลินทรีย์เหล่านี้เรียกว่า จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ จุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีกลไกการยับยั้งหรือควบคุมเชื้อที่เป็นสาเหตุของโรคพืชอยู่ 4 รูปแบบ คือ

1. การทำลายชีวิต (antibiosis) จุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีความสามารถผลิตสารปฏิชีวนะที่สามารถทำลายเชื้อโรค

2. การแข่งขัน (competition) จุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีความสามารถในการเจริญเติบโตแข่งขันกับเชื้อโรคพืช ทำให้เชื้อโรคไม่สามารถเจริญเติบโตทำลายพืช

3. การเป็นปรสิต (parasitism) จุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีความสามารถในการเข้าไปเจริญอาศัยในเชื้อโรคพืชแล้วคอยดูดกินอาหาร ทำให้เชื้อโรคพืชอ่อนแอและตายในที่สุด

4. การชักนำให้ต้านทานต่อโรค (induced host resistance) จุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีความสามารถกระตุ้นให้พืชสร้างความต้านทานต่อการเข้าทำลายของเชื้อโรค

การนำจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ไปใช้ควบคุมโรคพืชมีหลายวิธีโดยการใช้เชื้อปฏิปักษ์เพื่อควบคุมโรคที่จะเกิดขึ้นบริเวณผิวรากจะมีวิธีการใช้เชื้อปฏิปักษ์ที่แตกต่างจากการใช้เชื้อปฏิปักษ์เพื่อควบคุมโรคที่จะเกิดขึ้นบริเวณผิวพืชที่อยู่เหนือดิน

การใช้เชื้อปฏิปักษ์เพื่อควบคุมโรคพืชบริเวณผิวรากมีวิธีการดังนี้

1. การคลุกเมล็ดพืชที่ใช้เพาะปลูกกับเชื้อปฏิปักษ์

Ref. code: 25625909034604ZAD

2. การราดเชื้อปฏิปักษ์ที่ละลายในน้ำจำนวนมากลงดินเพื่อให้เชื้อปฏิปักษ์ไปสัมผัสกับรากของพืช

3. การคลุกผสมเชื้อปฏิปักษ์กับดินเพื่อให้เชื้อปฏิปักษ์ลงไปสัมผัสกับรากของพืช

4. การนำรากไปจุ่มในสารละลายเชื้อปฏิปักษ์จะทำให้เชื้อปฏิปักษ์สัมผัสกับรากของพืชได้อย่างทั่วถึง

2.2.6.3 การรักษาพืชที่เป็นโรคด้วยวิธีทางฟิสิกส์ (physical therapy)

การรักษาพืชที่เป็นโรคด้วยวิธีทางฟิสิกส์ คือ การใช้วิธีการหรือเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ในการควบคุมเชื้อโรคพืช ได้แก่ การใช้รังสี การใช้คลื่นความถี่ การใช้ความร้อน ในที่นี้จะกล่าวถึงการใช้ความร้อน (heat treatment) ในการกำจัดทำลายเชื้อหรือรักษาโรค ในพืชส่วนใหญ่มักจะทำกับเมล็ดพันธุ์ หน่อ หัว ต้นตอ หรือส่วนที่ใช้ในการขยายพันธุ์ต่าง ๆ โดยที่ความร้อนนั้นจะทำลายเฉพาะเชื้อที่เป็นสาเหตุโรคไม่ว่าจะเป็น รา แบคทีเรีย ไส้เดือนฝอย หรือแม้แต่ไวรัส แต่จะต้องไม่ทำลายพืชหรือทำความเสียหายให้กับพืช

2.3 การควบคุมโรคพืชในเมล็ดพันธุ์โดยใช้ความร้อนแห้ง

การควบคุมโรคพืชในเมล็ดพันธุ์โดยใช้ความร้อนแห้ง คือ การนำเอาชิ้นส่วนหรือเมล็ดพันธุ์พืช ที่เป็นโรคหรือสงสัยว่ามีเชื้อโรค ไปอบด้วยไอหรืออากาศร้อน (hot air treatment) อากาศร้อนหรือไอร้อนภายในตู้อบ (hot air oven) ที่มีอุณหภูมิตั้งแต่ 54-65 องศาเซลเซียส (ภาพที่ 2.11) จะทำลายเชื้อโรคบางชนิดที่ติดมากับชิ้นส่วนเมล็ดพันธุ์หรือส่วนของพืชที่จะนำไปใช้ทำพันธุ์ได้ แต่ต้องใช้เวลานานกว่าคือ ตั้งแต่ 5 -24 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด และปริมาณพืชที่ต้องการฆ่าเชื้อดัง แสดงในตารางที่ 2.1 (สุพี และคณะ, 2557) ได้ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้งและการลดปริมาณสารพิษโดยใช้วิธีทางกายภาพ ได้เก็บผลไม้อบแห้งรวม 306 ตัวอย่าง นำมาตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อราและปริมาณสารโอคราทอกซิน เอ จากนั้นทดสอบวิธีการทางกายภาพในการลดการปนเปื้อน พบว่าการเตาอบลมร้อน ลดสารโอคลาทอกซินเอ ในแครนเบอร์รี่อบแห้ง ลูกเกดขาว และบลูเบอร์รี่อบแห้งได้ 83.59, 81.85 และ 43.30 % ตามลำดับ

Ref. code: 25625909034604ZAD

ภาพที่ 2.11 ตู้อบลมร้อน (Hot air oven)
ที่มา: https://www.indiamart.com/proddetail/ hot-air-tray-dryer-3662356173.html.

ตารางที่ 2.1 อุณหภูมิของลมและระยะเวลาที่เหมาะสมของเมล็ดแต่ละชนิดในการใช้ลมร้อนเพื่อลดเชื้อโรคที่ติดมากับเมล็ด

ชนิดพืช	เชื้อสาเหตุโรค	อุณหภูมิของลม (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาที่เหมาะสม (นาที)
1) Maize	*Drecbslera maydis*	54	17
2) Beans	*Psedudomonas syringae* pv. *Pisi*	55-60	30-60
3. Wheat	Septoria nodorum	52-62	30

ที่มา: Sharma (ม.ป.ป) (https://www.slideshare.net/madhupushp2009/seed-treatment-58708697)

2.4 การควบคุมโรคพืชในเมล็ดพันธุ์โดยใช้ความร้อนชื้น

การควบคุมโรคพืชโดยใช้ความร้อนชื้นในการกำจัดเชื้อโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์สามารถทำได้โดยการนำเอาพืชหรือส่วนของพืชที่จะนำไปใช้ทำขยายพันธุ์ไปแช่ในน้ำอุ่น (hot water treatment) ที่มีอุณหภูมิประมาณ 40-55 องศาเซลเซียส นานตั้งแต่ 15-25 นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิด ขนาด และปริมาณของพืชที่ต้องการฆ่าเชื้อ ดังตารางที่ 2.2 Du Toit และ Hernandez-Perez (2005) ได้ศึกษาการบำบัดน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที สามารถลดเชื้อ

Ref. code: 25625909034604ZAD

Alternaria spp. ในเมล็ดพันธุ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญและจะกำจัดเชื้อหมดไปจากเมล็ดที่ได้รับการบำบัดที่ 55 หรือ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ประโยชน์ของการควบคุมโรคพืชในเมล็ดพันธุ์โดยใช้ความร้อนชื้น ได้แก่ 1. ช่วยลดเชื้อโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ได้ 2. ช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์ 3. ป้องกันการเสียหายของเมล็ดที่เกิดจากการกระแทก และ 4. ลดการใช้สารเคมี โดยการควบคุมโรคพืชในเมล็ดพันธุ์ด้วยอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ มีวิธีการดังนี้

1. นำเมล็ดมาหอผ้าขาวบาง ดังภาพที่ 2.12

ภาพที่ 2.12 การห่อเมล็ดด้วยผ้าขาวบาง
ที่มา: https://hort.extension.wisc.edu/files.

2. ทำการอุ่นเมล็ดที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที

ภาพที่ 2.13 การอุ่นเมล็ดพันธุ์พืช
ที่มา: https://hort.extension.wisc.edu/files.

3. ปรับอุณหภูมิของน้ำเพิ่มขึ้นให้เหมาะสมกับประเภทของเมล็ดแต่ละชนิด ดังรายละเอียดในตารางที่ 2.2

Ref. code: 25625909034604ZAD

ภาพที่ 2.14 การปรับอุณหภูมิของน้ำให้เหมะสมกับเมล็ดพันธุ์แต่ละชนิด
ที่มา: https://hort.extension.wisc.edu/files.

4. นำเมล็ดลงแช่ในน้ำร้อนตามระยะเวลาที่กำหนดของแต่ละประเภทของเมล็ดและควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ตลอดระยะเวลาการแช่เมล็ด

ภาพที่ 2.15 การรักษาระดับอุณหภูมิของน้ำร้อนขณะแช่เมล็ดให้คงที่
ที่มา: https://hort.extension.wisc.edu/files

5. เมื่อครบกำหนดเวลานำเมล็ดขึ้นจากน้ำร้อนแล้วเอาเมล็ดลงแช่ในน้ำเย็นเป็นเวลา 5 นาที เพื่อหยุดอุณหภูมิภายในเมล็ด

Ref. code: 25625909034604ZAD

ตารางที่ 2.2 อุณหภูมิของน้ำและระยะเวลาที่เหมาะสมของเมล็ดแต่ละชนิดในการใช้น้ำร้อนเพื่อลดเชื้อโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์

ชนิดพืช	อุณหภูมิของน้ำร้อน (องศาเซลเซียส)	ระยะเวลาที่เหมาะสม (นาที)
1) Brussle sprouts, eggplant, spinach, cabbage, tomato	50	25
2) Broccoli, cauliflower, carrot, collard, kale, kohlrabi, rutabaga, turnip	50	20
3) Mustard, cress, radish	50	15
4) Pepper	51	30
5) Lettuce, celery, celeriac	51	30

ที่มา: Nega et al. (2003)

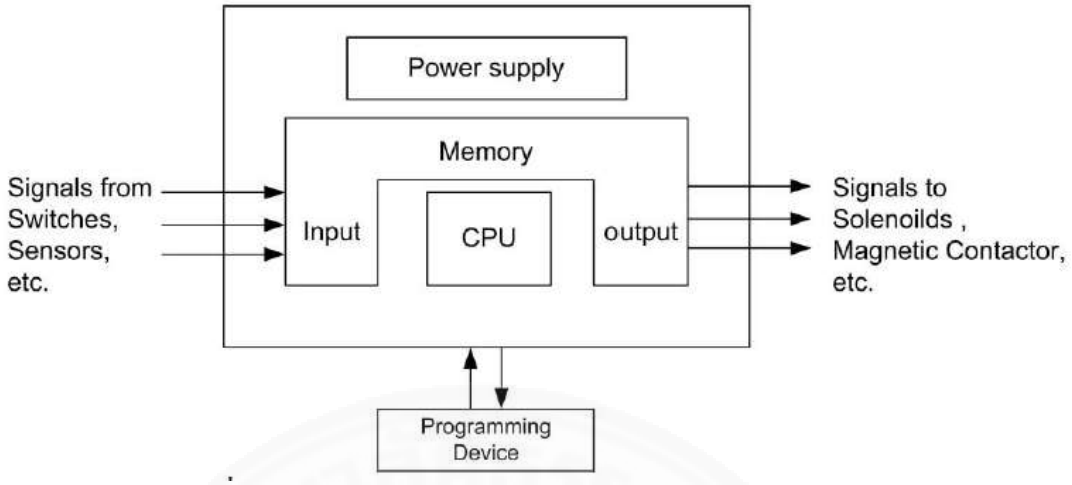
2.5 อุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติสำหรับการพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

2.5.1 โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (Programmable logic controller)

โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอนโทรลเลอร์ (Programmable logic controller : PLC) คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการควบคุมการผลิตทางอุตสาหกรรม อินพุตของ PLC จะมาจากแหล่งสัญญาณหลายตัว เช่น ทรานสดิวเซอร์ เซนเซอร์ ลิมิตสวิตช์ สวิตช์ความดัน และเทอร์โมคับเปิล PLC จะแสดงผลเหล่านี้ และจะควบคุมเอาต์พุตให้เป็นไปตามโปรแกรมที่เก็บไว้ในหน่วยความจำของไมโครโปรเซสเซอร์ เอาต์พุตเหล่านี้จะไปสั่งเปิดรีเลย์ หน้าสัมผัส โซลีนอยด์ และอื่น ๆ (ภาพี่ 2.16) ส่วนประกอบหลักของ PLC ประกอบด้วย

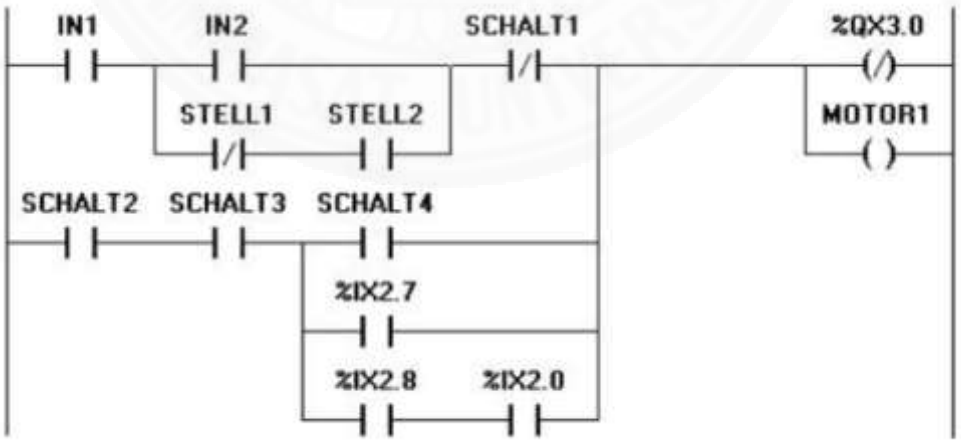
1. หน่วยจ่ายพลังงาน (power supply)
2. หน่วยประมวลผลกลาง (a central processing unit: C.P.U.)
3. หน่วยอินพุต (input modules)
4. หน่วยเอาต์พุต (output modules)
5. หน่วยที่ทางานพิเศษ (intelligent/functional)
6. ตัวกลางในการโปรแกรมและการแสดงผล (a medium for programming and monitoring)

Ref. code: 25625909034604ZAD



ภาพที่ 2.16 บล็อกไดอะแกรมส่วนประกอบหลักของ PLC
ที่มา http://nathawee.itbaseth.com

ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม PLC เป็นภาษาที่เป็นไดอะแกรมแลดเดอร์ (ladder diagram language) ใช้สัญลักษณ์หน้าสัมผัสและขดลวดเพื่อแสดงเงื่อนไขการควบคุมระหว่างอุปกรณ์หน่วยอินพุต/เอาต์พุตและอุปกรณ์ภายใน การเขียนโปรแกรมต้องระบุตำแหน่ง หรือหมายเลขของอุปกรณ์เหล่านี้ให้ถูกต้องและตรงกันทุกครั้ง ซึ่งตำแหน่งหมายเลขของอุปกรณ์ มีลักษณะเหมือนกับวงจรรีเลย์ (ภาพที่ 2.17)



ภาพที่ 2.17 ไดอะแกรมแลดเดอร์
ที่มา: Introduction to IEC 61131-3
programming manual.

Ref. code: 25625909034604ZAD

2.5.2 เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature controller)

เครื่องควบคุมอุณหภูมิ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ ที่เหมาะกับงานในอุตสาหกรรมทุกประเภท โดย temperature controller แม้ชื่อจะเป็น temperature (แปลว่าอุณหภูมิ) แต่จริง ๆ แล้วอุปกรณ์ตัวนี้สามารถควบคุมได้ทุกอย่างไม่ใช่แค่อุณหภูมิ เช่น ความดัน ความชื้น อัตราการไหล ระดับ ฯลฯ เพียงแต่งานควบคุมอุณหภูมิมักจะมีมากที่สุด ยกตัวอย่างงานที่ใช้เครื่องควบคุมอุณหภูมิ เช่น อุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมยาง อุตสาหกรรมทางเคมีภัณฑ์ อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเซรามิค ไปจนถึงห้องทดสอบและเครื่องบรรจุภัณฑ์ต่าง ๆ ฯลฯ การทำงานของเครื่องควบคุมอุณหภูมิจะควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามค่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ โดยจะนำมาใช้ในการสั่งงานให้กับอุปกรณ์สำหรับทำความร้อนหรืออุปกรณ์สำหรับทำความเย็นทำงานตามที่ได้ตั้งค่าอุณหภูมิไว้ การนำมาใช้งานและการควบคุมก็ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ของการใช้งานที่ ตัวเครื่องควบคุมอุณหภูมิจะมีส่วนที่รับอุณหภูมิ (input) จากหัววัดอุณหภูมิหรือที่เรียกกันว่า เซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิ แล้วมาแสดงผลที่หน้าจอ display พร้อมกับประมวลผลเพื่อควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามค่าที่ได้กำหนดไว้ หากอุณหภูมิไม่ได้ตามที่กำหนดไว้ก็จะมีในส่วนของการสั่งงาน (output) ไปสั่งให้อุปกรณ์สำหรับทำความร้อนหรืออุปกรณ์ทำความเย็นทำงานให้ได้ตามค่าที่กำหนดไว้นั่นเอง SP คือ set point หรือค่าที่ต้องการควบคุม เช่น ต้องการต้มน้ำที่ 100 องศาเซลเซียส PV คือ process variable หรือ ค่าที่วัดมาจากโพรเซส เช่น อุณหภูมิในถังน้ำที่อุณหภูมิปกติเป็น 30 องศาเซลเซียส MV คือ manipulated variable หรือ สัญญาณควบคุมที่เครื่องควบคุมคำนวณได้มีหน่วยเป็น % (0-100 %), E คือ error หรือ ผลต่างระหว่างค่าที่ต้องการควบคุมกับค่าที่วัดได้ (E = SP-PV)

การควบคุมอุณหภูมิของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ โดยเอาต์พุตของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (control output) คือ เอาต์พุตที่ทำงานตามการควบคุมของตัวควบคุม โดยจะแปรเปลี่ยนไปตามค่าตัวแปร Manipulate Variable (MV) ที่คำนวณได้จากการควบคุม PID หรือ ON/OFF ซึ่งเอาต์พุตนี้จะทำหน้าที่ตอบสนองต่อค่าเซตพอยต์ (target response) หรือ การรบกวนจากภายนอก (disturbance response) ลักษณะการควบคุมของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ แบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. การควบคุมแบบตัดต่อ (ON/OFF Control)
2. การควบคุมแบบอนาลอก (PID Control)

การควบคุมแบบ ON – OFF

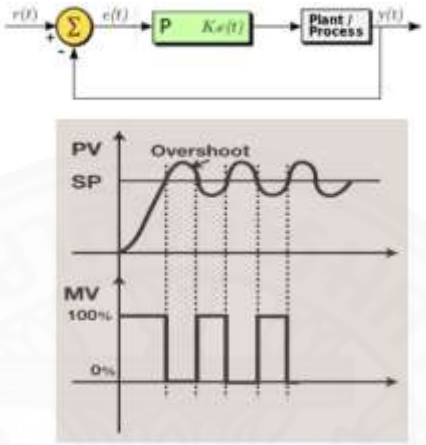
ในระบบควบคุมอุณหภูมิแบบ ON-OFF เครื่องควบคุมอุณหภูมิจะสั่งเอาท์พุตทำงานเพียง 2 สภาวะเท่านั้น คือ ON และ OFF เป็นการควบคุมแบบง่าย ๆ และราคาไม่แพง ดังนั้นจึงนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในงานควบคุมทางอุตสาหกรรม ในกรณีของผลจากการแกว่งของอุณหภูมิเป็นที่ยอมรับได้ กำหนดให้สัญลักษณ์เอาต์พุตของเครื่องควบคุมอุณหภูมิเป็น MV และผลต่าง

Ref. code: 25625909034604ZAD

ระหว่าง SV กับ PV เป็น E (error) ฉะนั้นในการควบคุมแบบ ON-OFF สัญญาณ MV จะมีค่าเป็น 100% (ON) หรือ 0% (OFF) เท่านั้น โดยจะขึ้นอยู่กับว่า E มีค่าเป็น + หรือเป็น – นั่นคือ

MV = 100% (ON) เมื่อ E > 0 (PV < SP)

MV = 0% (OFF) เมื่อ E < 0 (PV > SP)



ภาพที่ 2.18 การควบคุมแบบ ON – OFF ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

ที่มา: https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=142.

การควบคุมแบบ PID control หรือ proportional integral derivative control

การควบคุมแบบ PID control เป็นกระบวนการควบคุมอย่างหนึ่ง ที่นิยมนำมาใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ โดยสามารถแก้ไขปัญหาการเกิด offset error ที่สถานะคงตัวของระบบได้ โดยสามารถหาค่าตัวแปรของ PID (ภาพที่ 2.19)

ผลของ P action **:** สามารถเพิ่มผลของ P action ได้โดยลดค่า PB ลง จะมีผลทำให้

- มีค่า offset น้อยลง
- มี overshoot สูงขึ้น เกิดการแกว่งมากขึ้น
- ระบบขาดเสถียรภาพมากขึ้น ถ้าลดค่า PB มากเกินไป จะทำให้ระบบ oscillate

ผลของ I action : สามารถเพิ่มผลของ I action ได้ โดยลดค่า TI ลง จะมีผลทำให้

- ไม่มี offset

Ref. code: 25625909034604ZAD

• มี overshoot สูงขึ้น เกิดการแกว่งมากขึ้น

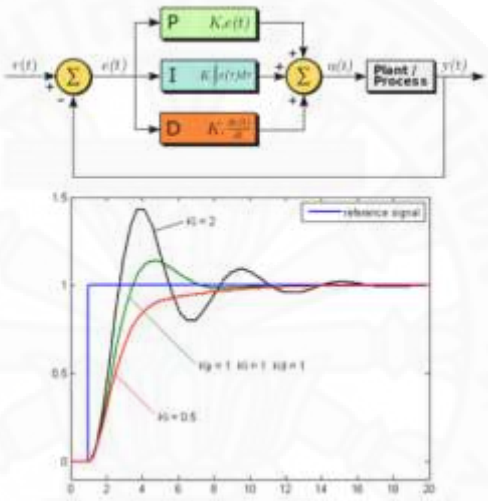
• ระบบขาดเสถียรภาพมากขึ้น ถ้าลดค่า TI มากเกินไป จะทำให้ระบบ oscillate หรือ unstable

ผลของ D action : สามารถเพิ่มผลของ D action ได้โดยเพิ่มค่า TD ลง จะมีผลทำให้

• มี overshoot ลดลงมีคาบการแกว่งสั้นลง

• ระบบมีเสถียรภาพมากขึ้น ไวขึ้น

• ในระบบที่เร็วอยู่แล้ว จะขาดเสถียรภาพ



ภาพที่ 2.19 กระบวนการทำงานของ PID Control ของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ
ที่มา: https://www.primusthai.com/primus /Knowledge/ info?ID=142

จากภาพที่ 2.19 จะเห็นได้ว่า การควบคุมแบบ PID control นั้น เมื่อมีการเพิ่มค่า Kp เข้าไปในระบบ จะทำให้ค่า PV นั้น เข้าสู่เป้าหมาย SV ที่ตั้งไว้ แต่ยังคงเกิดค่า offset error จึงมีการเพิ่มในส่วนของค่า Ki เข้าไป จึงทำให้ลดค่า offset error ลงไปได้ แต่ก็ยังมีปัญหาเรื่องการแกว่งของระบบ หรือ ออสซีลเลส จึงได้เพิ่มค่า Kd เข้าไปเพื่อลดค่าการแกว่งเหล่านั้น และทำให้ PV เข้าสู่ SV ในสถานะคงตัวในที่สุด โดย P คือ ค่าสัดส่วนโดยตรงกับ ค่า error ส่วนค่า I หรือค่าเฉื่อยนั้นจะเป็นอิสระจากตัวแปร P และ D และสุดท้ายค่า D หรือแรงต้าน ซึ่งเกิดจากหน่วงของระบบ โดยจะเป็นการรวมของผลต่างขอค่า error ในอดีต โดยจะมีจำนวนเท่ากับ t-1 เนื่องจากตอนเริ่มต้นระบบจะไม่มี error ก่อนหน้า

Ref. code: 25625909034604ZAD

2.5.3 การควบคุมแขนกลเบื้องต้น

ในปัจุบันแขนกลได้ถูกนำไปใช้งานที่หลากหลายมากขึ้นและไม่ได้จำกัดเฉพาะในวงการอุตสาหกรรมเท่านั้น เช่น ทางการแพทย์ งานบริการ เป็นต้น สำหรับแขนกลในงานอุตสาหกรรมเป็นอุปกรณ์หลักของระบบ Flexible Production System (FPS) ซึ่งเป็นระบบการผลิตที่ทำงานอย่างอัตโนมัติ ง่ายในการทำโปรแกรมและปรับแต่งเพื่อให้ใช้ได้กับกระบวนการผลิตที่มีผลิตภัณฑ์หลากหลายประเภท แขนกลสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเฉพาะบางอย่างได้ เช่น การพ่นสี การเคลือบผิว การบรรจุ และการประกอบ เป็นต้น ประเภทแขนกลอุตสาหกรรม (type of industrial robot) แขนกลที่นิยมใช้ในภาคอุตสาหกรรมมี 3 แบบ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

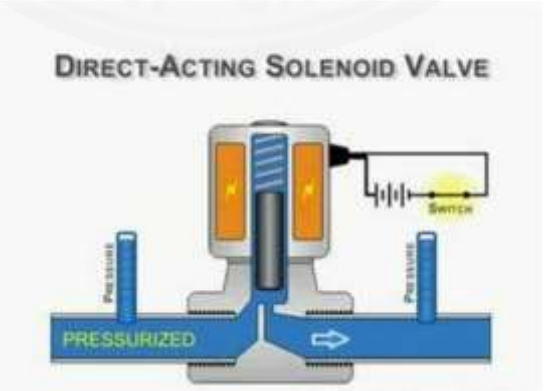
1 แขนกล articulate เป็นแขนกลที่มี 6 joint หรือมากกว่า ทำงานคล้ายแขนของมนุษย์ นิยมใช้ในงานเชื่อม ประกอบชิ้นงาน และจัดวางสินค้า เป็นต้น

2 แขนกล SCARA (Selective Compliance Assembly Robot Arm) เป็นแขนกลที่มี 3 joints หรือ 4 joints โดยมีแกนหมุนอยู่ที่หน้าแปลนเครื่องมือ (tool flange) เหมาะสำหรับงานประกอบชิ้นส่วนและบรรจุภัณฑ์

3 แขนกล Cartesian เป็นแขนกลที่มี 3 แกน ควบคุมการเคลื่อนที่แบบลิเนียร์ (แนวเส้นตรง) และแต่ละแกนจะตั้งฉากซึ่งกันและกัน นิยมใช้ในเครื่อง CNC เครื่องพิมพ์ 3D และงานง่าย ๆ อย่างเช่นเครื่องเจาะ เป็นต้น

2.5.4 โซลินอยวาล์ว (Solenoid valve)

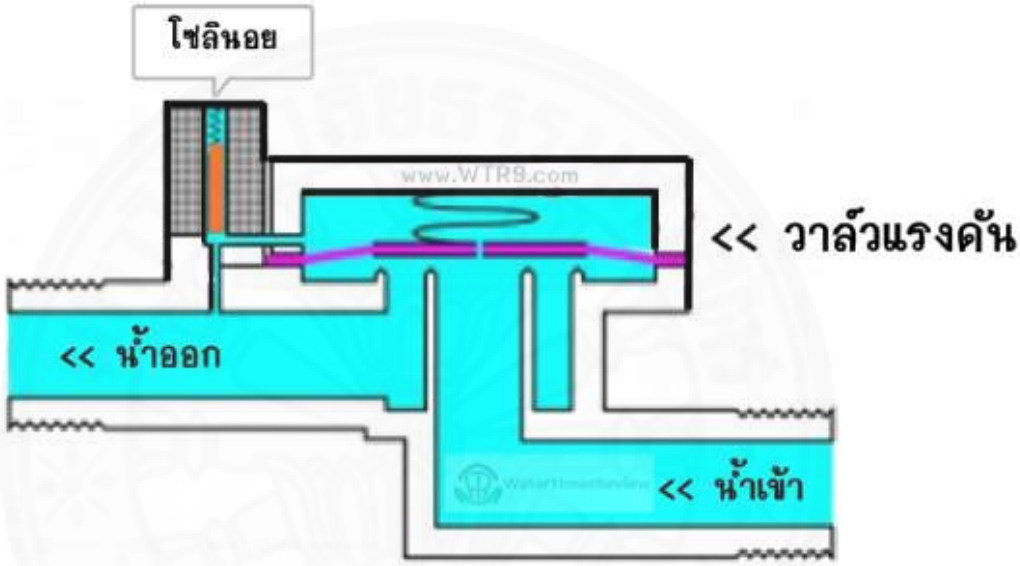
โซลินอยวาล์ว (Solenoid valve) คือ ระบบวาล์วที่ใช้พลังงานไฟฟ้าในการควบคุมการเปิดปิดวาล์ว โดยใช้ส่งพลังงานไฟฟ้าเข้าไปที่ขดลวด เพื่อบังคับควบคุมแท่งเหล็กที่ทำหน้าเป็นลิ้นวาล์วในการเปิดหรือปิด เพื่อให้น้ำ อากาศ และก๊าซ ฯลฯ ไหลผ่าน (กรณีสารเคมี ควรใช้วาล์วที่ทำจากทองเหลือง แต่ถ้าใช้กับน้ำสะอาดทั่วไปเลือกวาล์วพลาสติกจะเหมาะสมกว่า)



ภาพที่ 2.20 ระบบโซลินอยวาล์ว (Solenoid valve)
ที่มา: https://www.watertimerreview.com

Ref. code: 25625909034604ZAD

โซลินอยวาล์วระบบไฟฟ้า (ส่วนใหญ่) จะทำงานโดยใช้พลังงานไฟฟ้าดึง/ดัน แท่งเหล็ก เพื่อทำการเปิดน้ำ ดังนั้นหากไม่มีพลังงานไฟฟ้า แท่งเหล็กก็จะถูกสปริงค์ผลักกลับไปปิดทำให้น้ำไม่ไหล แต่ในระบบโซลินอยที่ใช้พลังงานจากถ่าน เครื่องจะทำงานโดยใช้กลไกสลับกระแสไฟฟ้าเพื่อดึง/ดัน แท่งเหล็กให้เปิด หรือ ปิด ไม่ได้ใช้พลังงานไฟฟ้าตลอดเวลาที่วาล์วเปิด เพื่อประหยัดพลังงาน โดยระบบโซลินอยวาล์วในเครื่องตั้งเวลาที่ใช้ถ่านจะใช้คู่กับวาล์วแรงดัน ในการทำงาน โดยโครงสร้างจะมีลักษณะตามภาพที่ 2.21



ภาพที่ 2.21 โซลินอยวาล์วที่ใช้พลังงานจากถ่าน
ที่มา : https://www.watertimerreview.com

จากภาพที่ 2.21 จะเห็นได้ว่าลิ้นวาล์ว(สีส้ม)นั้นเปิดอยู่ ทำให้น้ำที่อยู่ภายในวาล์วแรงดันระบายไหลออกได้ตามรูเล็ก ๆ ที่ผ่านลิ้นวาล์ว เมื่อแรงดันน้ำภายในวาล์วนั้นต่ำ ทำให้แรงดันจากน้ำที่ส่งเข้ามีกำลังพอที่จะดันสปริงค์ขึ้นเพื่อเปิดวาล์ว (ฉนั้นแรงดันน้ำที่ใช้กับวาล์วประเภทนี้ต้องไม่ต่ำกว่า 0.5bar เพื่อที่จะไปดันสปริงค์เปิดวาล์ว) แต่ถ้าเราสั่งให้โซลินอย์ปิด ลิ้นวาล์ว(สีส้ม) จะถูกดันลงมาปิดรูเล็ก ๆ ส่งผลให้น้ำภายในวาล์วแรงดันไม่สามารถระบายออกจากวาล์วแรงดัน ในขณะที่แรงดันน้ำที่ส่งเข้าผ่านรูเล็ก ๆ เข้าไปสะสม ทำให้แรงดันน้ำภายในวาล์วแรงดันสูงจนเท่ากับแรงดันน้ำที่ส่งเข้ามา และสปริงค์ก็จะทำหน้าที่ช่วยดันแผ่นวาล์วให้ปิด น้ำก็จะไม่ไหลออก

Ref. code: 25625909034604ZAD

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วิไล (2531) ศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวในน้ำแล้วทำให้แห้งต่อความงอกและความแข็งแรงของเมล็ด โดยนำเมล็ดพันธุ์ข้าว กข 23 และขาวดอกมะลิ 105 ไปแช่ในน้ำที่มีอุณหภูมิต่างกัน 3 ระดับ คือ 20 30 และ 40 องศาเซลเซียส และใช้ระยะเวลาในการแช่น้ำต่างกัน 3 ระยะ คือ 6 12 และ 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำเมล็ดพันธุ์ข้าวมาตากให้แห้งจนความชื้นภายในเมล็ดลดลงเท่ากับความชื้นก่อนแช่น้ำ นำเมล็ดไปทดสอบความงอกโดยวิธีทดสอบความงอกมาตรฐานและความแข็งแรงของเมล็ดโดยวิธีเร่งอายุของเมล็ด ดัชนีการงอกของเมล็ด อัตราการเจริญเติบโตของรากและลำต้น และน้ำหนักแห้งของต้นกล้า เปรียบเทียบกับเมล็ดที่ไม่แช่น้ำ พบว่าการแช่เมล็ดข้าวในน้ำแล้วทำให้แห้ง ทำให้เมล็ดข้าวทั้ง 2 พันธุ์มีความงอกและความแข็งแรงสูงกว่าเมล็ดที่ไม่แช่น้ำ เมล็ดพันธุ์ข้าวซึ่งแช่น้ำที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง และที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง มีความงอกและความแข็งแรงหลังการแช่สูงสุด และจากการศึกษาผลของการแช่เมล็ดในน้ำแล้วทำให้แห้งต่อความยาวนานในการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ข้าว โดยการนำเมล็ดพันธุ์ข้าว กข 23 และขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งแช่น้ำที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง และ 30 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง และเมล็ดที่ไม่แช่น้ำ (1) ไปเก็บรักษาในสภาพอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ปี และ (2) นำเมล็ดไปเร่งอายุให้เสื่อมคุณภาพที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 100 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 และ 9 วัน พบว่าการแช่เมล็ดในน้ำที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส 24 ชั่วโมง ทำให้เมล็ดมีความงอกและความแข็งแรงลดลงเร็วกว่าเมล็ดที่ไม่แช่น้ำ นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวพันธุ์ กข 23 เสื่อมคุณภาพเร็วกว่าพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ส่วนเมล็ดพันธุ์ข้าวซึ่งแช่น้ำที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง มีความงอกและความแข็งแรงลดลงช้ากว่าเมล็ดที่ไม่แช่น้ำ และข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ตอบสนองต่อการแช่น้ำมากกว่าพันธุ์ กข 23 ฉะนั้นอุณหภูมิและระยะเวลาที่เหมาะสมในการแช่เมล็ดแล้วทำให้แห้งเพื่อให้เมล็ดข้าวมีคุณภาพดีขึ้นคือที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง

ชุลีพร (2538) ศึกษาผลของอุณหภูมิของน้ำและระยะเวลาในการแช่เมล็ดที่มีผลต่อการงอกของเมล็ดและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการขณะงอกของเมล็ดถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 จากการศึกษาพบว่าการแช่เมล็ดในน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส นาน 3 นาที สามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดได้ดี และมีเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดสูงกว่าเมล็ดกลุ่มทดลองอื่น ๆ คือ 95 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ชุดควบคุมมีเปอร์เซนต์ความงอกของเมล็ดเพียง 90.3 เปอร์เซ็นต์

มาวิน (2553) ศึกษาผลของการแช่น้ำอุ่นและการใช้ความร้อนต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าบวบเหลี่ยม โดยการแช่ในน้ำอุ่นที่อุณหภูมิ 50 60 70 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และอบเมล็ดที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม พบว่าความงอกของเมล็ดอยู่ในช่วง 44.50-58.00 เปอร์เซ็นต์ และเวลาเฉลี่ยในการงอกอยู่ระหว่าง 12.41-

Ref. code: 25625909034604ZAD

13.73 วัน ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติในทุกกรรมวิธี แต่มีแนวโน้มว่าการแช่เมล็ดในน้ำอุ่นที่ 70 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์ความงอกสูงสุด และเวลาเฉลี่ยในการงอกน้อยที่สุด เมื่อต้นกล้าบวบเหลี่ยมมีอายุ 14 วันหลังเพาะเมล็ด มีเส้นผ่านศูนย์กลางลำต้น ความสูง น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของต้นและราก และอัตราส่วนระหว่างต้นและราก ไม่แตกต่างกันในทุกกรรมวิธี อย่างไรก็ตามการแช่เมล็ดในน้ำอุ่น 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที พบว่าต้นกล้าบวบเหลี่ยมมีรากยาวที่สุด (29.88 เซนติเมตร) และมีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธี

Lindsey (2005) ได้ศึกษาการบำบัดด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที สามารถลดเชื้อ *Alternaria* spp. ในเมล็ดพันธุ์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และจะกำจัดเชื้อหมดไปจากเมล็ดที่ได้รับการบำบัดที่ 55 หรือ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที

น้ำมนต์ และคณะ (2559) ประยุกต์ใช้พีแอลซี (Programmable logic controller, PLC) ในการควบคุมเครื่องบดถั่วเหลืองให้ทำงานโดยอัตโนมัติ โครงการวิจัยนี้เลือกใช้พีแอลซียี่ห้อ Siemens ในรุ่น LOGO series ผลการทดสอบการทำงานของเครื่องบดถั่วเหลืองสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ สามารถทำการชั่งน้ำหนักของเมล็ดถั่วเหลืองตั้งต้น สามารถเติมน้ำสำหรับแช่เมล็ดถั่วเหลือง และสามารถฉีดน้ำได้เองโดยอัตโนมัติในขณะที่เริ่มทำการ จากการดำเนินการทดสอบการบดเมล็ดถั่วเหลืองจากเครื่องบดถั่วให้ทำงานโดยอัตโนมัติ ซึ่งทำการทดสอบการบดโดยเริ่มจากเมล็ดถั่วเหลืองตั้งต้นที่ 1.0 กิโลกรัม และเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.5 กิโลกรัม จนสิ้นสุดที่ 5.0 กิโลกรัม โดยเมื่อจับเวลาที่ใช้ในแต่ละการทดสอบแล้วนำมาคำนวณคิดเป็นอัตราการผลิตเฉลี่ยอยู่ที่ 7.14 กิโลกรัมของถั่วเหลืองตั้งต้นต่อชั่วโมงโดยมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยเท่ากับ 0.7 เปอร์เซ็นต์ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของอัตราการผลิตถั่วเหลืองบดมีค่าเท่ากับ 0.004 กิโลกรัม ซึ่งมีค่าเฉลี่ยของอัตราส่วนของเมล็ดถั่วเหลืองตั้งต้นกับน้ำที่ใช้ผสมในกระบวนการบดโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 1:5.04 โดยการประมาณระยะเวลาคืนทุนสำหรับกรณีการใช้เครื่องบดเม็ดถั่วเหลืองนี้ทำงาน 6 ชั่วโมงต่อวัน จะสามารถคืนทุนได้ในเวลา 457 วัน

วรวัช และคณะ (2559) ศึกษาการควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบแบบพีไอดี (PID) ด้วยการควบคุมอุณหภูมิของน้ำ โดยการควบคุมปริมาณการเผาไหม้ของก๊าซปิโตรเลียมเหลว ร่วมกับอุณหภูมิของน้ำที่ได้รับพลังงานจากแผงรับรังสีแสงอาทิตย์ (solar collector) ซึ่งช่วงของอุณหภูมิที่สามารถทำ ได้อยู่ระหว่าง 50 – 70 องศาเซลเซียส ในการออกแบบตัวควบคุมกระทำผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Mega 2560 จากผลการทดลองตัวควบคุมพีไอดีที่ใช้ค่าพารามิเตอร์ของตัวควบคุมที่หาได้จากวิธี Ziegler-Nichols ทั้งในสภาวะมีโหลดและไม่มีโหลด มีผลตอบสนองที่รวดเร็วและมีค่าผิดพลาดที่สถานะอยู่ตัวไม่เกิน ± 0.3 องศาเซลเซียส และปริมาณการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเฉลี่ย 0.25 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

Ref. code: 25625909034604ZAD

บทที่ 3
วิธีการวิจัย

การพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ และการทดสอบประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* สาเหตุโรคขอบใบทองของคะน้า และ *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* สาเหตุโรคใบขีดของข้าวโพด มีรายละเอียดดังนี้

3.1 กำหนดรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

1. เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติประกอบด้วยฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ ฮาร์ดแวร์ ได้แก่ ชุดอ่างทำความร้อน ชุดแขนกลพร้อมอุปกรณ์รองรับการติดตั้งสำหรับยกตะกร้าและวางตะกร้าเมล็ดพันธุ์จุ่มลงในอ่างทำความร้อนและยกขึ้นเมื่อเสร็จงาน ชุดควบคุมการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งและปล่อยน้ำทิ้ง ซอฟแวร์ได้แก่ โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมอุณหภูมิ โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมเวลาการทำงาน โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมแขนกล โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งและปล่อยน้ำทิ้ง

2. อ่างทำความร้อน ทำด้วยวัสดุสแตนเลสสตีล (SS304) ขนาดยาว 30 เซนติเมตร กว้าง 25 เซนติเมตร ลึก 15 เซนติเมตร ความจุ 10 ลิตร

3. เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ สามารถทำความร้อนและทำให้น้ำในอ่างทำความร้อนมีอุณหภูมิตั้งแต่ 25 – 100 องศาเซลเซียส ได้โดยอัตโนมัติ

4. เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ สามารถควบคุมเวลาในการฆ่าเชื้อสาเหตุโรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ตามโปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะได้โดยอัตโนมัติ

5. มีระบบแขนกลในการยกตะกร้าเมล็ดพันธุ์ลงแช่ในน้ำร้อนที่ถูกบรรจุอยู่ในอ่างทำความร้อนและยกเมล็ดพันธุ์ขึ้นจากอ่างทำความร้อนเมื่อเสร็จงาน

6. สามารถตั้งเวลาการทำงานให้เมล็ดพันธุ์แช่อยู่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิต่าง ๆ ตามโปรแกรมแบบจำเพาะได้ โดยมีปุ่มกดเลือกตั้งเวลาการทำงาน 6 ปุ่ม สำหรับการตั้งเวลาการแช่ในน้ำร้อนนาน 5 10 15 20 25 และ 30 นาที

7. ปุ่มตั้งค่าเวลาโดยผู้ใช้งานกำหนดเองสำหรับผู้ใช้งานตั้งเวลาการทำงานต่อเนื่องได้สูงสุดนาน 5 ชั่วโมง

Ref. code: 25625909034604ZAD

8. ปุ่มตั้งค่าอุณหภูมิแสดงด้วยตัวเลขเรืองแสงพร้อมทั้งระบบสัญญาณไฟแสดงสถานะการทำงานของเครื่อง

9. ใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิด้วย temperature controller และ PLC

10. ระบบฆ่าเชื้อน้ำทิ้งและปล่อยน้ำทิ้งออกจากเครื่องได้แบบอัตโนมัติ

3.2 ส่วนประกอบของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

1. แผ่นสแตนเลสสตีล (SS304)
2. อุปกรณ์ทำความร้อน (heater)
3. เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ (temperature sensor)
4. อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (temperature controller) (NT48RS)
5. โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (programmable logic control, PLC) (FP0R-C32CT)
6. โซลินอยวาล์ว (solenoid valve) (2W-040-10)
7. ชุดแขนกล (LX758)
8. Macnetic relay
9. Solitatass relay

3.3 การพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

การพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ มีการพัฒนาใน 2 ส่วนหลัก ประกอบด้วย ฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ ซึ่งมีรายเอียดดังนี้

3.3.1 การพัฒนาฮาร์ดแวร์ ประกอบด้วย

1. การพัฒนาชุดอ่างทำความร้อน
2. การพัฒนาชุดแขนกล (actuator) พร้อมอุปกรณ์รองรับการติดตั้งสำหรับยกตะกร้าและวางตะกร้าเมล็ดพันธุ์จุ่มลงในอ่างทำความร้อนและยกขึ้นเมื่อเสร็จงาน
3. การพัฒนาชุดควบคุมการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งและปล่อยน้ำทิ้ง
4. การพัฒนาชุดควบคุมการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

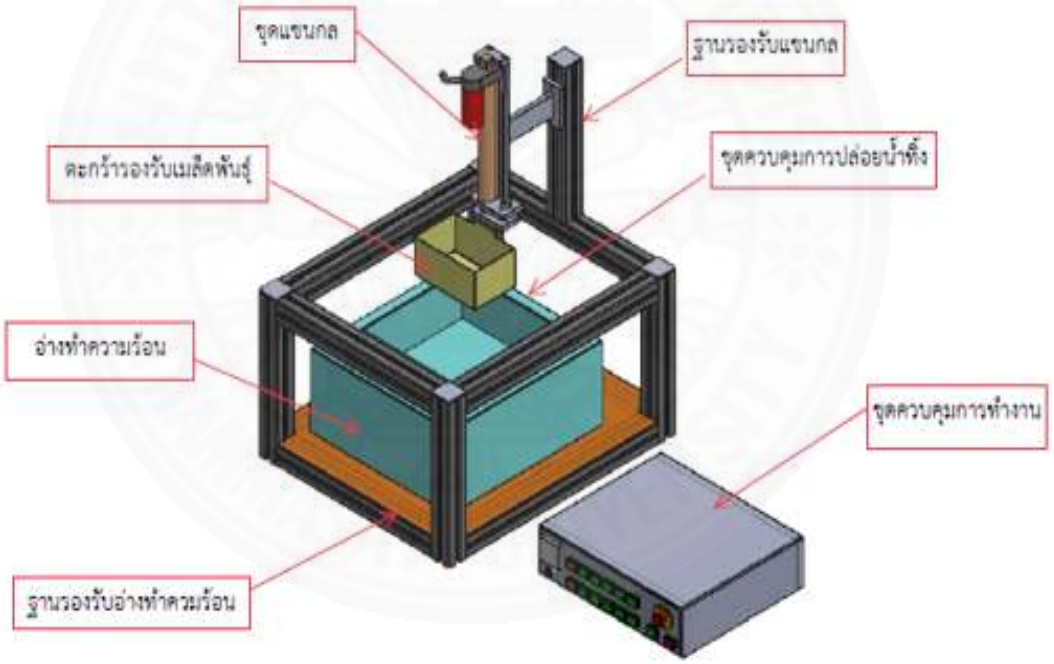
Ref. code: 25625909034604ZAD

3.3.2 การพัฒนาซอฟแวร์ที่มีความจำเพาะสำหรับควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ ประกอบด้วย

1. โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมอุณหภูมิ
2. โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมเวลาการทำงาน
3. โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมแขนกล
4. โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมการฆ่าเชื้อ
5. โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมการปล่อยน้ำทิ้ง

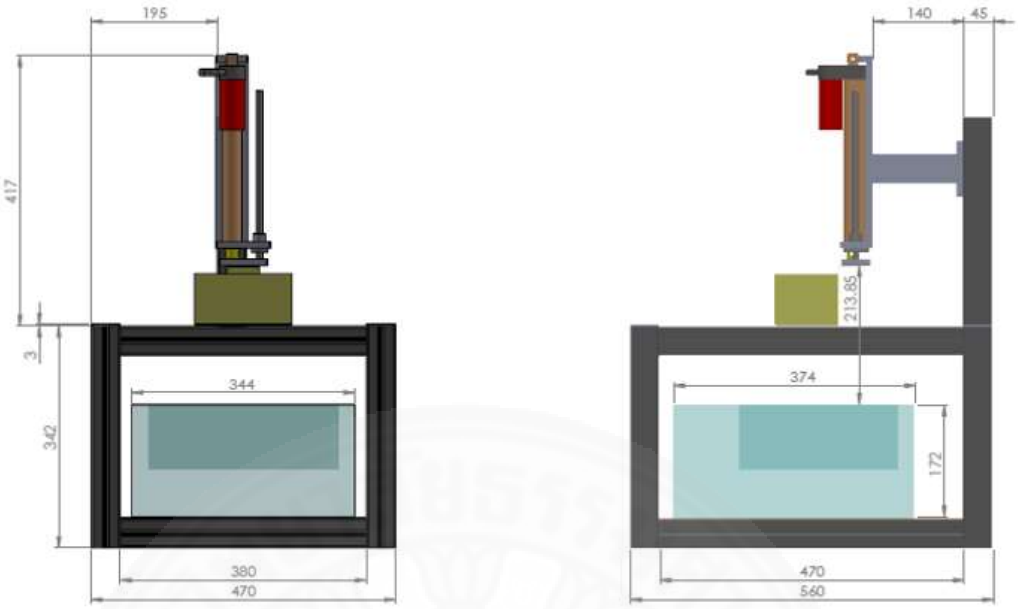
3.3.3 การออกแบบเครื่องเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

การออกแบบเครื่องเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ มีรายละเอียดดังภาพที่ 3.1

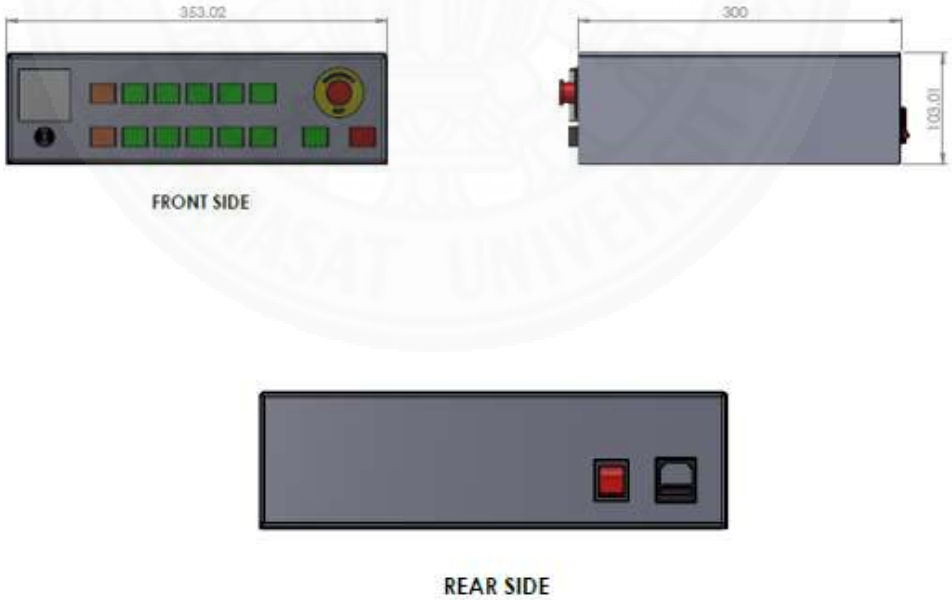


ภาพที่ 3.1 แบบส่วนประกอบหลักของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

Ref. code: 25625909034604ZAD

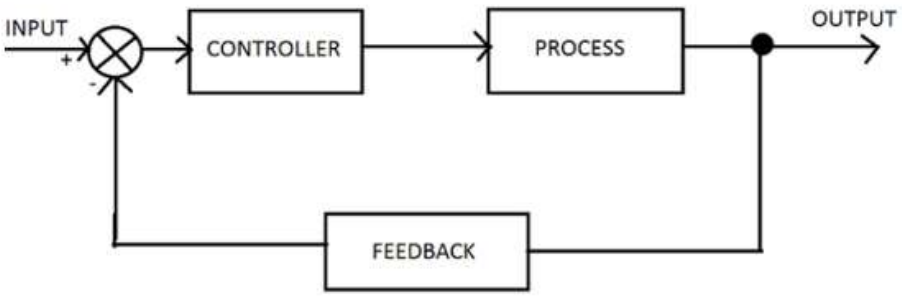


ภาพที่ 3.2 แบบระยะ (dimension) ของชุดอ่างทำความร้อนและชุดแขนกลพร้อมอุปกรณ์รองรับการติดตั้งสำหรับยกตะกร้าและวางตะกร้าเมล็ดพันธุ์จุ่มลงในอ่างทำความร้อนและยกขึ้นเมื่อเสร็จงาน



ภาพที่ 3.3 แบบระยะ (dimension) ของชุดควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

Ref. code: 25625909034604ZAD



ภาพที่ 3.4 วงจรควบคุมการทำความร้อนแบบอัตโนมัติ

3.3.4 การพัฒนาชุดอ่างทำความร้อน

1. นำแผ่น stainless steel ความหนา 3 มิลลิเมตร มาพับขึ้นรูปเป็นอ่างทำความร้อนสำหรับใช้ในการฆ่าเชื้อโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ ให้มีความกว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร ลึก 15 เซนติเมตร หลังจากนั้นทำการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม SS304 ทั้ง 4 ด้าน เพื่อเป็นอ่างฆ่าเชื้อโรคที่สามารถรองรับปริมาณน้ำได้ 10 ลิตร (ภาพที่ 3.5)

2. เจาะรูด้วยดอกสว่านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร จำนวน 2 รู โดยให้มีระยะห่างกันในตำแหน่งกึ่งกลางด้านใดด้านหนึ่งของผนังอ่าง 20 เซนติเมตร และให้สูงจากก้นอ่างเป็นระยะ 3 เซนติเมตร เพื่อเป็นจุดติดตั้งอุปกรณ์ทำความร้อน (heater) โดยพิจารณาให้อุปกรณ์ทำความร้อนสามารถวางอยู่กึ่งกลางอ่างทำความร้อน

3. ติดตั้งอุปกรณ์ทำความร้อน (heater) ขนาด 220V 1200 W จำนวน 1 ชิ้น เพื่อทำความร้อนให้น้ำภายในอ่างทำความร้อนมีอุณหภูมิเป็นไปตามโปรแกรมแบบจำเพาะสำหรับควบคุมอุณหภูมิ

4. เจาะรูด้วยดอกสว่านขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร ให้ความสูงจากก้นอ่างระยะ 8 เซนติเมตร ด้านเดียวกับตำแหน่งที่เจาะรูเพื่อติดตั้งอุปกรณ์ทำความร้อน ติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ (temperature sensor) จำนวน 1 ชิ้น ไว้สำหรับตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำภายในอ่างทำความร้อน

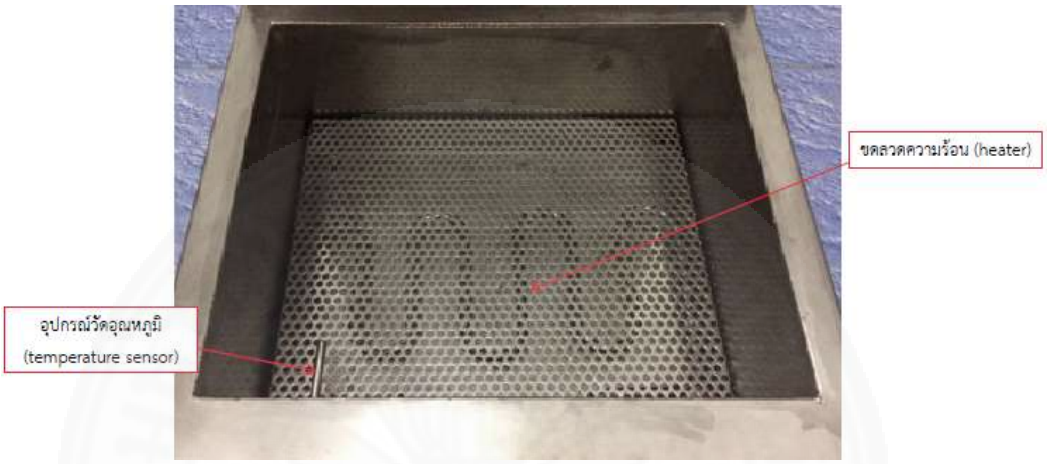
5. เจาะรูด้วยดอกสว่านให้มีขนาดรู ½ นิ้ว บริเวณพื้นอ่างด้านซ้ายมือเพื่อติดตั้งท่อสำหรับใช้ในการปล่อยน้ำทิ้ง

6. ตัดแผ่น stainless steel ขนาดยาว 29 เซนติเมตร กว้าง 25 เซนติเมตร เจาะรูขนาด 8 มิลลิเมตร ตลอดทั้งแผ่น และพับขอบทั้งสองด้านให้สูงด้านละ 5 มิลลิเมตร สำหรับปิดครอบระหว่างตัวอุปกรณ์ทำความร้อนและเซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ (temperature sensor) เพื่อป้องกันการสัมผัสกันระหว่างเมล็ดพันธุ์กับอุปกรณ์ทำความร้อน (heater)

Ref. code: 25625909034604ZAD

7. ทดสอบการรั่วซึ่มของน้ำภายในอ่างทำความร้อนโดยการแช่น้ำทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง แล้วทำสัญลักษณ์จุดระดับน้ำไว้เพื่อใช้ตรวจสอบรอยรั่วของตัวอ่างทำความร้อน

8. ทำการเชื่อมต่อสายไฟขนาด 1.5 sq.mm (wiring) ออกจากอุปกรณ์ทำความร้อนและ เซ็นเซอร์ตรวจวัดอุณหภูมิ (temperature sensor) เพื่อมารอภายนอกอ่างทำความร้อนสำหรับการเชื่อมต่อ (wiring) กับชุดควบคุม



ภาพที่ 3.5 การพัฒนาอ่างทำความร้อนและชุดรองรับอ่างทำความร้อนพร้อมติดตั้งอุปกรณ์ทำความร้อนภายในอ่างทำความร้อน

3.3.5 การพัฒนาชุดแขนกล (actuator) พร้อมอุปกรณ์รองรับการติดตั้งสำหรับยกตะกร้าและวางตะกร้าเมล็ดพันธุ์จุ่มลงในอ่างทำความร้อนและยกขึ้นเมื่อเสร็จงาน

1. นำแท่งอลูลิเมียมโปรไฟล์ขึ้นโครงสำหรับทำเป็นอุปกรณ์รองรับการติดตั้งแขนกลให้มีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยม ขนาดกว้าง 380 มิลลิเมตร ความยาว 470 มิลลิเมตร สูง 342 มิลลิเมตร ยึดด้วยสกรู (ภาพที่ 3.6)

2. นำตัวโครงที่ทำจากแท่งอลูลิเมียมโปรไฟล์มายึดติดกับแผ่น stainless steel กว้าง 380 มิลลิเมตร ความยาว 470 มิลลิเมตร หนา 1.5 มิลลิเมตร เพื่อเป็นฐานอุปกรณ์รองรับการติดตั้งแขนกลและเป็นฐานรองรับอ่างน้ำทำความร้อน

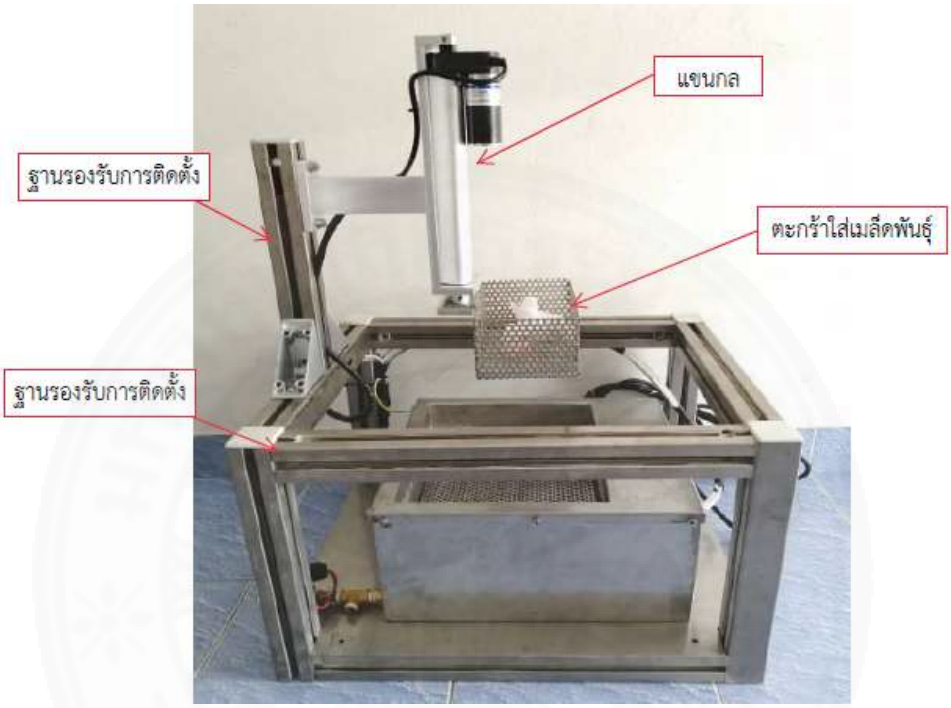
3. นำแท่งอลูมิเมียมโปรไฟล์มาตัดให้มีขนาดความยาว 417 มิลลิเมตร เพื่อทำเป็นชุดอุปกรณ์ติดตั้งแขนกลพร้อมยึดด้วยสกรู

4. นำแขนกลยึดติดกับอุปกรณ์ติดตั้งแขนกลด้วยสกรู 4 มุม ที่ระดับความสูง 27 เซนติเมตร

Ref. code: 25625909034604ZAD

5. นำตะกร้าที่ทำขึ้นจาก stainless steel กว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 10 เซนติเมตร และสูง 5 เซนติเมตร ยึดติดกับปลายด้านล่างชุดแขนกล

6. หลังจากนั้นนำสายไฟ ขนาด 1.5 sq.mm ทำการเชื่อมต่อที่ตัวแขนกลออกมารอการเชื่อมต่อกับตัวชุดควบคุม



ภาพที่ 3.6 ชุดแขนกล (actuator) และอุปกรณ์รองรับการติดตั้งสำหรับยกตะกร้าและวางตะกร้าเมล็ดพันธุ์จุ่มลงในอ่างทำความร้อนและยกขึ้นเมื่อเสร็จงาน

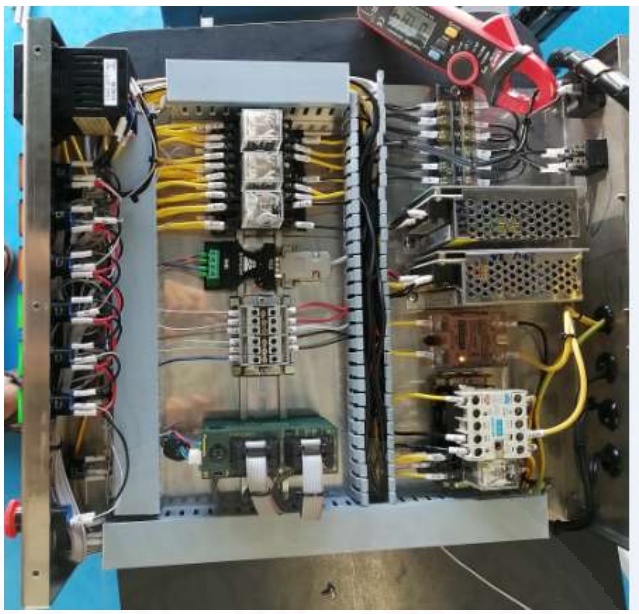
3.3.6 การพัฒนาชุดควบคุมการทำงานเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

1. นำแผ่น stainless steel หนา 1 มิลลิเมตร ออกแบบให้เป็นกล่องสี่เหลี่ยมมีขนาดความกว้าง 353 มิลลิเมตร ความยาว 300 มิลลิเมตร ความสูง 103 มิลลิเมตร และมีฝาครอบเปิดปิดได้เพื่อให้เหมาะสมกับการบำรุงรักษาวงจรภายในชุดควบคุม (ภาพที่ 3.7)

2. นำอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (model NT-48R), PLC (model FPOR-C32CT), macnetic relay, solid state relay ชุดแหล่งจ่าย 24 VAC ติดตั้งลงบอดร์ชุดควบคุม

3. ทำการเชื่อมต่อวงจรการทำงาน (wiring) ของอุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน

Ref. code: 25625909034604ZAD



ภาพที่ 3.7 ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

3.3.7 การพัฒนาชุดควบคุมการปล่อยน้ำทิ้ง

1. นำโซลินอยวาล์ว (solenoid valve) ต่อเข้ากับอ่างทำค้วมร้อนด้วย ½ inch male and female connection เพื่อให้โซลินอยวาล์วทำหน้าที่ปล่อยน้ำทิ้งแบบอัตโนมัติเมื่อได้รับคำสั่งจากชุดควบคุม PLC (ภาพที่ 3.8)

2. ทำการเชื่อมต่อสายไฟ (wiring) จากโซลินอยวาล์วเข้ากับชุดควบคุมการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

ภาพที่ 3.8 ชุดควบคุมการปล่อยน้ำทิ้งของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

Ref. code: 25625909034604ZAD

3.3.8 การพัฒนาซอฟแวร์ที่มีความจำเพาะสำหรับควบคุมการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

การทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ มีซอฟแวร์โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมการทำงานทั้งหมด 5 ขั้นตอน โดยใช้ตัวควบคุมการทำงาน ได้แก่ โปรแกรมเมเบิลลอจิกคอลโทรลเลอร์ (programmable logic control, PLC) และอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (temperature controller) สำหรับการเขียนโปรแกรมการควบคุม PLC ใช้ภาษา ladder diagram ซึ่งมีหลักการทำงานเป็นลำดับขั้นตามลำดับดังนี้

1. โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมอุณหภูมิ
2. โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมเวลาการทำงาน
3. โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมแขนกล
4. โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมการฆ่าเชื้อ
5. โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมการปล่อยน้ำทิ้ง

3.3.8.1 พัฒนาโปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

การพัฒนาโปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมอุณหภูมิโดยมีหลักการทำงานคือ temperature controller จะรับค่า set point มาจาก PLC ผ่านการตั้งค่าอุณหภูมิจากผู้ใช้งานทั้งแบบอัตโนมัติและแบบผู้ใช้งานกำหนดเอง หลังจากนั้น PLC จะส่งสัญญาณให้ magnetic relay ทำงานเพื่อจ่ายไฟ 220 V ให้อุปกรณ์ทำความร้อนเพื่อให้เกิดความร้อนภายในชุดอ่างทำความร้อนและ temp sensor ภายในอ่างทำความร้อนจะส่งค่าอุณหภูมิภายในอ่างทำความร้อนมายัง temperature controller เพื่อตรวจอุณหภูมิไม่ให้เกินจากค่า set point ที่ผู้ใช้งานกำหนดโดยหน้าที่หลักในการควบคุมอุณหภูมิคือ temp controller จะทำหน้าที่ติดตาม (moniter) ค่าอุณหภูมิภายในอ่างทำความร้อนไม่ให้เกินหรือมีค่าต่ำกว่าค่าที่ผู้ใช้งานตั้งค่า set point ไว้ หากอุณหภูมิภายในอ่างทำความร้อนเกินกว่าที่ผู้ใช้งานกำหนดไว้ อุปกรณ์ทำความร้อนจะถูกตัดการทำงานทันทีผ่านโปรแกรมที่เขียนกำหนดไว้ใน PLC เพื่อไม่ให้อ่างทำความร้อนมีอุณหภูมิสูงเกินค่าที่ผู้ใช้งานกำหนด รายละเอียดการเชื่อมต่อกับ temperature controller และ PLC ledder diagram ได้แสดงรายละเอียดใน ภาคผนวก ข และ ภาคผนวก ค

3.3.8.2 พัฒนาโปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมเวลาการทำงานในการฆ่าเชื้อของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

การพัฒนาโปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมเวลาการทำงาน โดยมีหลักการทำงานคือ PLC นำค่า set point จากผู้ใช้งานไปควบคุมเวลาการทำงานเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้ภาษา PLC ladder diagram ใน

Ref. code: 25625909034604ZAD

การเขียนโปรแกรมการควบคุมระยะเวลาในการทำความร้อนในอ่างทำความร้อนและฆ่าเชื้อโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ให้ตรงตาม set point ที่ผู้ใช้งานต้องการ การควบคุมเวลาจะเริ่มนับเวลาเมื่อเป็นไปตามเงื่อนไข 2 ข้อ ดังนี้ 1) อุณหภูมิภายในอ่างทำความร้อนต้องตรงตาม set point ของผู้ใช้งาน 2) เมื่อแขนกลหย่อนตะกร้าเมล็ดพันธุ์ลงแช่ในน้ำที่บรรจุในอ่างทำความร้อนที่มีอุณหภูมิตรงตาม set point เมื่อฟังก์ชันเป็นไปตามเงื่อนไขดังกล่าวแล้ว PLC จะนับเวลาจนครบกำหนดที่ผู้ใช้งานตั้งเวลาในการฆ่าเชื้อสาเหตุโรคในเมล็ดพันธุ์ดังรายละเอียด PLC ladder diagram ในการควบคุมเวลาการทำงานตาม set point ที่กำหนดโดยผู้ใช้งานตามภาคผนวก ข

3.3.8.3 พัฒนาโปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมการทำงานของแขนกล (Actuator) ของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

การพัฒนาโปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมการทำงานของแขนกล โดยมีหลักการทำงานคือ PLC จะควบคุมการทำงานของแขนกลโดยโปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะที่เขียนด้วยภาษาPLC ladder diagram ซึ่งจะเริ่มทำงานเมื่อเป็นไปตามเงื่อนไข 1) เมื่ออุณหภูมิของน้ำภายในอ่างทำความร้อนมีอุณหภูมิตาม set point แขนกลจะหย่อนตะกร้าเมล็ดพันธุ์ลงแช่ในน้ำร้อนที่บรรจุอยู่ในอ่างทำความร้อน และ 2) หยุดการทำงานเมื่อครบระยะเวลาในการฆ่าเชื้อโรคตามโปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะ แขนกลจะยกตะกร้าที่บรรจุเมล็ดพันธุ์ขึ้นมาจากน้ำร้อนโดยได้แสดงรายละเอียดการเขียนโปรแกรม PLC ladder diagram ตามภาคผนวก ข

3.3.8.4 พัฒนาโปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมการฆ่าเชื้อและปล่อยน้ำทิ้งของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

การพัฒนาโปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมการฆ่าเชื้อและปล่อยน้ำทิ้งออกแบบให้ใช้ PLC ควบคุมการทำงานการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งโดยการเขียนโปรแกรมให้กับ PLC ladder diagram ให้มีฟังก์ชันการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งเริ่มทำงานหลังจากแขนกลยกตกร้าเมล็ดพันธุ์ขึ้นจากน้ำร้อนที่บรรจุอยู่ในอ่างทำความร้อนของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ และเขียนโปรแกรมให้ฆ่าเชื้อโรคในน้ำทิ้งด้วยอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 5 นาที ก่อนปล่อยสู่สภาพแวดล้อม และให้ฟังก์ชันการปล่อยน้ำทิ้งทำงานหลังการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งเสร็จสมบูรณ์แล้ว

3.4 ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

การทดสอบประสิทธิภาพแบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ชุดการทดลอง 1) การทดสอบประสิทธิภาพเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดที่เป็นมาตรฐานและ 2) ทดสสอบประสิทธิภาพการลดการปนเปื้อนเชื้อสาเหตุโรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชอินทรีย์

Ref. code: 25625909034604ZAD

3.4.1 ทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติเปรียบเทียบกับเครื่องมือวัดที่เป็นมาตรฐาน

3.4.1.1 ทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติในการควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติ โดยเติมน้ำปริมาตร 10 ลิตร ลงในอ่างทำความร้อน เลือกอุณหภูมิช่วงการทดสอบทั้งหมด 6 อุณหภูมิ ได้แก่ 40 45 50 55 60 และ 100 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นทำการวัดอุณหภูมิน้ำในอ่างทำความร้อนด้วยเครื่องมือสอบเทียบที่เป็นมาตรฐานคือ Temperature Indicator Model 5235.55 WIKA วางแผนการทดลองแบบ complete randomized design (CRD) รวม 6 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ บันทึกผลการทดสอบข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติด้วย Duncan's New Multiple Rang Tests (DMRT) โดยโปรแกรมสำเร็จรูป

3.4.1.2 ทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมเวลาอัตโนมัติของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

ทดสอบการควบคุมเวลาการทำงานอัตโนมัติของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 6 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ประกอบด้วยกรรมวิธีที่ 1 ตั้งเวลา 5 นาที กรรมวิธีที่ 2 ตั้งเวลา 10 นาที กรรมวิธีที่ 3 ตั้งเวลา 15 นาที กรรมวิธีที่ 4 ตั้งเวลา 20 นาที กรรมวิธีที่ 5 ตั้งเวลา 25 นาที และกรรมวิธีที่ 6 ตั้งเวลา 30 นาที เปรียบเทียบกับนาฬิกาจับเวลารุ่น W-800H ILLUMINATOR, CASIO บันทึกผลการทดสอบข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติด้วย DMRT โดยโปรแกรมสำเร็จรูป

3.4.1.3 ทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานแขนกลอัตโนมัติของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

การทดสอบการใช้งานแขนกลอัตโนมัติของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ โดยจำลองการใช้งานหย่อนเมล็ดพันธุ์ลงแช่ในอ่างทำความร้อนและยกเมล็ดพันธุ์ออกจากอ่างทำความร้อน สำหรับทดสอบที่อุณหภูมิ 40 45 50 55 และ 60 องศาเซลเซียส เลือกเวลาการทำงาน 5 10 15 20 และ 25 นาที ประกอบด้วยกรรมวิธีที่ 1 ตั้งอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที กรรมวิธีที่ 2 ตั้งอุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที กรรมวิธีที่ 3 ตั้งอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที กรรมวิธีที่ 4 ตั้งอุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที และกรรมวิธีที่ 5 ตั้งอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส เวลา 25 นาที พิจารณาการเคลื่อนที่ของแขนกลในการหย่อนเมล็ด

Ref. code: 25625909034604ZAD

พันธุ์ลงแช่ในอ่างทำความร้อนและดึงเมล็ดพันธุ์ขึ้นจากอ่างทำความร้อนเปรียบเทียบกับนาฬิกาจับเวลารุ่น W-800H ILLUMINATOR, CASIO และ Temperature Indicator Model 5235.55 WIKA บันทึกผลการทดสอบข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์หาความแปรปรวนและเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยทางสถิติด้วย DMRT โดยโปรแกรมสำเร็จรูป

3.4.1.4 ทดสอบประสิทธิการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งและการปล่อยน้ำทิ้งอัตโนมัติของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

การทดสอบประสิทธิการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งและการปล่อยน้ำทิ้งอัตโนมัติของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยจำลองการใช้งานทดสอบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เลือกเวลาที่ 5 10 15 20 และ 25 นาที จำนวน 5 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ประกอบด้วยกรรมวิธีที่ 1 ตั้งอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที กรรมวิธีที่ 2 ตั้งอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที กรรมวิธีที่ 3 ตั้งอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที กรรมวิธีที่ 4 ตั้งอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส เวลา 20 นาที และกรรมวิธีที่ 5 ตั้งอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส เวลา 25 นาที โดยในทุกกรรมวิธีจะทำการลดอุณหภูมิน้ำทิ้งจาก 100 องศาเซลเซียส เหลือ 40 องศาเซลเซียส จึงทำการปล่อยทิ้ง บันทึกผลโดยการพิจารณาอุณหภูมิของการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งเปรียบเทียบกับนาฬิกาจับเวลารุ่น W-800H ILLUMINATOR, CASIO และ Temperature Indicator Model 5235.55 WIKA ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำทิ้งก่อนปล่อยทิ้งและตรวจสอบปริมาณน้ำภายในอ่างทำความร้อน บันทึกผลการทดสอบข้อมูลที่ได้โดย DMRT โดยโปรแกรมสำเร็จรูป

3.4.2 ทดสอบประสิทธิภาพการลดการปนเปื้อนเชื้อสาเหตุโรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชอินทรีย์

3.4.2.1 ทดสอบประสิทธิภาพเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติในการลดการปนเปื้อนเชื้อ *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* สาเหตุโรคใบขีดที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 13 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ ได้แก่ 1) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติฆ่าเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 2) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติฆ่าเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ อุณหภูมิ 51 องศาเซลเซียส 3) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติฆ่าเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ด้วยอุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส 4) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติฆ่าเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ด้วย

Ref. code: 25625909034604ZAD

อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส 5) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติฆ่าเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ด้วยอุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส 6) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติฆ่าเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ด้วยอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับ 7) การแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส เพื่อฆ่าเชื้อโรค *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ 8) การแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 51 องศาเซลเซียส 9) การแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 52 องศาเซลเซียส 10) การแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 53 องศาเซลเซียส 11) การแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 54 องศาเซลเซียส 12) การแช่ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส และ 13) กรรมวิธีที่ไม่ได้ทำการใด ๆ โดยนำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์พันธุ์อินทรีย์ 2 มาทำการจำลองการติดเชื้อสาเหตุโรคใบขีดที่เมล็ดพันธุ์โดยคลุกเชื้อแบคทีเรีย *A. avenae* subsp. *avenae* ความเข้มข้น $1x10^8$ cfu/m กรรมวิธีละ 1,500 เมล็ด เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการลดการปนเปื้อนเชื้อสาเหตุโรคใบขีดในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานเป็นระยะเวลา 10 นาที และนำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรีย์ ในแต่ละกรรมวิธี กรรมวิธีละ 100 เมล็ด ไปเพาะในกระถางพลาสติกขนาด 6 นิ้ว บรรจุดิน 0.5 กิโลกรัม เพื่อวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใบขีด รวมทั้งนำเมล็ดข้าวโพดในแต่ละกรรมวิธีไปตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อสาเหตุโรคใบขีดในเมล็ดพันธุ์ด้วยเทคนิค Bio-PCR

การตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* สาเหตุโรคใบขีดในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ด้วยเทคนิค Bio-PCR แบ่งออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีที่ 1 นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรีย์ 2 ในแต่ละกรรมวิธี ซ้ำละ 100 เมล็ด แช่ใน peptone buffer ปริมาตร 200 มิลลิลิตร เขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 3 ชั่วโมง นำสารละลายบัฟเฟอร์ที่แช่เมล็ดข้าวโพดเจือจางที่ระดับความเข้มข้น 10^{-1} 10^{-2} และ 10^{-3} ปริมาตร 100 ไมโครลิตร นำมาเกลี่ยบนอาหารกึ่งเลือกจำเพาะ SNR บ่มที่อุณหภูมิห้อง 28 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นล้างผิวหน้าจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่มีโคโลนีของเชื้อแบคทีเรียหลายชนิดเจริญปนกันอยู่ด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 2 มิลลิลิตร และนำไปสกัด DNA ของแบคทีเรียทั้งหมดด้วยวิธีการมาตรฐานสำหรับใช้เป็น DNA ต้นแบบ ในการทำเทคนิค Bio-PCR โดยการเพิ่มปริมาณชิ้นส่วน DNA ของเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* จำนวน 30 รอบ ด้วย primers AcAVF 5'-GGC TGG ATC ACC TCC TTT C-3' และ AcAVR 5'-ACT TGC GAG GTC TTT CAC C- 3' ภายใต้ปฏิกิริยา PCR 50 ไมโครลิตร ประกอบด้วย 10X ThermoPol rection buffer (100 mM KCl, 10 mM Tris-HCl pH 7.4, 0.1 mM EDTA, 1 mM DTT, 0.5% Tween 20, 0.5% NP-40, and 50% glycerol) ปริมาตร 5 ไมโครลิตร primers AcAVF 1 ไมโครลิตร primers AcAVR 1 ไมโครลิตร dNTP mixed 2 ไมโครลิตร Taq DNA Polymerase (BioLabs, USA) 0.5 ไมโครลิตร สภาวะการทำปฏิกิริยา PCR คือ

Ref. code: 25625909034604ZAD

denaturation ที่อุณหภูมิ 94 องศาเซลเซียส 15 วินาที annealing ที่อุณหภูมิ 58 องศาเซลเซียส 30 วินาที extension ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส 1 นาที และ extension รอบสุดท้ายที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส 5 นาที ตรวจวิเคราะห์การเพิ่มปริมาณ DNA โดยนำผลผลิต DNA ที่ได้จำนวน 5 ไมโครลิตร มาตรวจดูให้ตรงกับขนาดเป้าหมายคือ 615 bp เปรียบเทียบกับ DNA มาตรฐานขนาด 1 kb ตามวิธีการมาตรฐาน (นันทิยา, 2551; Anan and Athunuwat et al., 2013) และวิธีที่ 2 นำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรีย์ 2 ในแต่ละกรรมวิธีจำนวนซ้ำละ 20 กรัม นำมาฆ่าเชื้อที่ผิวด้วย clorox เข้มข้น 10% จากนั้นนำไปเขย่าในอาหาร SNR ชนิดเหลว บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 15 ชั่วโมง จากนั้นนำ suspension ปริมาตร 1 ไมโครลิตร สำหรับเป็นต้นแบบในการทำปฏิกิริยาดังรายละเอียดข้างต้น

3.4.2.2 ทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์คะน้าอินทรีย์และผลกระทบต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

ทำการทดสอบในเมล็ดคะน้าโดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลองทั้งหมด 50 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 3 ซ้ำ ซ้ำละ 30 เมล็ด โดยการนำเมล็ดคะน้ามาจำลองการติดเชื้อแบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* ด้วยการแช่เมล็ดคะน้าในเซลล์แขวนลอยเชื้อแบคทีเรีย *X. campestris* pv. *campestris* ที่มีอายุเชื้อไม่เกิน 48 ชั่วโมง โดยใช้ความเข้มข้นของเชื้อที่ 10^{-8} cfu/ml จากนั้นนำเมล็ดพันธุ์คะน้าที่ผ่านการแช่ในเชื้อสาเหตุโรคมาแช่ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ ได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการแช่เมล็ดพันธุ์ คือ 50 55 60 และ 65 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการแช่ คือ 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 และ 60 นาที ตามลำดับ กรรมวิธีควบคุม (control) คือ เมล็ดที่ไม่ผ่านการแช่ในสารละลายของเชื้อสาเหตุโรคและไม่ผ่านการล้างด้วยน้ำกลั่น และเมล็ดที่แช่ในสารละลายของเชื้อสาเหตุโรคเพียงอย่างเดียว ทำการบันทึกข้อมูลผลการทดลอง โดยเก็บข้อมูลจำนวนเมล็ดที่งอกจากจำนวนเมล็ดที่เพาะทั้งหมดและเมล็ดที่ติดเชื้อ *X. campestris* pv. *campestris* ในวันที่ 3 หลังเพาะเมล็ด

Ref. code: 25625909034604ZAD

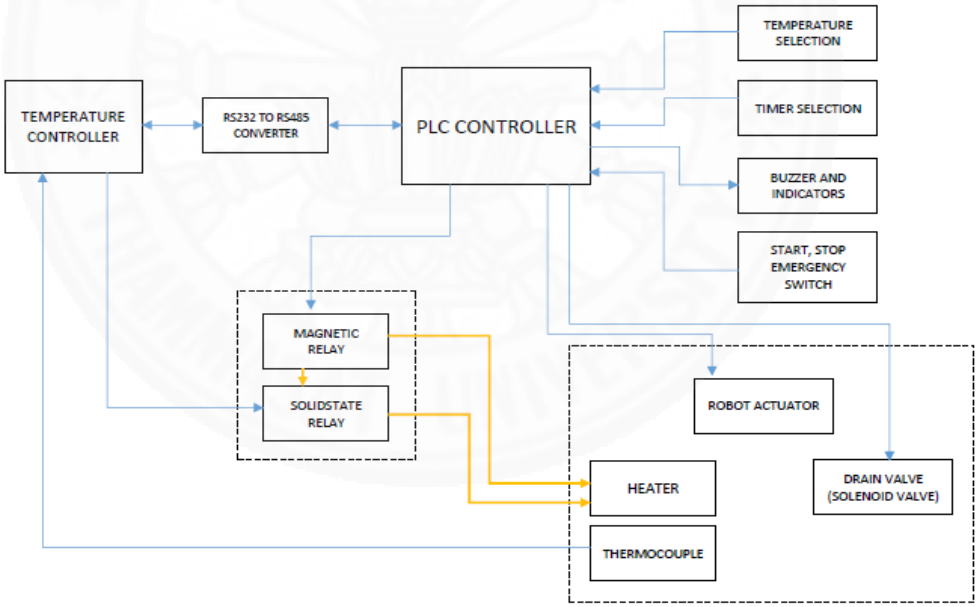
บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

4.1 ผลการพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

ผลการพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติรายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะตรงตามที่กำหนดไว้ดังนี้ เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติประกอบด้วย ส่วนฮาร์ดแวร์ ได้แก่ ชุดอ่างทำความร้อน ชุดแขนกลพร้อมอุปกรณ์รองรับการติดตั้งสำหรับยกตะกร้าและวางตะกร้าเมล็ดพันธุ์จุ่มลงในอ่างทำความร้อนและยกขึ้นเมื่อเสร็จงาน ชุดควบคุมการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งและปล่อยน้ำทิ้ง ส่วนซอฟแวร์ ได้แก่ โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมอุณหภูมิ โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมเวลาการทำงาน โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมแขนกล โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งและโปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมการปล่อยน้ำทิ้ง อ่างทำความร้อนทำด้วยวัสดุสแตนเลสสตีล (SS304) ขนาด ความยาว 30 เซนติเมตร กว้าง 25 เซนติเมตร ลึก 15 เซนติเมตร ความจุ 10 ลิตร เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติสามารถทำความร้อนภายในอ่างทำความร้อนให้มีอุณหภูมิตั้งแต่ 25 - 100 องศาเซลเซียส ได้โดยอัตโนมัติ เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติสามารถควบคุมเวลาในการฆ่าเชื้อสาเหตุโรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ได้โดยอัตโนมัติ มีระบบแขนกลในการยกตะกร้าเมล็ดพันธุ์ลงแช่ในน้ำร้อนที่บรรจุอยู่ในอ่างทำความร้อนและยกเมล็ดพันธุ์ขึ้นจากอ่างทำความร้อนเมื่อเสร็จงาน สามารถกำหนดอุณหภูมิภายในอ่างทำความร้อนได้โดยมีปุ่มกดเลือกตั้งค่าอุณหภูมิการทำงาน 6 ปุ่ม สำหรับการตั้งเวลา 40 45 50 55 60 และ 100 องศาเซลเซียส และผู้ใช้งานสามารถกำหนดค่าอุณหภูมิที่ต้องการใช้งานได้ผ่านตัว temperature controller สามารถตั้งเวลาการทำงานได้โดยมีปุ่มกดเลือกตั้งเวลาการทำงาน 6 ปุ่ม สำหรับการตั้งเวลา 5 10 15 20 25 และ 30 นาที และมีปุ่มตั้งค่าเวลาโดยผู้ใช้งานกำหนดเองสำหรับผู้ใช้งานตั้งเวลาการทำงานต่อเนื่องได้สูงสุดนาน 5 ชั่วโมง ปุ่มตั้งค่าอุณหภูมิแสดงด้วยตัวเลขเรืองแสงพร้อมทั้งระบบสัญญาณไฟแสดงสถานะการทำงานของเครื่อง ใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิด้วย temperature controller และ PLC และระบบฆ่าเชื้อน้ำทิ้งและปล่อยน้ำทิ้งออกจากตัวเครื่องได้แบบอัตโนมัติ (ภาพที่ 4.1 และ 4.2)

Ref. code: 25625909034604ZAD

ภาพที่ 4.1 เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ



ภาพที่ 4.2 ไดอะแกรมแสดงการควบคุมการทำงานในเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

Ref. code: 25625909034604ZAD

จากไดอะแกรมในภาพที่ 4.2 สามารถสรุปการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติได้ดังรายละเอียดของฟังก์ชันการควบคุมได้ดังนี้

1. กดปุ่มเลือกอุณหภูมิที่ต้องการใช้สำหรับฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์ (selection temperature) โดยมีปุ่มให้เลือก 6 ปุ่ม ได้แก่ 40 45 50 55 60 และ 100 องศาเซลเซียส เมื่อกดปุ่มเลือกอุณหภูมิแล้วค่าสัญญาเป้าหมาย (set point) จะส่งไปยัง PLC โดยส่งผ่าน RS485 เพื่อให้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (temp controller) เก็บค่าสัญญาณเป้าหมาย (set point) ของอุณหภูมิที่เราต้องการ

2. PLC ซึ่งตอนนี้มีค่าสัญญาณเป้าหมาย (set point) จากค่าเป้าหมายที่ผู้ใช้งานกำหนดไว้และจะรับค่าอุณหภูมิจากอ่างน้ำทำความร้อนมาเปรียบเทียบโดย PLC จะรับสัญญาณค่าอุณหภูมิมาจากอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (temperature controller) โดยอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ จะรับสัญญานขาเข้า (input signal) มาจากอุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในอ่าง (temperature sensor)

3. จากนั้นอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (temperature controller) จะส่งสัญญาณไปที่อุปกรณ์ตัดต่อไฟฟ้า (magnetic relay) ให้ทำงาน เพื่อเชื่อมต่อวงจรไฟฟ้าให้ไปควบคุมขดลวดทำความร้อน (heater) ให้เริ่มทำงานไปจนถึงอุณหภูมิที่ผู้ใช้งานตั้งเป้าหมายไว้ (set point)

4. ปุ่มกดเลือกเวลา (time selection) สามารถเลือกเวลาได้ตั้งแต่ 5 10 15 20 25 และ 30 นาที เมื่อกดเลือกเวลาแล้ว PLC จะจำค่าเป้าหมาย (set points) ไว้ ซึ่งเวลาจะเริ่มนับเมื่อถึงอุณหภูมิเป้าหมายที่กำหนดไว้และแขนกลจุ่มเมล็ดพันธุ์ลงแช่ในอ่างทำความร้อน

5. กดปุ่มเปิด (start) PLC จะส่งสัญญาณไปที่อุปกรณ์ตัดต่อไฟฟ้า (magnetic relay) ให้ทำงานซึ่งอุปกรณ์ตัดต่อไฟฟ้าจะต่อควบอยู่กับสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ (solid state relay, SSR) เพื่อให้ขดลวดทำความร้อน (heater) ทำงานและสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์ (solid state relay, SSR) จะถูกควบคุมด้วยอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (temperature controller)

6. เมื่ออุณหภูมิของน้ำภายในอ่างทำความร้อนมีอุณหภุมิตามค่าเป้าหมาย (set point) แล้วอุปกรณ์วัดอุณหภูมิภายในอ่างทำความร้อน (temperature sensor) จะส่งค่าอุณหภูมิที่วัดได้ไปยังอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (temperature controller) จากนั้นอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะส่งสัญญาณไปยัง PLC ต่อไป

7. หลังจาก PLC ได้รับสัญญาณอุณหภูมิภายในอ่างทำความร้อนจากอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (temperature controller) จะทำการตรวจสอบอุณหภูมิภายในอ่างทำความร้อนให้มีค่าตรงตามค่าเป้าหมาย (set point) จากนั้น PLC จะส่งสัญญาณให้แขนกล (actuator) ทำงานโดยการจุ่มเมล็ดลงมาแช่ในอ่างทำความร้อน

Ref. code: 25625909034604ZAD

8. PLC จะสั่งให้นับเวลาตามเวลาที่ผู้ใช้งานตั้งค่าเวลาเป้าหมายไว้ เมื่อครบกำหนดเวลา PLC จะส่งสัญญานไปที่แขนกล (actuator) เพื่อดึงตะกร้าเมล็ดพันธุ์ขึ้น และ PCL จะตัดการทำงานของแขนกล (actuator) ออกไป

9. หลังจากนั้นจะเป็นฟังก์ชันการฆ่าเชื้อน้ำทิ้ง PLC จะส่งสัญญาณไปที่อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (temperature controller) ให้ทำการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที

10. การฆ่าเชื้อน้ำทิ้งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที เมื่อครบกำหนดเวลา PLC จะส่งสัญญาณมาที่อุปกรณ์ตัดต่อไฟฟ้า (magnetic relay) ให้หยุดการทำงานเป็นผลให้ขดลวดทำความร้อน (heater) หยุดการทำงานเพราะไม่มีแหล่งจ่ายไฟ

11. ในขณะเดียวกัน PLC จะส่งสัญญาณเป้าหมาย (set point) ของอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส มายังอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิ (temperature controller) เพื่อใช้เป็นค่าเป้าหมาย (set point) ในการลดอุณหภูมิน้ำทิ้งให้ต่ำลง (cool down) ซึ่งอุปกรณ์วัดอุณหูมิภายในอ่าง (temperature sensor) จะทำการวัดอุณหภูมิภายในอ่างและส่งสัญญาณกลับไปยังอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิแล้วอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิจะส่งสัญญาณกลับไปหา PLC เมื่ออุณหภูมิได้ตามค่าเป้าหมาย (set point)

12. หลังจาก PLC ได้รับสัญญาในข้อ 11 แล้ว PCL จะทำการส่งสัญญาณให้อุปกรณ์วาล์วอัตโนมัติ (solenoid valve) เปิดน้ำทิ้งเป็นเวลา 15 นาที เป็นการจบกระบวนการการทำงานของชุดควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

4.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิแบบอัตโนมัติของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติเปรียบเทียบกับตัววัดอุณหภูมิ temperature indicator model 5235.55 WIKA เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติสามารถควบคุมอุณหภูมิได้อย่างแม่นยำที่ความผิดพลาดไม่เกิน ±0.1 องศาเซลเซียส ทำให้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติสามารถฆ่าเชื้อสาเหตุโรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ตามโปรแกรมกำหนดได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ตารางที่ 4.1)

Ref. code: 25625909034604ZAD

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยผลการทดสอบการควบคุมอุณหภูมิของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ[1/]

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยเครื่องฆ่าเชื้อโรค (องศาเซลเซียส)	ค่าเฉลี่ยเครื่องสอบเทียบ (Model 5235.55 WIKA. ค่าความผิดพลาด 0.01 องศาเซลเซียส)	ค่าเฉลี่ยค่าความผิดพลาด (องศาเซลเซียส)
1) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมอุณหภูมิที่ 40 องศาเซลเซียส	40.10	40.00	+0.1
2) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมอุณหภูมิที่ 45 องศาเซลเซียส	45.00	45.00	0
3) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส	50.00	50.00	0
4) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมอุณหภูมิที่ 55 องศาเซลเซียส	55.10	55.00	+0.1
5) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมอุณหภูมิที่ 60 องศาเซลเซียส	60.00	60.00	0
6) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมอุณหภูมิที่ 100 องศาเซลเซียส	100	100	0

[1/]อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แสดงในแต่ละคอลัมน์ บ่งชี้ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการวิเคราะห์แบบ Duncan’s New Multiple Range Test

Ref. code: 25625909034604ZAD

4.3 ผลการทอสอบประสิทธิภาพการควบคุมเวลาของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการควบคุมเวลาของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้ PLC ในการควบคุมเวลาตามผู้ใช้งานต้องการ ผลการทดสอบพบว่า ความแม่นยำในการควบคุมเวลา มีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 30 วินาที เปรียบเทียบกับนาฬิกาจับเวลา รุ่น W-800H ILLUMINATOR, CASIO ให้ความแม่นยำที่ใกล้เคียงกัน (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยผลการทดสอบความสามารถในการควบคุมเวลาของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ[1/]

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยเวลาเครื่องฆ่าเชื้อโรค (นาที)	ค่าเฉลี่ยจับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลา (CASIO3240 W-800H)	ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดเฉลี่ย (นาที)
1) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมเป็นเวลา 5 นาที	5.10	5.00	+0.10
2) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมเป็นเวลา 10 นาที	10.17	10.00	+0.17
3) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมเป็นเวลา 15 นาที	15.30	15.00	+0.30
4) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมเป็นเวลา 20 นาที	20.00	20.00	0.00
5) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมเป็นเวลา 25 นาที	25.10	25.00	+0.10
6) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมเป็นเวลา 30 นาที	30.00	30.00	0.00

[1/]อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แสดงในแต่ละคอลัมน์ บ่งชี้ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการวิเคราะห์แบบ DMRT

Ref. code: 25625909034604ZAD

4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพแขนกลในการหย่อนเมล็ดพันธุ์ลงแช่ในเครื่องฆ่าเชื้อโรคและการยกขึ้นออกจากเครื่องฆ่าเชื้อโรค

ผลการทดสอบการทำงานของแขนกลในการหย่อนและยกตะกร้าเมล็ดพันธุ์ขึ้นจากเครื่องฆ่าเชื้อในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ผลการทดสอบพบว่า เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ สามารถจุ่มเมล็ดพันธุ์ลงแช่ภายในอ่างทำความร้อนเมื่ออุณหภูมิของน้ำภายในอ่างทำความร้อนมีค่าตรงตามที่ผู้ใช้งานตั้งค่าอุณหภูมิเป้าหมายไว้ (set point) และสามารถยกเมล็ดพันธุ์ขึ้นจากอ่างทำความร้อนได้ตรงเวลาตามผู้ใช้งานตั้งเป้าหมายไว้ได้ ความแม่นยำคิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ของการทดสอบการทำงาน (ตารางที่ 4.3)

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยผลการทดสอบประสิทธิภาพแขนกลในการหย่อนเมล็ดพันธุ์ลงแช่ในเครื่องฆ่าเชื้อโรคและการยกขึ้น[1/]

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิวัดด้วย temperature indicator model 5235.55 WIKA	ค่าเฉลี่ยจับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลา (CASIO3240 W-800H)	การเคลื่อนที่ของแขนกลจุ่มตะกร้าเมล็ดพันธุ์ลงในอ่างทำความร้อน[2/]	การเคลื่อนที่ของแขนกลดึงตะกร้าเมล็ดพันธุ์ขึ้นจากอ่างทำความร้อน[2/]
1) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที	40.00	5.00	✓	✓
2) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที	45.00	10.00	✓	✓

[1/]อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แสดงในแต่ละคอลัมน์ บ่งชี้ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการวิเคราะห์แบบ DMRT

[2/]✓ หมายถึง ประสิทธิภาพการทำงานของแขนกลในการหย่อนเมล็ดพันธุ์ลงแช่ในอ่างทำความร้อนและการยกขึ้นออกจากอ่างทำความร้อนได้อย่างแม่นยำ 100 เปอร์เซ็นต์

Ref. code: 25625909034604ZAD

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยผลการทดสอบประสิทธิภาพแขนกลในการหย่อนเมล็ดพันธุ์ลงแช่ในเครื่องฆ่าเชื้อโรคและการยกขึ้น[1/] (ต่อ)

กรรมวิธี	ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิวัดด้วย temperature indicator model 5235.55 WIKA	ค่าเฉลี่ยจับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลา (CASIO3240 W-800H)	การเคลื่อนที่ของแขนกลจุ่มตะกร้าเมล็ดพันธุ์ลงในอ่างทำความร้อน[2/]	การเคลื่อนที่ของแขนกลดึงตะกร้าเมล็ดพันธุ์ขึ้นจากอ่างทำความร้อน[2/]
3) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที	50.00	15.00	✓	✓
4) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที	55.00	20.00	✓	✓
5) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที	60.00	25.00	✓	✓

[1/]อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แสดงในแต่ละคอลัมน์ บ่งชี้ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการวิเคราะห์แบบ DMRT

[2/]✓ หมายถึง ประสิทธิภาพการทำงานของแขนกลในการหย่อนเมล็ดพันธุ์ลงแช่ในอ่างทำความร้อนและการยกขึ้นออกจากอ่างทำความร้อนได้อย่างแม่นยำ 100 เปอร์เซ็นต์

Ref. code: 25625909034604ZAD

4.5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งและการปล่อยน้ำทิ้งอัตโนมัติ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งและการปล่อยน้ำทิ้งอัตโนมัติพบว่า PLC สามารถควบคุมอุณหภูมิการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งได้ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ตามระยะเวลาที่ได้ตั้งค่าเป้าหมายไว้เป็นเวลา 5 10 15 20 และ 25 นาที โดยไม่มีค่าความผิดพลาด และเครื่องฆ่าเชื้อโรคด้วยเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัตินี้สามารถควบคุมให้วาล์วปล่อยน้ำทิ้ง (solenoid valve) เปิดการทำงานปล่อยน้ำทิ้งเป็นเวลา 15 นาที เมื่ออุณหภูมิน้ำภายในอ่างทำความร้อนลดอุณหภูมิลงจาก 100 องศาเซลเซียส เหลือ 40 องศาเซลเซียส จนไม่มีน้ำเหลือภายในอ่างทำความร้อนได้อย่างแม่นยำ คิดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์ของการทดสอบ (ตารางที่ 4.4)

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งและการปล่อยน้ำทิ้งอัตโนมัติของเครื่องฆ่าเชื้อโรคด้วยเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ[1/]

กรรมวิธี	วัดอุณหภูมิน้ำด้วย temperature indicator model 5235.55 WIKA	จับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลา (CASIO3240 W-800H)	วัดอุณหภูมิน้ำเมื่อปล่อยน้ำทิ้งด้วย temperature indicator model 5235.55 WIKA	การทำงานของวาล์วปล่อยน้ำทิ้ง	ปริมาณน้ำที่เหลือภายในอ่างทำความร้อน(ลิตร)
1) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที	100	5.00	40.00	เปิด	0.00
2) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที	100	10.00	40.00	เปิด	0.00
3) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที	100	15.00	40.00	เปิด	0.00

[1/]อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แสดงในแต่ละคอลัมน์ บ่งชี้ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการวิเคราะห์แบบ DMRT

Ref. code: 25625909034604ZAD

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งและการปล่อยน้ำทิ้งอัตโนมัติของเครื่องฆ่าเชื้อโรคด้วยเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ[1/] (ต่อ)

กรรมวิธี	วัดอุณหภูมิน้ำด้วย temperature indicator model 5235.55 WIKA	จับเวลาด้วยนาฬิกาจับเวลา (CASIO3240 W-800H)	วัดอุณหภูมิน้ำเมื่อปล่อยน้ำทิ้งด้วย temperature indicator model 5235.55 WIKA	การทำงานของวาล์วปล่อยน้ำทิ้ง	ปริมาณน้ำที่เหลือภายในอ่างทำความร้อน (ลิตร)
4) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที	100	20.00	40.00	เปิด	0.00
5) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทดสอบควบคุมอุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที	100	25.00	40.00	เปิด	0.00

[1/]อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แสดงในแต่ละคอลัมน์ บ่งชี้ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการวิเคราะห์แบบ DMRT

4.6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการลดการปนเปื้อนเชื้อสาเหตุโรคใบขีดในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติในการลดการปนเปื้อนเชื้อแบคทีเรีย *A. avenae* subsp. *avenae* ในสภาพการจำลองการติดเชื้อในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ พันธุ์อินทรีย์ 2 พบว่า กรรมวิธีที่ 5 และ 6 การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติฆ่าเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ ด้วยอุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับ มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดการปนเปื้อนเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* สาเหตุโรคใบขีดแบคทีเรียของข้าวโพดหวานได้ 100 เปอร์เซ็นต์ และไม่ส่งผลกระทบต่อการงอกของเมล็ดข้าวโพดหวาน ซึ่งทัดเทียมกับกรรมวิธีควบคุมที่ 11 และ 12 การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ที่ติดเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ รุ่น WNB7, Memmert, Germany ที่อุณหภูมิ 54 และ 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากเมื่อนำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานจากทั้ง 4 กรรมวิธี ที่ผ่านการ

Ref. code: 25625909034604ZAD

แช่น้ำร้อนด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติหรืออ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ รุ่น WNB7, Memmert, Germany ที่อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส ไปเพาะเมล็ด พบการเกิดโรคใบขีดแบคทีเรียในต้นกล้าเท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.5) ขณะที่กรรมวิธีอื่น ๆ พบการเกิดโรคใบขีดแบคทีเรียในต้นกล้าเท่ากับ 0.40-22.60 เปอร์เซ็นต์ และกรรมวิธีที่ไม่ได้ทำการใด ๆ พบต้นกล้าข้าวโพดหวานแสดงอาการโรคใบขีดแบคทีเรียเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับ ภาณี (2547) รายงานว่าการเตรียมเมล็ดพันธุ์ก่อนปลูกด้วยการแช่น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 - 55 องศาเซลเซียส จะสามารถกำจัดเชื้อราและแบคทีเรียบางชนิดที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชได้ Rahman et al. (2008) รายงานผลการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 48 50 และ 52 องศาเซลเซียส แช่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพด สามารถลดการปนเปื้อนจากเชื้อรา *Bipolaris maydis*, *Cuvularia lunata* และ *Fusarium* spp. เท่ากับ 60.47 71.07 และ 76.99 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และการแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำร้อนยังช่วยเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเท่ากับ 19.31 29.37 และ 4.01 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ตลอดจนบ่งชี้ให้เห็นว่า การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เป็นวิธีการลดการปนเปื้อนเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดได้ดีที่สุดและไม่ส่งผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ Piñeros-Guerrero et al. (2019) รายงานการแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดด้วยน้ำร้อนอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที สามารถลดการปนเปื้อนจากเชื้อ *Fusarium* spp. ได้ดีที่สุด โดยไม่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ แสดงให้เห็นว่าเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติมีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมเชื้อโรค *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ได้ ซึ่งประโยชน์นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมโรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชอื่น ๆ ได้

Ref. code: 25625909034604ZAD

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติในการฆ่าเชื้อ *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* ในสภาพจำลองการติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์[1/]

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์ความงอก	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใบขีด[1/]
1) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติฆ่าเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	94.80	20.20b
2) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติฆ่าเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ด้วยอุณหภูมิ 51 องศาเซลเซียส	95.00	15.40b
3) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติฆ่าเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ด้วยอุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส	95.20	1.60c
4) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติฆ่าเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ด้วยอุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส	94.80	0.40c
5) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติฆ่าเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ด้วยอุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส	95.20	0d
6) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติฆ่าเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ด้วยอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส	95.20	0d
7) การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ที่ติดเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (รุ่น WNB7, Memmert, Germany) อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	95.00	22.60b
8) การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ที่ติดเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (รุ่น WNB7, Memmert, Germany) อุณหภูมิ 51 องศาเซลเซียส	95.00	14.60b

[1/]อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แสดงในแต่ละคอลัมน์ บ่งชี้ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการวิเคราะห์แบบ DMRT

Ref. code: 25625909034604ZAD

ตารางที่ 4.5 ประสิทธิภาพเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติในการฆ่าเชื้อ *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* ในสภาพจำลองการติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์[1/] (ต่อ)

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์ความงอก	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคใบขีด[1/]
9) การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ที่ติดเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (รุ่น WNB7, Memmert, Germany) อุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส	94.80	1.20c
10) การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ที่ติดเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (รุ่น WNB7, Memmert, Germany) อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส	95.00	0.80c
11) การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ที่ติดเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (รุ่น WNB7, Memmert, Germany) อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส	95.20	0d
12) การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ที่ติดเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (รุ่น WNB7, Memmert, Germany) อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส	94.80	0d
13) กรรมวิธีที่ไม่ได้ทำการใด ๆ	95.20	100a

[1/]อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แสดงในแต่ละคอลัมน์ บ่งชี้ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการวิเคราะห์แบบ DMRT

เมื่อทำการตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* สาเหตุโรคใบขีดในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ในแต่ละกรรมวิธีด้วยเทคนิค Bio-PCR ทั้ง 2 วิธี พบว่า กรรมวิธีที่ 5 และ 6 การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติฆ่าเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ ด้วยอุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส และ 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับ มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดการปนเปื้อนของเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* สาเหตุโรคใบขีดแบคทีเรียของข้าวโพดหวานได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ทัดเทียมกับกรรมวิธีควบคุมที่ 11 และ 12 การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ที่ติดเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ รุ่น WNB7, Memmert, Germany ที่อุณหภูมิ 54 และ 55 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากทั้ง 4 กรรมวิธีข้างต้น พบการปนเปื้อนเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ในเมล็ดพันธุ์ เท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.6) ขณะที่กรรมวิธีอื่น ๆ สามารถตรวจพบเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ติดอยู่ในเมล็ดพันธุ์ 40-100 เปอร์เซ็นต์ และกรรมวิธีที่ไม่ได้ทำการใด ๆ พบการปนเปื้อนเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับผลการวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค

Ref. code: 25625909034604ZAD

ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติในการลดการปนเปื้อนเชื้อสาเหตุโรคใบขีดแบคทีเรียในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ ตรวจสอบด้วยเทคนิค Bio-PCR[1/]

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของเชื้อสาเหตุโรคใบขีดแบคทีเรียในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์	
	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2
1) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติฆ่าเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ด้วยอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	100a	100a
2) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติฆ่าเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ด้วยอุณหภูมิ 51 องศาเซลเซียส	100a	100a
3) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติฆ่าเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ด้วยอุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส	60.00b	60.00b
4) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติฆ่าเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ด้วยอุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส	40.00b	40.00b
5) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติฆ่าเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ด้วยอุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส	0c	0c

[1/]อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แสดงในแต่ละคอลัมน์ บ่งชี้ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการวิเคราะห์แบบ DMRT

Ref. code: 25625909034604ZAD

ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติในการลดการปนเปื้อนเชื้อสาเหตุโรคใบขีดแบคทีเรียในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ ตรวจสอบด้วยเทคนิค Bio-PCR[1/] (ต่อ)

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนของเชื้อสาเหตุโรคใบขีดแบคทีเรียในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์	
	วิธีที่ 1	วิธีที่ 2
6) การใช้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติฆ่าเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ด้วยอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส	0c	0c
7) การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ที่ติดเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (รุ่น WNB7, Memmert, Germany) อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	100a	100a
8) การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ที่ติดเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (รุ่น WNB7, Memmert, Germany) อุณหภูมิ 51 องศาเซลเซียส	100a	100a
9) การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ที่ติดเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (รุ่น WNB7, Memmert, Germany) อุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส	60.00b	60.00b
10) การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ที่ติดเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (รุ่น WNB7, Memmert, Germany) อุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส	40.00b	40.00b
11) การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ที่ติดเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (รุ่น WNB7, Memmert, Germany) อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส	0c	0c
12) การแช่เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์ที่ติดเชื้อในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิ (รุ่น WNB7, Memmert, Germany) อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส	0c	0c
13) กรรมวิธีที่ไม่ได้ทำการใด ๆ	100a	100a

[1/]อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แสดงในแต่ละคอลัมน์ บ่งชี้ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการวิเคราะห์แบบ DMRT

Ref. code: 25625909034604ZAD

4.7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการลดการปนเปื้อนเชื้อสาเหตุโรคขอบใบทองในเมล็ดพันธุ์คะน้าด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติในการลดการปนเปื้อนของเชื้อ *X. campestris* pv. *campestris* สาเหตุโรคขอบใบทองของพืชผักตระกูลกะหล่ำ ในเมล็ดพันธุ์คะน้าอินทรีย์ที่มีการจำลองการติดเชื้อดังกล่าว ผลการวิจัยพบว่า การนำเมล็ดพันธุ์คะน้าที่มีการจำลองการติดเชื้อ *X. campestris* pv. *campestris* ลดการปนเปื้อนของเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติที่อุณหภูมิ 50 55 60 และ 65 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 และ 60 นาที สามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อ *X. campestris* pv. *campestris* ในเมล็ดพันธุ์ได้ 61.1-100 เปอร์เซ็นต์ โดยการแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำร้อนที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการลดการปนเปื้อนเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์เพิ่มขึ้น (ตารางที่ 4.7) ซึ่งการยืนยันประสิทธิภาพในการลดการปนเปื้อนเชื้อ *X. campestris* pv. *campestris* ของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ โดยการนำเมล็ดพันธุ์คะน้าที่มีการจำลองการติดเชื้อ *X. campestris* pv. *campestris* และผ่านการฆ่าเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติในกรรมวิธีต่าง ๆ ไปวางบนอาหาร NA เพื่อสังเกตการเจริญของโคโลนีเชื้อ *X. campestris* pv. *campestris* บนอาหาร NA และพิสูจน์สายพันธุ์เชื้อที่ยังคงเหลือติดมากับเมล็ดพันธุ์ด้วยเทคนิค PCR โดยผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า การฆ่าเชื้อ *X. campestris* pv. *campestris* ที่ปนเปื้อนมากับเมล็ดพันธุ์คะน้าด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ โดยการใช้น้ำอุณหภูมิ 50-65 องศาเซลเซียส แช่เมล็ดพันธุ์คะน้านาน 5-60 นาที ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ เมื่อใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิสูงขึ้นร่วมกับระยะเวลาที่นานขึ้น ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ดพันธุ์ลดลง ซึ่งกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการลดการปนเปื้อนจากเชื้อ *X. campestris* pv. *campestris* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์คะน้า ด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ โดยการใช้น้ำอุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส แช่เมล็ดพันธุ์คะน้านาน 5 นาที เนื่องจากสามารถลดการปนเปื้อนเท่ากับ 92.20 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกรรมวิธีที่มีประสิทธิภาพในการลดการปนเปื้อน 100 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งกรรมวิธีนี้ไม่ส่งผลต่อความงอกของเมล็ด ซึ่งมีค่าเท่ากับ 82.22 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับกรรมวิธีควบคุม (เมล็ดที่ไม่ได้ทำการใด ๆ) ผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้สอดคล้องกับรายงานของ Center for Agriculture, Food and the Environment, University of Massachusetts Amherst ว่าการแช่เมล็ดพันธุ์คะน้าด้วยน้ำอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที สามารถควบคุมโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ได้ ได้แก่ ใบจุดอัลเทอร์นาเรีย ใบจุดแบคทีเรีย และขอบใบทอง Agriculture and Food, Department of Primary Industries and Regional

Ref. code: 25625909034604ZAD

Devolvement, Government of Western Australia รายงานว่าการแช่เมล็ดพันธุ์คะน้าด้วยน้ำอุณหภูมิ 52 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที สามารถควบคุมโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ได้ ได้แก่ ขอบใบทอง ใบจุดอัลเทอร์นาเรีย ใบจุดแบคทีเรีย และเน่าคอดิน และสอดคล้องกับ Schaad (1980) รายงานว่าการแช่เมล็ดพันธุ์คะน้าด้วยน้ำอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที สามารถควบคุมโรคขอบใบทองที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ได้ Babadoost et al. (1996) รายงานว่า การแช่เมล็ดพันธุ์พืชผักตระกูลกะหล่ำ [กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก และผักเคล คอลลาร์ด (collard kale)] ที่ติดเชื้อ *X. campestris* pv. *campestris* ในสภาพธรรมชาติ ในสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 0.525 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 5 มิลลิลิตร/กรัม ที่อุณหภูมิ 50-53 องศาเซลเซียส นาน 5-15 นาที สามารถลดการปนเปื้อนจากเชื้อ *X. campestris* pv. *campestris* ได้ ในกรณีที่เมล็ดพันธุ์พืชผักตระกูลกะหล่ำเหล่านี้มีการติดเชื้อ *X. campestris* pv. *campestris* $\leq 5.3 \times 10^6$ cfu/10,000 เมล็ด สามารถใช้สารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 0.525 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 5 มิลลิลิตร/กรัม แช่เมล็ดพันธุ์ นาน 5 นาที ทำให้เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนจากเชื้อ *X. campestris* pv. *campestris* มีค่าเท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ ในกรณีที่เมล็ดพันธุ์พืชผักตระกูลกะหล่ำเหล่านี้มีการติดเชื้อ *X. campestris* pv. *campestris* ในปริมาณสูง 9.0×10^6 - 21×10^8 cfu/10,000 เมล็ด การควบคุมโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์สามารถใช้สารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 0.525 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 5 มิลลิลิตร/กรัม แช่เมล็ดพันธุ์ นาน 15 นาที และในกรณีที่เมล็ดพันธุ์พืชผักตระกูลกะหล่ำเหล่านี้มีการติดเชื้อ *X. campestris* pv. *campestris* ในปริมาณสูงมาก (เมล็ดติดเชื้อ 3.4 เปอร์เซ็นต์) การควบคุมโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์โดยการใช้สารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 0.525 เปอร์เซ็นต์ อัตราส่วน 5 มิลลิลิตร/กรัม แช่เมล็ดพันธุ์ นาน 15 นาที สามารถลดการปนเปื้อนจากเชื้อ *X. campestris* pv. *campestris* แต่ไม่สามารถกำจัดให้เชื้อ *X. campestris* pv. *campestris* หมดไปจากเมล็ดพันธุ์ได้ ทั้งนี้การแช่เมล็ดพันธุ์ในสารละลาย NaOCl ความเข้มข้น 0.525 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 50-53 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ไม่มีผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ แต่เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดจะลดลงเมื่อมีการแช่เมล็ดพันธุ์ในสารละลาย NaOCl ความเข้มข้นดังกล่าวข้างต้น นาน 10 นาที ขึ้นไป และเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดจะลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อมีการแช่เมล็ดพันธุ์ในอุณหภูมิที่สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่บำบัดด้วยการแช่ในสารละลาย NaOCl จะสูงกว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ที่บำบัดด้วยการแช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Nega et al. (2003) พบว่า การแช่เมล็ดแครอท กะหล่ำปลี คื่นช่าย พาร์สลีย์ (parsley) และคอร์นสลัด (cornsalad, lamb's lettuce) ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 20-30 นาที หรือในน้ำร้อนอุณหภูมิ 53 องศาเซลเซียส นาน 10-30 นาที สามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ ได้แก่ *Alternaria* spp., *Phoma* spp., *Septoria* spp., *Peronospora valerianellae, Xanthomonas* spp. แต่อย่างไรก็

Ref. code: 25625909034604ZAD

ตาม เมื่อใช้น้ำร้อนอุณหภูมิสูงขึ้นแช่เมล็ดพันธุ์ จะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ความงอกลดลง Singh et al. (2006) รายงานการพบโรคขอบใบทองติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชผักตระกูลกะหล่ำในระหว่างการกักกันพืช (plant quarantine) ปี 1976-2002 จำนวน 424 ตัวอย่าง จากตัวอย่างทั้งหมด 7,974 ตัวอย่าง โดยเมล็ดพันธุ์จำนวน 424 ตัวอย่าง มีแหล่งที่มาจาก 12 ประเทศ ได้ถูกนำไปบำบัดโดยการแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที ทำให้สามารถควบคุมโรคนี้ไม่ให้ระบาดต่อไปได้ โดยไม่มีรายงานผลกระทบต่อเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์จากการจัดการ ดังกล่าว Toporek and Hudelson (2017) รายงานแนวทางการจัดการโรคแบคทีเรียที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืชผักและพืชผักตระกูลกะหล่ำด้วยการนำเมล็ดพันธุ์แช่น้ำร้อน ได้แก่ 1) การบำบัดด้วยการแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 44.5 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที สำหรับมินต์ (mint) 2) การบำบัดด้วยการแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 46 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที สำหรับหอมแดง (shallot) (Caseiro et al., 2004) 3) การบำบัดด้วยการแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 47.8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที สำหรับคื่นช่ายฝรั่ง (celeriac) คื่นช่าย และผักกาดหอม 4) การบำบัดด้วยการแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 48.8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 - 120 นาที สำหรับผักโขมนิวซีแลนด์ (New Zealand spinach) 5) การบำบัดด้วยการแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที สำหรับผักสลัดน้ำ (cress) ผักกาดเขียวน้อย (mustard) และแรดิช (radish) 6) การบำบัดด้วยการแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที สำหรับบรอกโคลี แครอท กะหล่ำดอก ผักกาดขาว (Chinese cabbage) คอร์นสลัด (cornsalad, lamb's lettuce) แตงกวา โคลราบิ (kohlrabi) หัวผักกาด (rutabaga) และเทอร์นิพ (turnip) 7) การบำบัดด้วยการแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที สำหรับกะหล่ำดาว (brussel sprouts) กะหล่ำปลี มะเขือเปราะ ผักโขม (spinach) และมะเขือเทศ 8) การบำบัดด้วยการแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที สำหรับพาร์สลีย์ (parsley) 9) การบำบัดด้วยการแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 51.7 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที สำหรับพริก (pepper) และ 10) การบำบัดด้วยการแช่เมล็ดพันธุ์ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 52.8 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที Mandiriza et al. (2018) รายงานว่า การแช่เมล็ดพันธุ์ผักกวางตุ้งดอกในน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที สามารถลดการปนเปื้อนจากเชื้อ *X. campestris* pv. *campestris* ให้มีค่าเท่ากับ 3.1 cfu/มิลลิลิตร ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดยังสูงอยู่เท่ากับ 84 เปอร์เซ็นต์ ขณะเดียวกันกรรมวิธีควบคุมพบการปนเปื้อนจากเชื้อโรคชนิดนี้เท่ากับ 6.0 cfu/มิลลิลิตร อีกทั้งการแช่เมล็ดพันธุ์ผักกวางตุ้งดอกในน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที ยังสามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความงอกและลดความรุนแรงโรคขอบใบทองของผักกวางตุ้งดอกในสภาพไร่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และ Ombuna et al. (2019) พบว่าการแช่เมล็ดกะกล่ำปลีในน้ำร้อนอุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที สามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อ *X. campestris* pv.

Ref. code: 25625909034604ZAD

campestris สาเหตุโรคขอบใบทองของพืชผักตระกูลกะหล่ำ ในเมล็ดที่มีการจำลองการติดเชื้อดังกล่าวได้เท่ากับ 68.17 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งพบว่าการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้น มากกว่า 50 องศาเซลเซียส จะสามารถลดการปนเปื้อนของเชื้อ *X. campestris* pv. *campestris* สาเหตุโรคขอบใบทองได้ดีขึ้น

ตารางที่ 4.7 ประสิทธิภาพเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติในการฆ่าเชื้อ *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* ในสภาพจำลองการติดมากับเมล็ดพันธุ์คะน้า[1/]

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์จำนวนเมล็ดที่มีเชื้อโรค	เปอร์เซ็นต์การลดเชื้อโรค	เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด
เมล็ดที่ไม่ได้ทำการใด ๆ	0h	0i	92.22±5.09ab
เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อ	100a	0a	77.78±18.95def
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที	37.76b	62.20b	84.44±5.09abcde
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที	38.90b	61.10b	85.56±1.92abcd
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที	16.60cde	83.30efg	94.44±19.2a
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที	21.10cd	78.90cde	91.11±3.85abc
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที	20.00cde	80.00cde	87.78±5.09abcd
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที	18.90cde	81.10cdef	78.89±7.7def
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 35 นาที	13.30ef	86.60efg	81.11±8.39cdef
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที	16.60cde	83.30efg	74.44±13.88efg
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที	14.40de	85.50cdef	66.67±12.02gh
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 50 นาที	15.50cde	84.40fgh	63.33±10hi

[1/]อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แสดงในแต่ละคอลัมน์ บ่งชี้ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการวิเคราะห์แบบ DMRT

Ref. code: 25625909034604ZAD

ตารางที่ 4.7 ประสิทธิภาพเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติในการฆ่าเชื้อ *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* ในสภาพจำลองการติดมากับเมล็ดพันธุ์คะน้า[1/] (ต่อ)

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์จำนวนเมล็ดที่มีเชื้อโรค	เปอร์เซ็นต์การลดเชื้อโรค	เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 55 นาที	22.20c	77.70def	56.67±8.82i
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที	21.10cd	78.90cd	43.33±8.82j
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที	7.70fg	92.20gh	82.22±3.85bcdef
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที	6.60gh	93.30hi	72.22±9.62fgh
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที	0h	100i	55.56±5.1i
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที	0h	100i	25.56±5.1k
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที	0h	100i	28.89±3.85k
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที	0h	100i	13.33±3.33l
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 35 นาที	0h	100i	2.22±1.92m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 50 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 55 นาที	0h	100i	0±0m

[1/]อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แสดงในแต่ละคอลัมน์ บ่งชี้ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการวิเคราะห์แบบ DMRT

Ref. code: 25625909034604ZAD

ตารางที่ 4.7 ประสิทธิภาพเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติในการฆ่าเชื้อ *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* ในสภาพจำลองการติดมากับเมล็ดพันธุ์คะน้า[1/] (ต่อ)

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์จำนวนเมล็ดที่มีเชื้อโรค	เปอร์เซ็นต์การลดเชื้อโรค	เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที	0h	100i	66.67±8.82gh
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที	0h	100i	13.33±12.02l
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 35 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 50 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 55 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที	0h	100i	0±0m

[1/]อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แสดงในแต่ละคอลัมน์ บ่งชี้ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการวิเคราะห์แบบ DMRT

Ref. code: 25625909034604ZAD

ตารางที่ 4.7 ประสิทธิภาพเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติในการฆ่าเชื้อ *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* ในสภาพจำลองการติดมากับเมล็ดพันธุ์คะน้า[1/] (ต่อ)

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์จำนวนเมล็ดที่มีเชื้อโรค	เปอร์เซ็นต์การลดเชื้อโรค	เปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ด
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที	0h	100i	1.11±1.92m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 10 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 25 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 35 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 40 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 50 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 55 นาที	0h	100i	0±0m
แช่เมล็ดที่จำลองการติดเชื้อด้วยเครื่องฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที	0h	100i	0±0m

[1/]อักษรภาษาอังกฤษตัวพิมพ์เล็กที่แสดงในแต่ละคอลัมน์ บ่งชี้ความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยการวิเคราะห์แบบ DMRT

Ref. code: 25625909034604ZAD

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยวิทยานิพนธ์เรื่อง การพัฒนาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ทำให้ได้เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ประกอบด้วย ส่วนฮาร์ดแวร์ ได้แก่ ชุดอ่างทำความร้อน ชุดแขนกล (actuator) พร้อมอุปกรณ์รองรับการติดตั้งสำหรับยกตะกร้าและวางตะกร้าเมล็ดพันธุ์จุ่มลงในอ่างทำความร้อนและยกขึ้นเมื่อเสร็จงาน ชุดควบคุมการฆ่าเชื้อน้ำทิ้งและปล่อยน้ำทิ้ง และชุดควบคุมการทำงานของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ส่วนซอฟแวร์ ได้แก่ โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมอุณหภูมิ โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมเวลาการทำงาน โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมแขนกล โปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมการฆ่าเชื้อ และโปรแกรมอัตโนมัติแบบจำเพาะสำหรับควบคุมการปล่อยน้ำทิ้ง โดยเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ สามารถทำความร้อนภายในอ่างทำความร้อน ทำด้วยวัสดุสแตนเลสสตีล (SS304) ขนาดยาว 30 เซนติเมตร กว้าง 25 เซนติเมตร ลึก 15 เซนติเมตร ความจุ 10 ลิตร ให้มีอุณหภูมิตั้งแต่ 25 - 100 องศาเซลเซียสได้โดยอัตโนมัติ เครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ สามารถควบคุมเวลาในการฆ่าเชื้อสาเหตุโรคพืชที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ได้โดยอัตโนมัติ มีระบบแขนกลในการยกตะกร้าเมล็ดพันธุ์ลงแช่ในน้ำร้อนที่ถูกบรรจุอยู่ในอ่างทำความร้อนและยกเมล็ดพันธุ์ขึ้นจากอ่างทำความร้อนเมื่อเสร็จงาน สามารถตั้งอุณหภูมิภายในอ่างทำความร้อนได้โดยมีปุ่มกดเลือกตั้งอุณหภูมิการทำงาน 6 ปุ่ม สำหรับการตั้งเวลา 40 45 50 55 60 และ 100 องศาเซลเซียส และผู้ใช้งานสามารถกำหนดค่าอุณหภูมิที่ต้องการใช้งานได้ผ่านตัว temperature controller และสามารถตั้งเวลาการทำงานได้โดยมีปุ่มกดเลือกตั้งเวลาการทำงาน 6 ปุ่มสำหรับการตั้งเวลา 5 10 15 20 25 และ 30 นาที และมีปุ่มตั้งค่าเวลาโดยผู้ใช้งานกำหนดเองสำหรับผู้ใช้งานตั้งเวลาการทำงานต่อเนื่องได้สูงสุดนาน 5 ชั่วโมง ปุ่มตั้งค่าอุณหภูมิแสดงด้วยตัวเลขเรืองแสงพร้อมทั้งระบบสัญญาณไฟแสดงสถานะการทำงานของเครื่อง ใช้ระบบควบคุมอุณหภูมิด้วย temperature controller และ PLC และระบบฆ่าเชื้อน้ำทิ้งและปล่อยน้ำทิ้งออกจากตัวเครื่องได้แบบอัตโนมัติ เมื่อทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ในการฆ่าเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* ที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์พันธุ์อินทรีย์ 2 พบว่า การตั้งค่าอุณหภูมิน้ำร้อนในอ่างน้ำควบคุมอุณหภูมิเท่ากับ 54-55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที มีประสิทธิภาพในการลดการปนเปื้อนในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานพันธุ์อินทรีย์ 2 จากเชื้อ *A. avenae* subsp. *avenae* สาเหตุโรคใบขีดจากแบคทีเรียได้ดีที่สุด ($p \leq 0.05$) และนวัตกรรมนี้ยังมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคขอบใบทองที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์คะน้า

Ref. code: 25625909034604ZAD

ได้ดีที่สุด ($p \leq 0.05$) ด้วยการใช้น้ำร้อนที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส แช่เมล็ดพันธุ์คะน้านาน 5 นาที การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการพัฒนานวัตกรรมต้นแบบเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ ที่มีประสิทธิภาพสูงและใช้งานได้จริงสำหรับการลดการปนเปื้อนจากเชื้อโรคที่ติดมากับเมล็ดพันธุ์พืช จึงจัดเป็นต้นแบบให้กับชุมชนเกษตรกรและผู้ที่สนใจ สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเมล็ดพันธุ์พืชก่อนปลูก เพื่อกำจัดเชื้อโรคให้หมดไป (eradication) ไม่ติดมากับเมล็ดพันธุ์และแพร่ระบาดลุกลามภายในฟาร์มของเกษตรกร

Ref. code: 25625909034604ZAD

รายการอ้างอิง

หนังสือหรือตำรา

มาวิน โมระพัตร. 2553. ผลของการแช่น้ำอุ่นและการใช้ความร้อนต่อการงอกและการเจริญเติบโตของต้นกล้าบวบเหลี่ยม. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 22 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2552. มาตรฐานสินค้าเกษตรอินทรีย์ มกษ. 9000 เล่ม 1-2552: การผลิต แปรรูป แสดงฉลาก และจำหน่ายผลิตผลและผลิตภัณฑ์เกษตรอินทรีย์. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 41 หน้า.

สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์. 2560. มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (ฉบับปรับปรุง กุมภาพันธ์ 2560). สำนักงานมาตรฐานเกษตรอินทรีย์, กรุงเทพฯ. 112 หน้า.

Plaats-Niterink, A.J. Vander. 1981. Monograph of the genus *Pythium*. Centraalbureau voor schimmel cultures, Baarn. 242p.

Schaad, N.W. 1980. Laboratory guide for identification of plant pathogenic bacteria. American Phytopathological Society, Minnesota. 373 p.

บทความวารสาร

น้ำมนต์ โชติวิศรุต, ประพันธ์ วัฒนศิริโชติ และทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์. 2559. การประยุกต์ใช้พีแอลซีในการควบคุมเครื่องบดถั่วเหลืองให้ทำงานโดยอัตโนมัติ. วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา. 1(1): 59-64.

ประเทือง สง่าวงศ์. 2519. โรคถั่วเหลืองที่สำคัญในประเทศไทย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 9: 159-162.

วรวัช พาหา, สุชาติ แย้มเม่น และปิยะนันท์ เจริญสวรรค์. 2559. ระบบควบคุมอุณหภูมิภายในตู้อบโดยใช้พลังงานร่วมระหว่างแสงอาทิตย์และก๊าซปิโตรเลียมเหลว. น. 183-190. *ใน* The Nation and International Graduate Conference 2016. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, Indonesia.

Ref. code: 25625909034604ZAD

สุดฤดี ประเทืองวงศ์, ประชุม จุฑาวรรธนะ, กุลชนา เกศสุวรรณ์ และสุพจน์ กาเซ็ม. 2547. การระบาดของโรคข้าวโพดจากแบคทีเรียชนิดใหม่ในประเทศไทย, น. 249-262. *ใน* รายงานการประชุมเชิงปฏิบัติการโครงการวิจัยข้าวโพดและข้าวฟ่าง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, จ. พระนครศรีอยุธยา.

สุพี วนศิรากุล, เนตรา สมบูรณ์แก้ว, อัจฉราพร ศรีจุดานุ และอมรา ชินภูติ. 2557. ศึกษาการปนเปื้อนของเชื้อราและสารโอคราทอกซิน เอ ในผลไม้อบแห้งและการลดปริมาณสารพิษโดยใช้วิธีทางกายภาพ. วารสารวิชาการเกษตร 32(2): 188-200.

สมภาค สิทธิพงศ์ และประเสริฐ ปิ่นประยงค์. 2515. โรครากเน่าของหม่อน. กสิกร. 55(6): 425-431.

Anan, K., Chuaboon, W. and Athinuwat, D. 2013. Detection of *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* in commercial corn seeds and its correlation with seedling transmission. African Journal of Biotechnology 12(45): 6376-6381.

Babadoost, M., Derie, M. L. and Gabrielson, R. L. 1996. Efficacy of sodium hypochlorite treatments for control of *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* in *Brassica* seeds. Seed Sci. Technol. 24: 7-15.

Caseiro, R., Bennett, M.A. and Marcos-Filho, J. 2004. Comparison of three priming techniques for onion seed lots differing in initial seed quality. Seed Sci. Tech. 32: 365-375.

Du Toit, L. J. and Hernandez-Perez, P. 2005. Efficacy of hot water and chlorine for eradication of *Cladosporium variabile*, *Stemphylium botryosum*, and *Verticillium dahliae* from spinach seed. Plant Dis. 89:1305-1312.

Hendrix, F.F. and Campbell. W.A. 1973. *Pythium* as plant pathogens. Annv. Rev. Phytopathol. 11: 77-98.

Mandiriza, G., Kritzinger, Q. and Aveling, T. 2018. The evaluation of plant extracts, biocontrol agents and hot water as seed treatments to control black rot of rape in South Africa. J. Crop Prot. 114: 129-13.

Nega, E., Ulrich, R., Werner, S. and Jahn, M. 2003. Hot water treatment of vegetable seed-an alternative seed treatment method to control seed-borne pathogens in organic farming. J. Plant Dis. Prot. 110: 220-234.

Ref. code: 25625909034604ZAD

Ombuna, G. J., Nyangeri, J. and Maobe, S. 2019. The Efficacy of hot water seed treatment against *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* in the control of black rot disease of cabbage under field conditions. J. New Biol. Rep. 8: 125-133.

Piñeros-Guerrero, N., Maldonado-Archila, G. and Gómez-Caro, S. 2019. Effect of thermal and in *vitro* fungicide treatments on pathogens of the genus fusarium associated with maize seeds. Agron. Colombiana. 37: 228-238.

Rahman, M. M.-E., Ali, E. and Ali, M. 2008. Hot water thermal treatment for controlling seed-borne mycoflora of maize. Int. J. Sustain. Crop Prod. 3: 5-9.

Singh, B., Agarwal, P., Devi, U., Rani, I. and Khetarpal, R. 2006. Interception of *Xanthomonns campestris* pv. *campestris* in imported germplasm of brassicas (*Brassica* spp.) during 1976-2002. Indian J. Agric. Sci. 76(9): 580-583.

รายงาน

กรรณิการ์ เพี้ยนภักตร์, วิรัช ชูบำรุง และอุบล คือประโทน. 2529. รวบรวมและจำแนกเชื้อราต่าง ๆ ที่เป็นสาเหตุโรคมะละกอ. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2529. กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ประดิษฐ์ โกวิทเทวาวงศ์. 2527. การศึกษาสาเหตุลักษณะอาการและการแพร่ระบาดของโรคหัวเน่าของมันสำปะหลัง. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2527. กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ศรีสุรางค์ ลิขิตเอกราช. 2529. โรคในระยะต้นกล้าของมะพร้าวพันธุ์ลูกผสม สวี1. รายงานผลการวิจัยประจำปี 2529. กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

Ref. code: 25625909034604ZAD

วิทยานิพนธ์

ชุลีพร กิ่งสุคนธ์. 2538. ผลของการแช่เมล็ดในน้ำร้อนต่อการงอกและการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาบางประการขณะงอกของเมล็ดถั่วเหลือง (*Glycine max* (L.) Merr) พันธุ์เชียงใหม่ 60. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. สาขาวิชาการสอนชีววิทยา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

นันทิยา เตชะติ. 2551. การจำแนกชนิดและความหลากหลายทางพันธุกรรมของเชื้อแบคทีเรียสาเหตุโรคใบขีดข้าวโพด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาโรคพืช, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

ภิญโญ จุกรอิศราพงษ์. 2517. การศึกษาโรคโคนเน่าของกล้ายาสูบที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium* spp. (Edson) fitzp. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาโรคพืช, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

วิไล จันทร์ศรีพิบูล. 2531. ผลของการแช่เมล็ดในน้ำแล้วทำให้แห้งต่อความมีชีวิต ความแข็งแรง และอายุการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ข้าว กข 23 และขาวดอกมะลิ 105. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. ภาควิชาโรคพืช, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

Grisarapundha, N. 1987. *Pythium* species from crucifer planted soil and their pathogenicity. MS Thesis. Kasetsart University, Bangkok.

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

กรมการข้าว. ม.ป.ป. โรคเมล็ดด่าง. แหล่งข้อมูล http://www.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.php-file=content.php&id=118-1.htm. ค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2562.

จิระเดช แจ่มสว่าง, วรรณวิไล อินทนู และพราวมาส เจริญรักษ์. 2553. การใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาปฏิปักษ์เพื่อลดโรคเมล็ดด่าง เพิ่มผลผลิต และประสิทธิภาพการขัดสีของข้าว. แหล่งข้อมูล https://research.ku.ac.th/forest/Present.aspx?PresentID=11687. ค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2562

ไพโรจน์ จ๋วงพานิช. 2556ก. โรคที่เกิดกับเมล็ดและพืชหลังการเก็บเกี่ยว. แหล่งข้อมูล http://www.thaikasetsart.com/%E0%B9%82%E0%B8%A3%E0%B8%84%E0%B8%97%E0%B8%B5%E0%B9%88%E0%B9%80%E0%B8%81%E0%B8%B4%E0%B8%94%E0%B8%81%E0%B8%B1%E0%B8%9A%E0%B9%80%E0%B8%A1%E0%B8%A5%E0%B9%87%E0%B8%94%E0%B8%9E%E0%B8%B7%E0%B8%8A/. ค้นเมื่อ 5 สิงหาคม 2562.

Ref. code: 25625909034604ZAD

ไพโรจน์ จ๋วงพานิช. 2556ข. โรคเขม่าดำ. แหล่งข้อมูล https://www.thaikasetsart.com/%E0%B9%82%E0%B8%A3%E0%B8%84%E0%B9%80%E0%B8%82%E0%B8%A1%E0%B9%88%E0%B8%B2%E0%B8%94%E0%B8%B3%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%87%E0%B8%9E%E0%B8%B7%E0%B8%8A/. ค้นเมื่อ 5 สิงหาคม 2562.

ภาณี ทองพำนัก. 2547. ระบบการเตรียมเมล็ดพันธุ์สำหรับเกษตรอินทรีย์. แหล่งข้อมูล http://www3.rdi.ku.ac.th/exhibition/47_1/13/index13.htm ค้นเมื่อ 1 สิงหาคม 2562.

Sharma, P.K. ม.ป.ป. Seed treatment for quality enhancement Available. https://www.slideshare.net/madhupushp2009/seed-treatment-58708697. Accessed July 18, 2019.

Toporek, S. and Hudelson, B. 2017. Hot-water seed treatment for disease management. Available. https://hort.extension.wisc.edu/files/2017/03/Hot Water_Seed_Treatment_for_Disease_Management.pdf. Accessed July 18, 2019.

Ref. code: 25625909034604ZAD

ภาคผนวก

Ref. code: 25625909034604ZAD

ภาคผนวก ก
วิธีการใช้งานตัวเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

1. ทำการจ่ายไฟให้กับตัวเครื่องโดยการเสียบปลั๊ก 220 V
2. กดปุ่มเปิดเครื่อง (power)
3. ทำการกดเลือกอุณหภูมิตามที่ต้องการ ซึ่งมีให้เลือก 6 ปุ่ม คือ 40, 45, 50, 55, 60 และ 100 องศาเซลเวียส
4. ทำการกดเลือกเวลา ซึ่งมีปุ่มให้เลือก 6 ปุ่ม คือ 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที
5. นำเมล็ดพันธุ์ที่จะทำการฆ่าเชื้อมาห่อด้วยผ้าขาวบางและใส่ในตะตร้าชุดแขนกล (actuator)
6. กดปุ่มเริ่ม (start) ค้างไว้ 3 วินาที หลังจากนั้นระบบจะเริ่มทำงาน ปุ่มเริ่มจะกระพริบสีเขียวตลอดเวลาแสดงว่าเครื่องกำลังทำงานอยู่
7. ระบบทำความร้อนจะทำการให้ความร้อนน้ำจนถึงอุณหภูมิที่ผู้ใช้งานกำหนดในข้อที่ 3
8. เมื่ออ่างฆ่าเชื้อมีอุณหภูมิตามที่ผู้ใช้งานกำหนดค่าไว้ ตัว PLC จะส่งสัญญาณให้แขนกล (actuator) หย่อนตะกร้าเมล็ดพันธุ์ลงแช่ในอ่างฆ่าเชื้อโรคแบบอัตโนมัติ
9. เมล็ดพันธุ์จะถูกแช่อยู่ในอ่างฆ่าเชื้อโรคจนครบกำหนดเวลาที่ผู้ใช้งานตั้งค่าไว้ในข้อที่ 4
10. เมื่อครบกำหนดเวลาในการฆ่าเชื้อของเมล็ดพันธุ์แล้ว จะมีเสียงเตือน 5 ครั้ง เพื่อแจ้งผู้ใช้งานได้ทราบว่าการฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์เสร็จสมบรูณ์แล้ว หลังจากนั้นตัว PLC จะสัญญาณให้แขนกล (actuator) ยกเมล็ดพันธุ์ขึ้นจากอ่างฆ่าเชื้อโรคแบบอัตโนมัติ
11. หลังจากนั้นจะเป็นฟังก์ชัน การฆ่าเชื้อน้ำทิ้งแบบอัตโนมัติ โดยชุดควบคุมจะส่งสัญญาณให้ heater ทำอุณหภูมิน้ำที่ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที แบบอัตโนมัติเพื่อทำการฆ่าเชื้อน้ำก่อนทิ้ง
12. หลังจากนั้นจะเป็นฟังก์ชันการปล่อยน้ำทิ้งอัตโนมัติผ่าน solenoid valve โดยการควบคุมด้วยตัว PLC แบบอัตโนมัติ น้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาจากตัวเครื่องจะมีอุณหภูมิที่ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส
13. กดปุ่มปิดเครื่อง

Ref. code: 25625909034604ZAD

ภาคผนวก ข

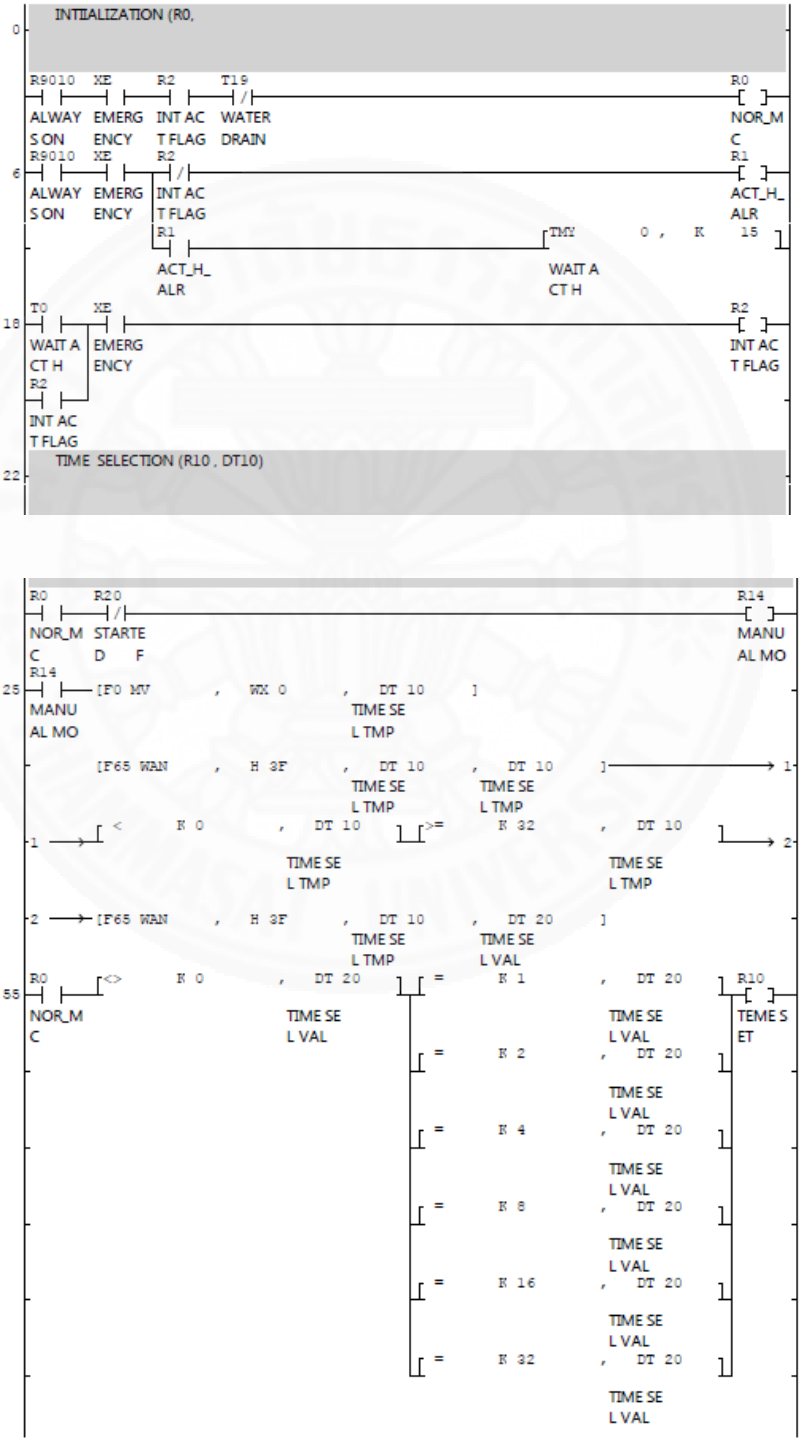
วิธีการเก็บรักษาเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

1. หลังจากเลิกใช้งานเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติแล้ว ควรเปลี่ยนถ่ายน้ำทันที ไม่ควรปล่อยทิ้งไว้ เพื่อป้องกันเชื้อโรคปนเปื้อนในอ่างทำความร้อนของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ
2. การทำความสะอาด ควรเช็ดทำความสะอาดที่ขดลวดทำความร้อนและอ่างฆ่าเชื้อ แขนกล (actuator) ให้สะอาด ควรเช็ดให้แห้ง โดยไม่ควรใช้ของมีคม หรือกระดาษทรายถูหรือขัดที่ (heater)
3. ไม่ควรเสียบปลั๊กทิ้งไว้
4. ควรใช้น้ำกลั่นหรือน้ำกรองในการใช้งาน เพื่อป้องกันคราบตะกลันที่จะจับที่ heater หรืออ่างทำความร้อน และป้องกันการอุดตันบริเวณชุดปล่อยน้ำทิ้ง

Ref. code: 25625909034604ZAD

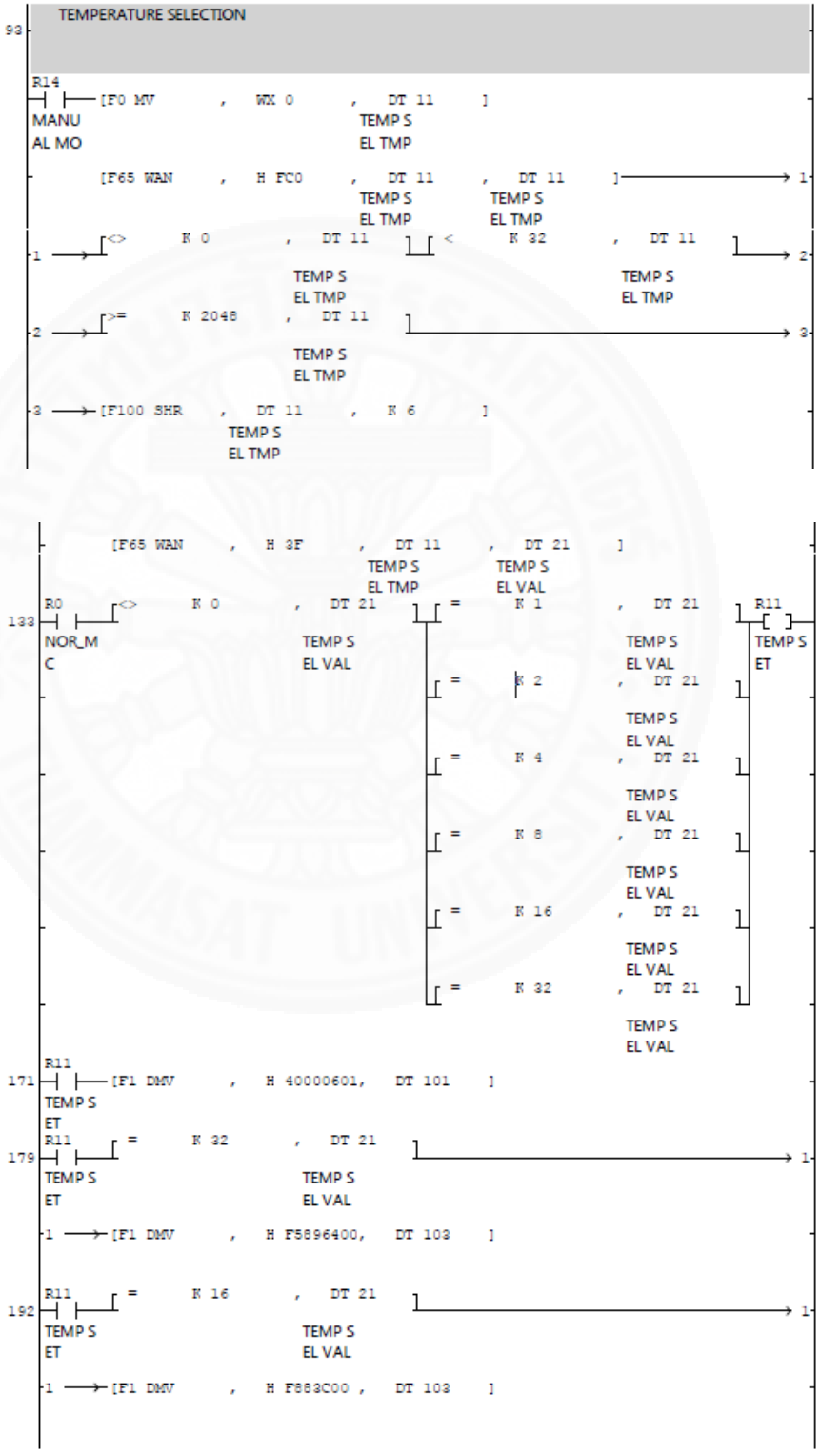
ภาคผนวก ค

PLC ledder diagram ในชุดควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ



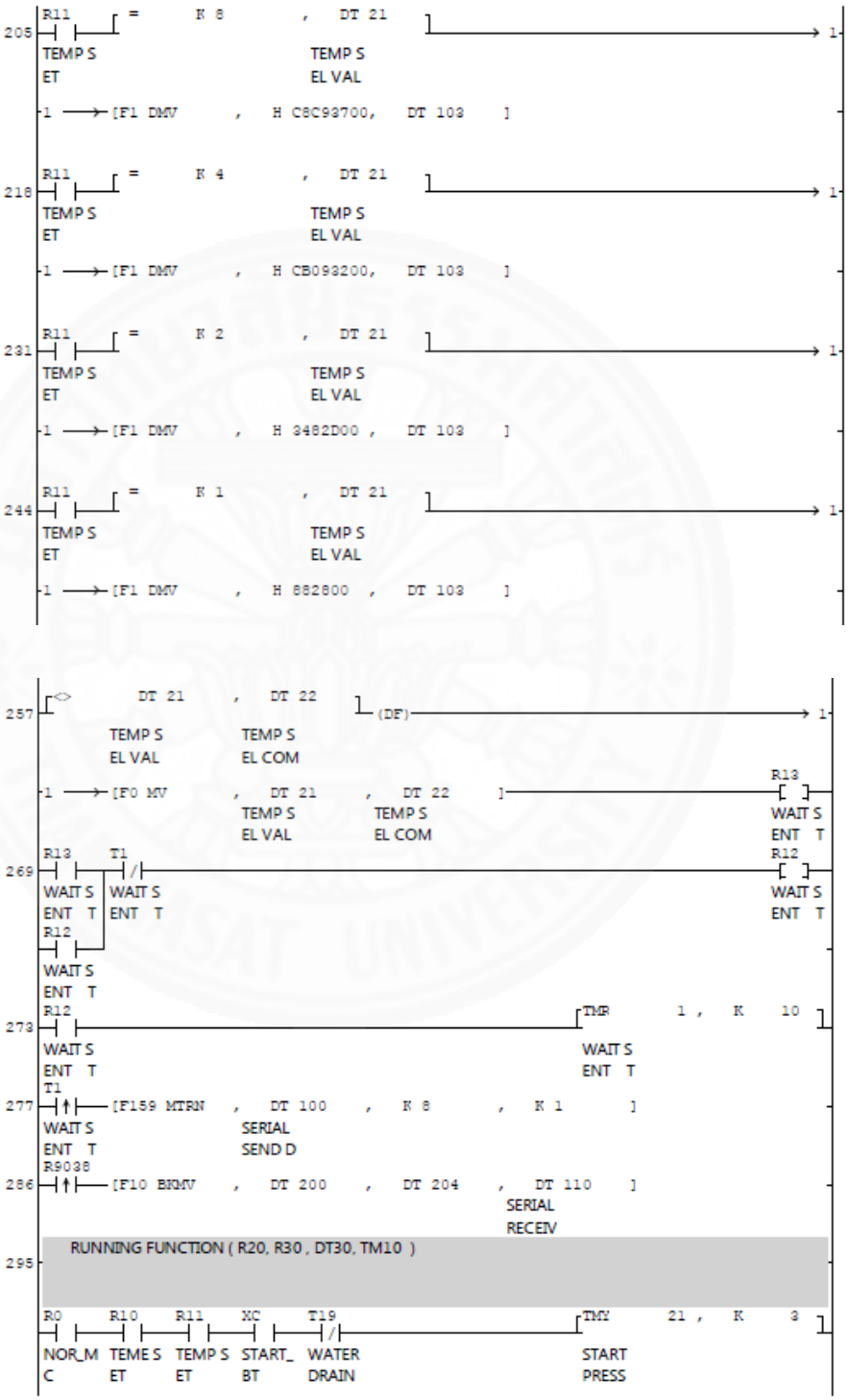
Ref. code: 25625909034604ZAD

PLC ledder diagram ในชุดควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ (ต่อ)



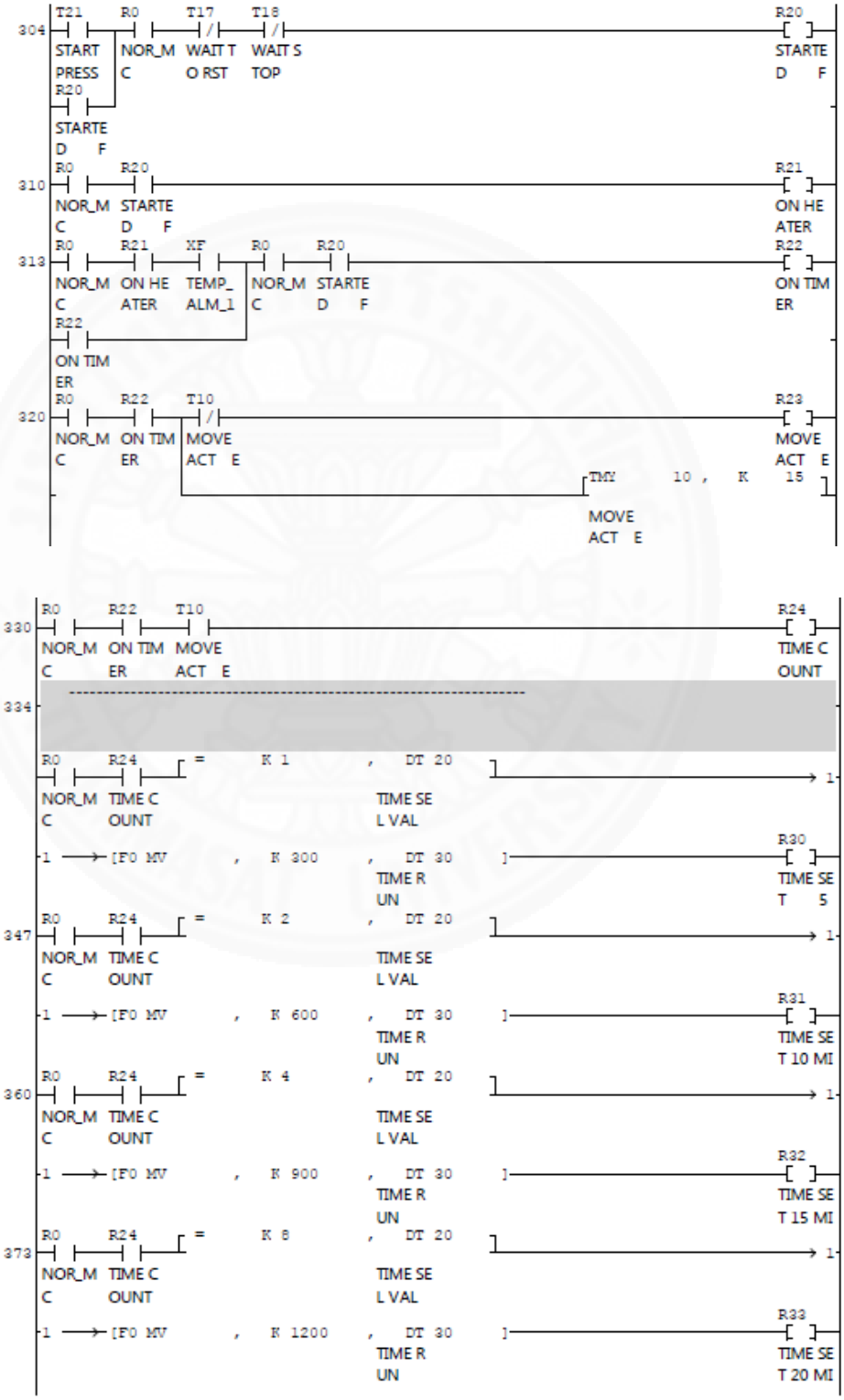
Ref. code: 25625909034604ZAD

PLC ledder diagram ในชุดควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อโรค ในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ (ต่อ)



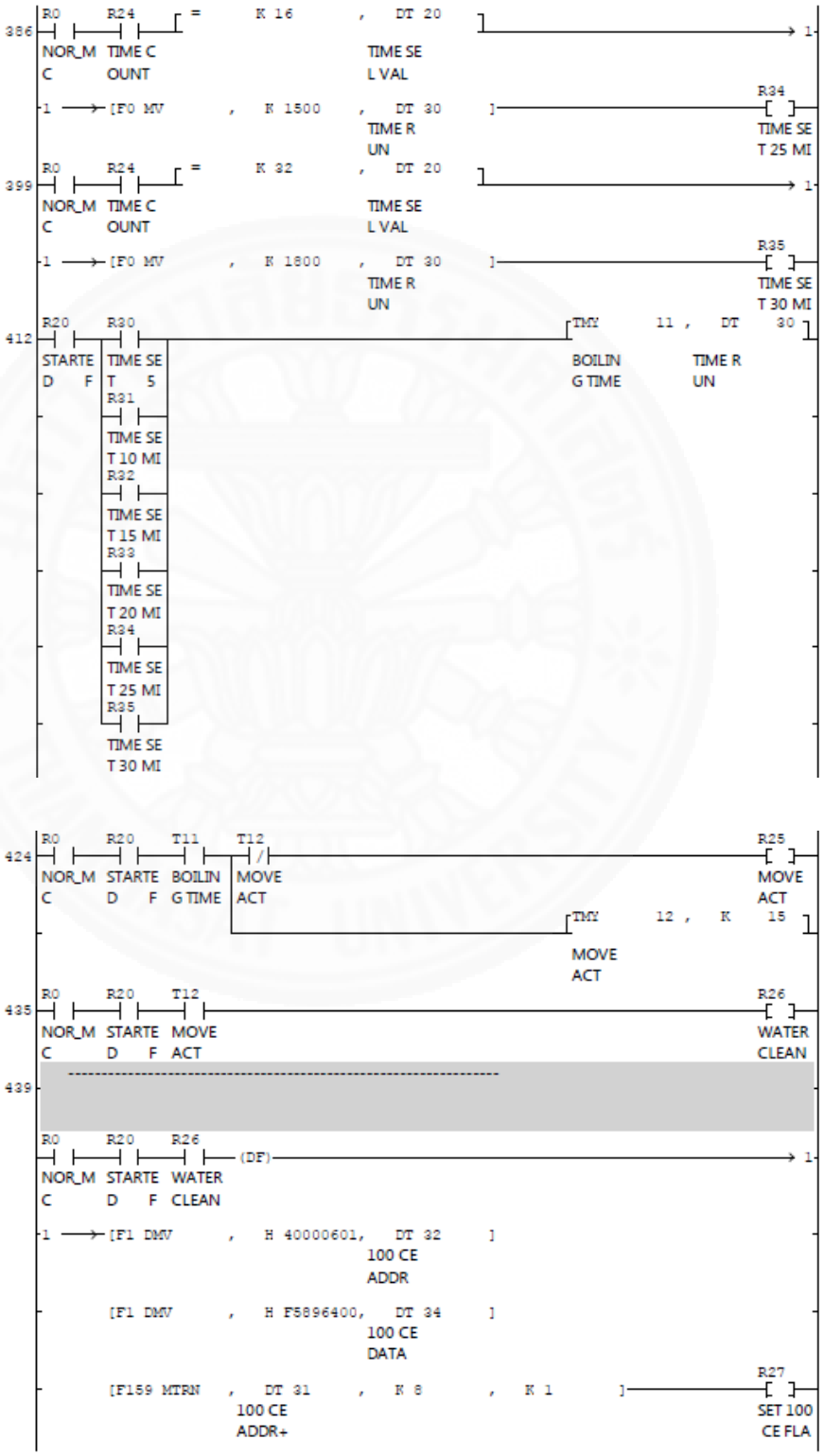
Ref. code: 25625909034604ZAD

PLC ledder diagram ในชุดควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อโรค ในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ (ต่อ)



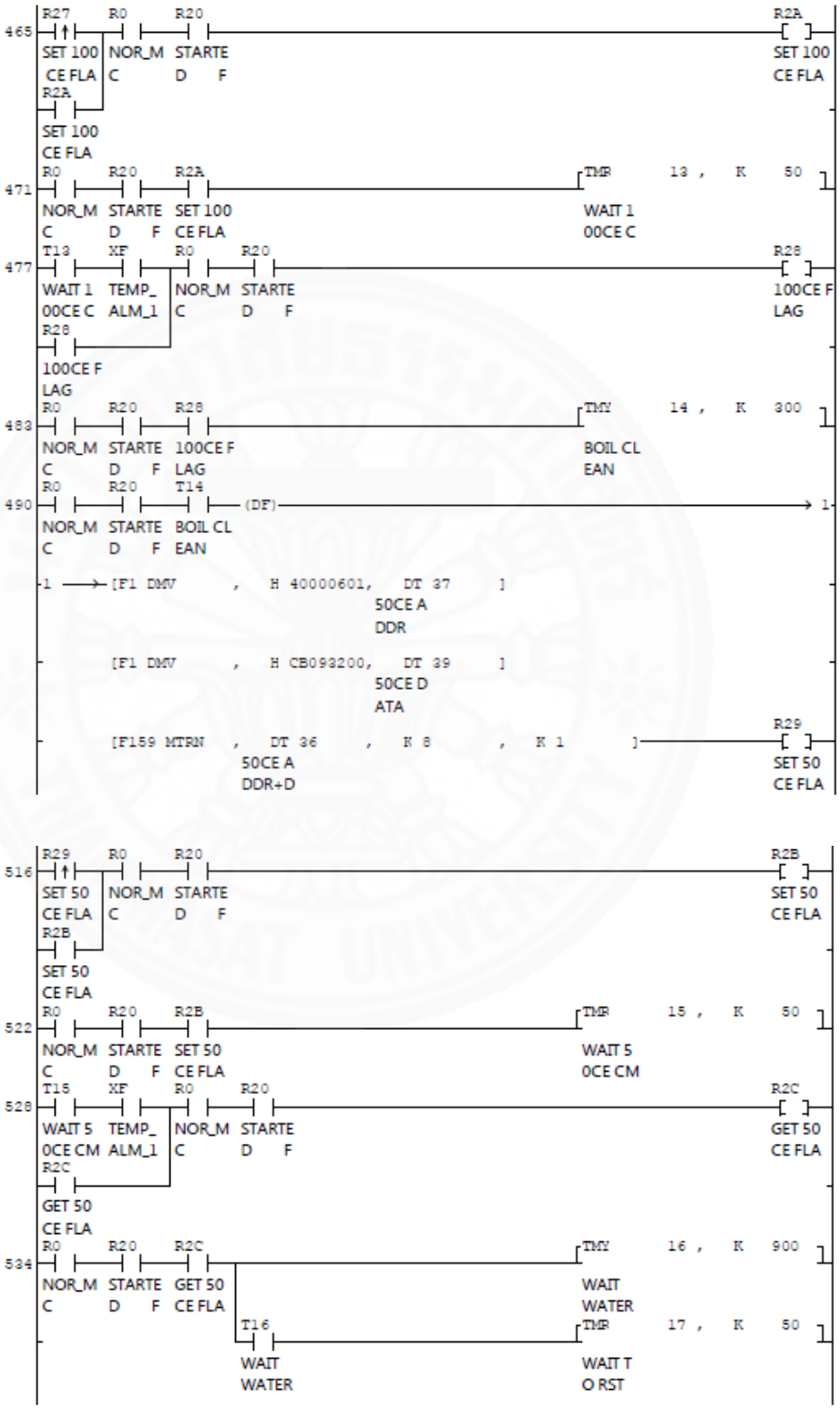
Ref. code: 25625909034604ZAD

PLC ledder diagram ในชุดควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อโรค ในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ (ต่อ)



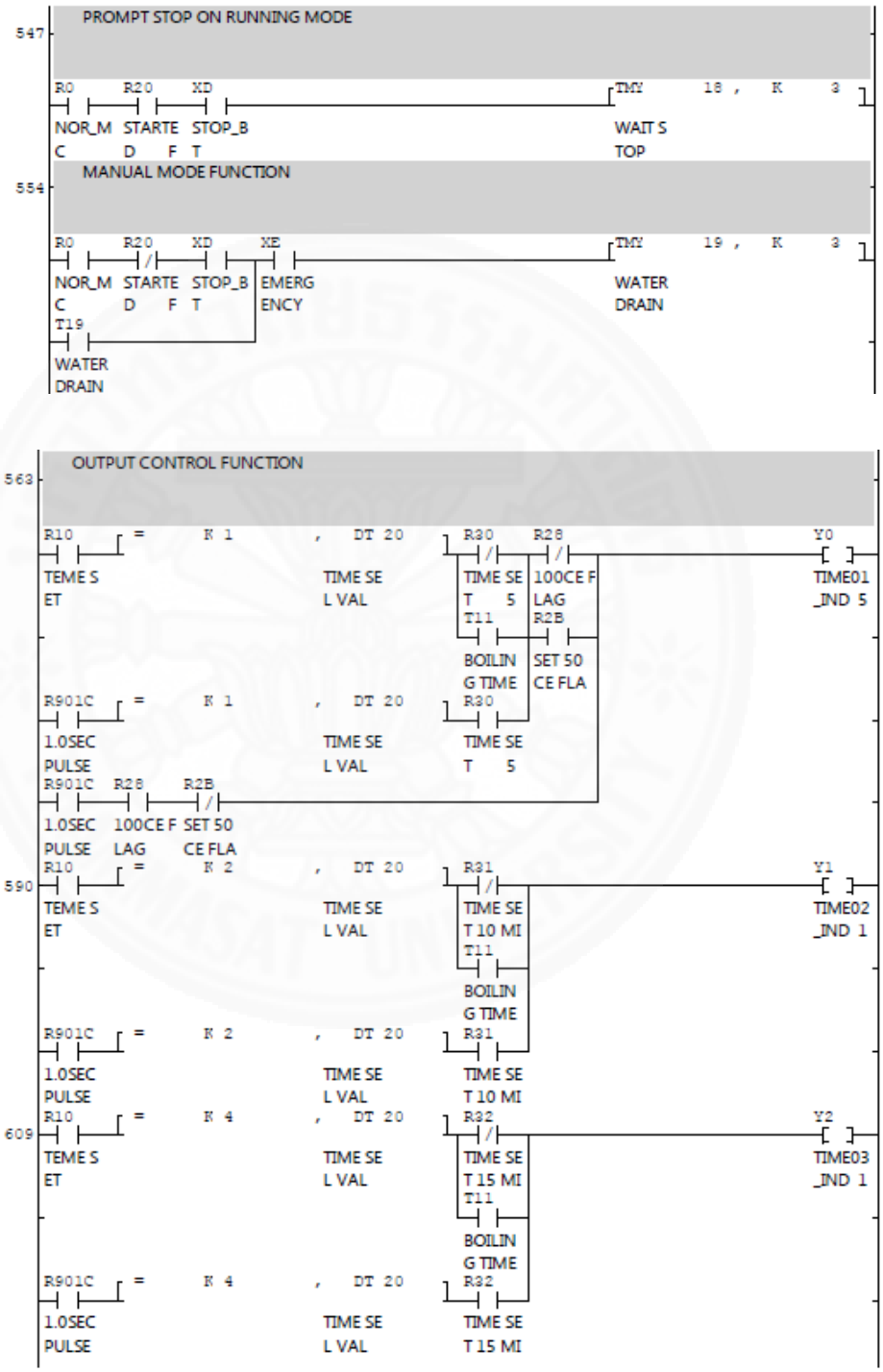
Ref. code: 25625909034604ZAD

PLC ledder diagram ในชุดควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อโรค ในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ (ต่อ)



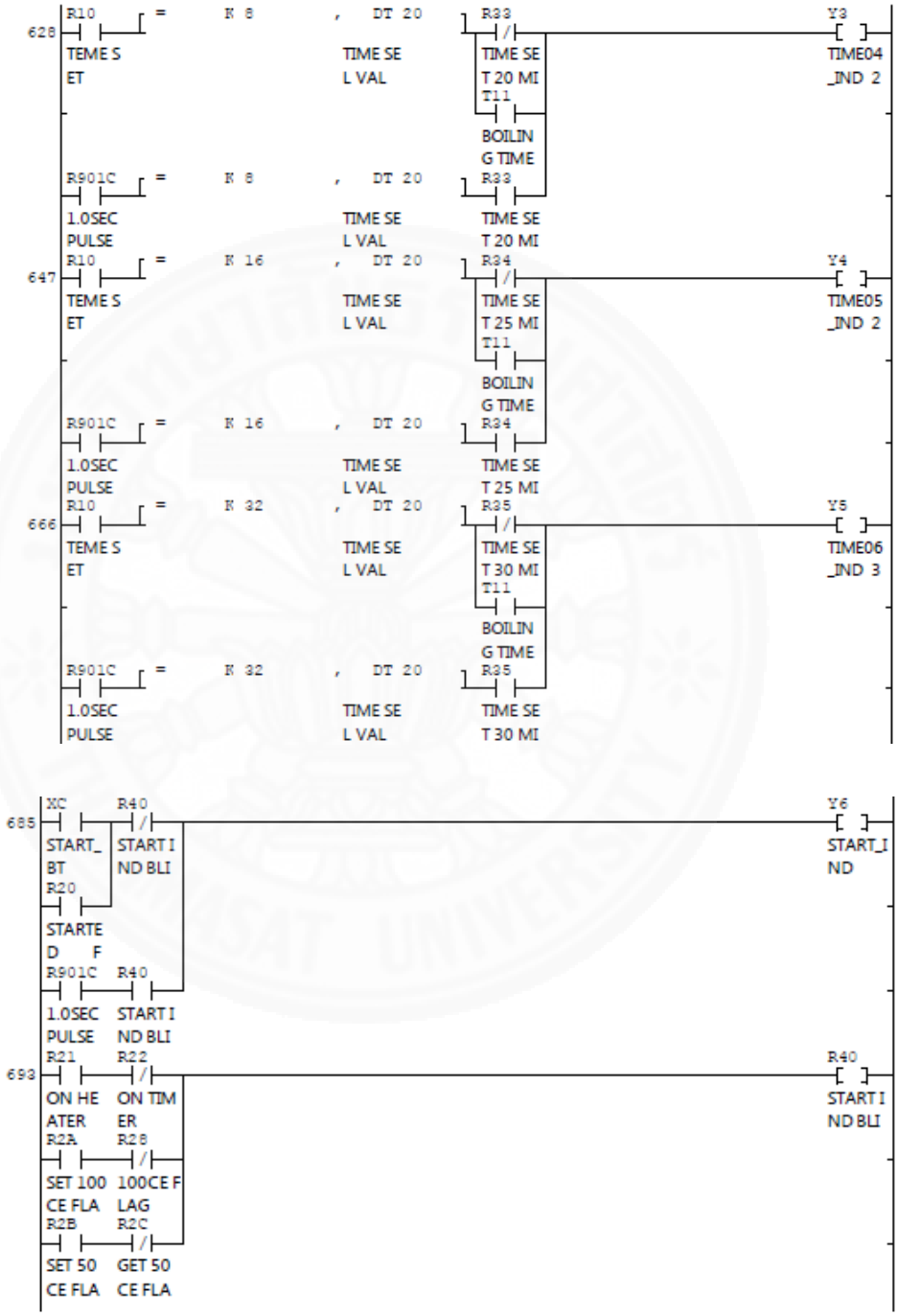
Ref. code: 25625909034604ZAD

PLC ledder diagram ในชุดควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อโรค ในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ (ต่อ)



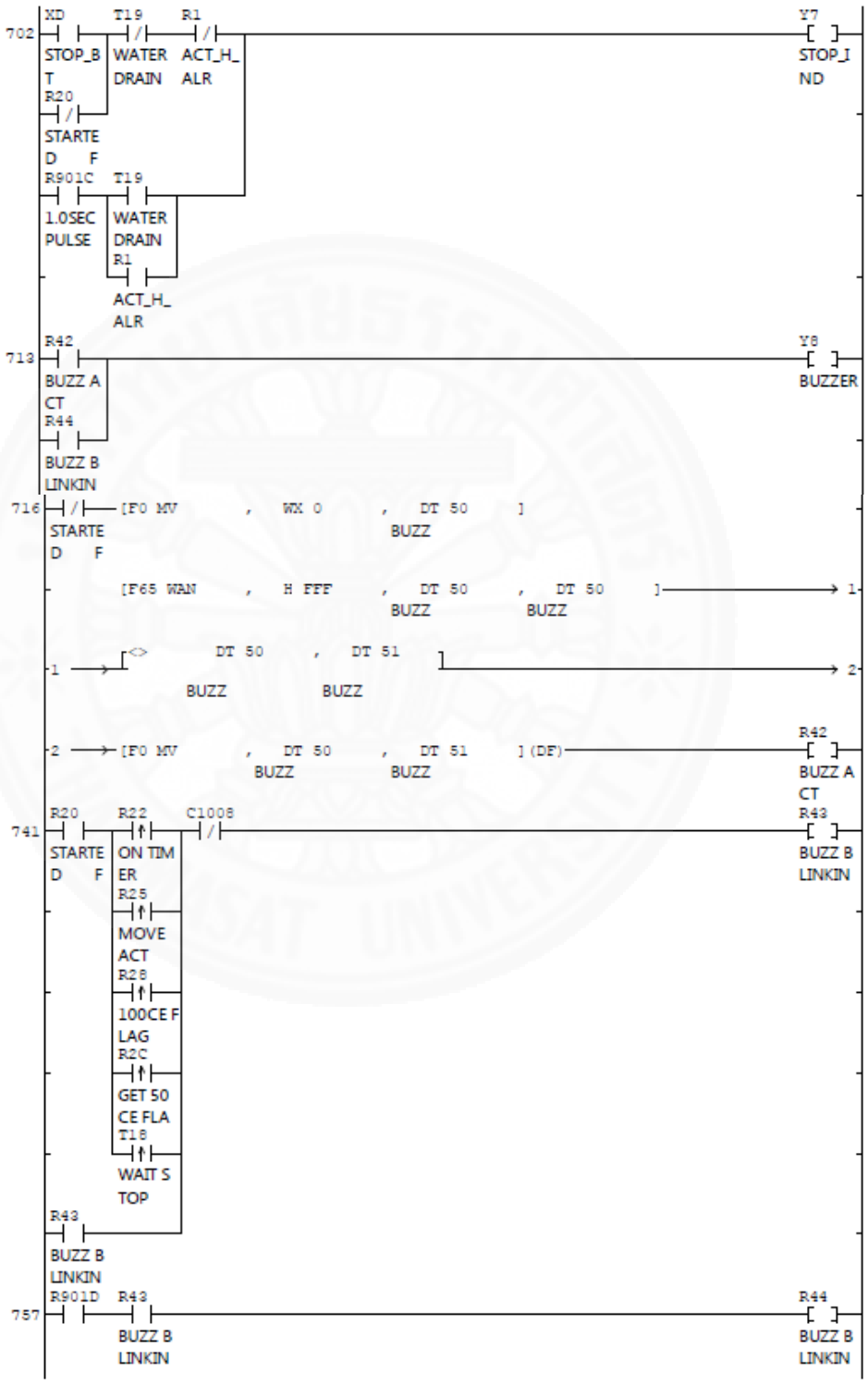
Ref. code: 25625909034604ZAD

PLC ledder diagram ในชุดควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อโรค ในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ (ต่อ)

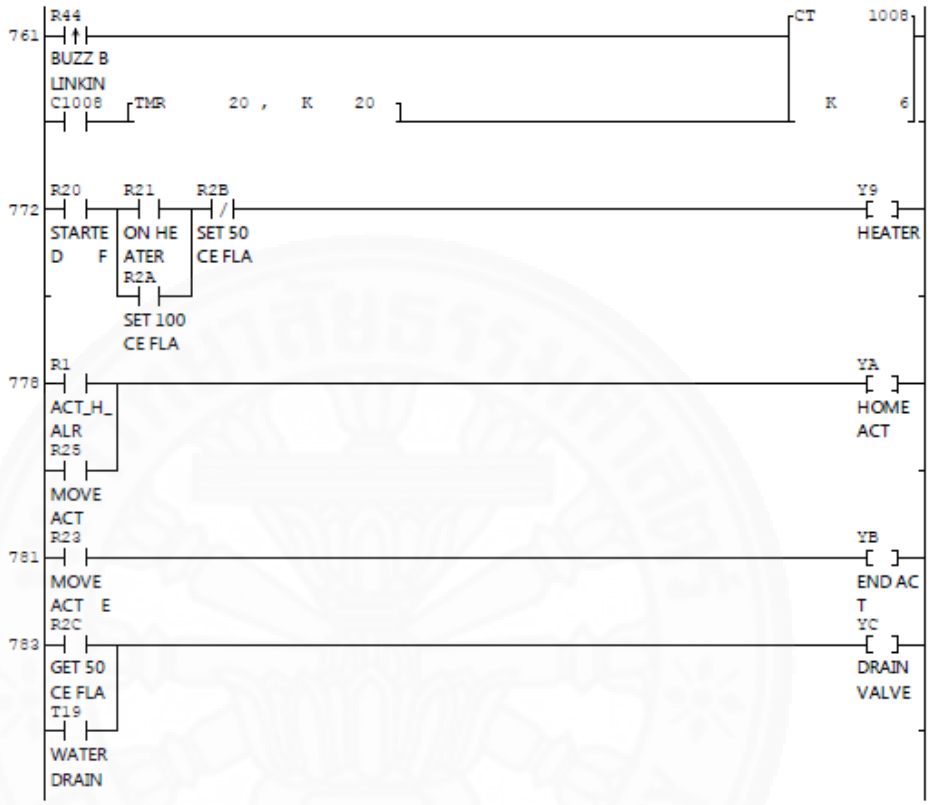


Ref. code: 25625909034604ZAD

PLC ledder diagram ในชุดควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อโรค ในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ (ต่อ)



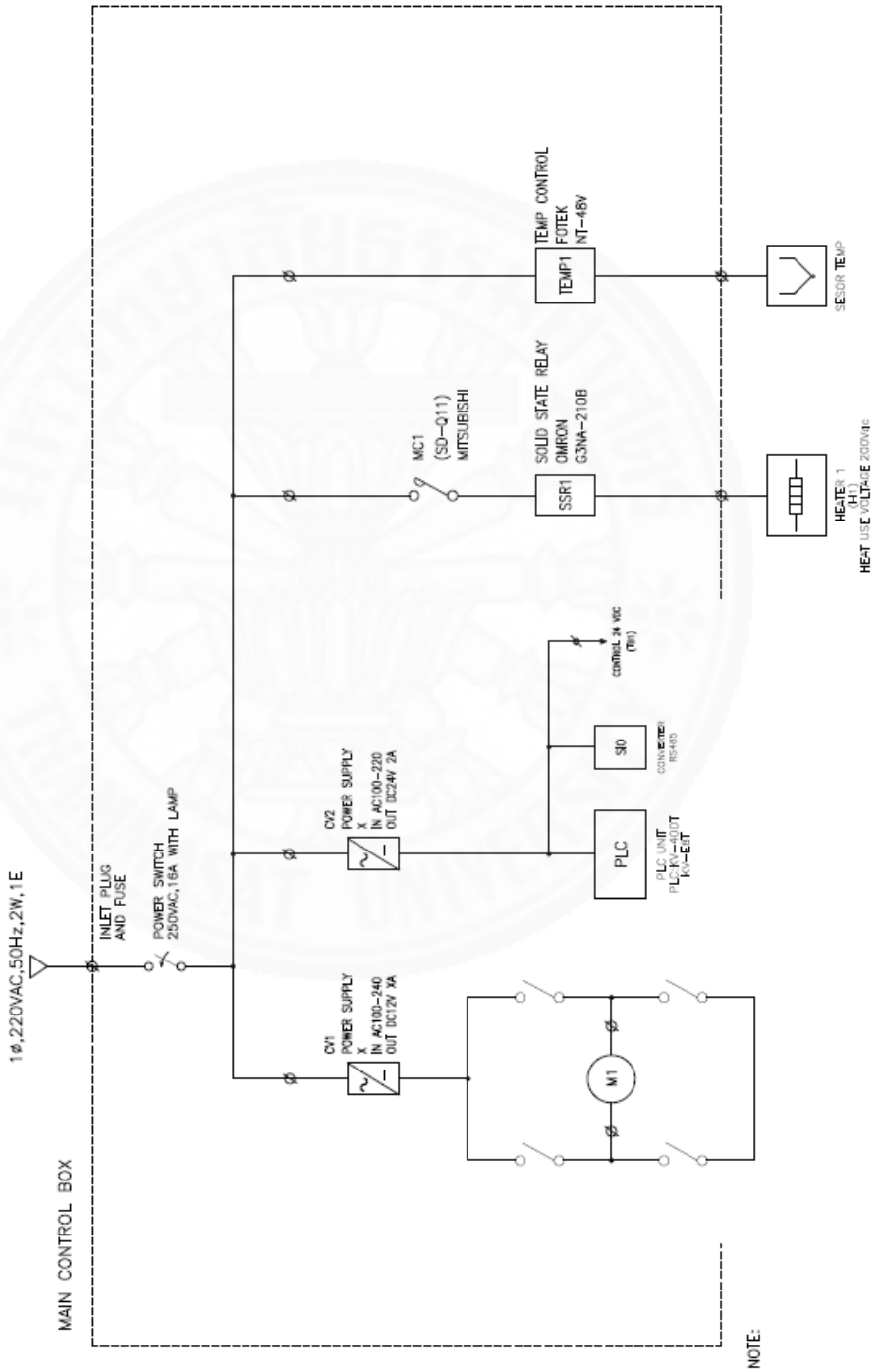
PLC ledder diagram ในชุดควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ (ต่อ)



Ref. code: 25625909034604ZAD

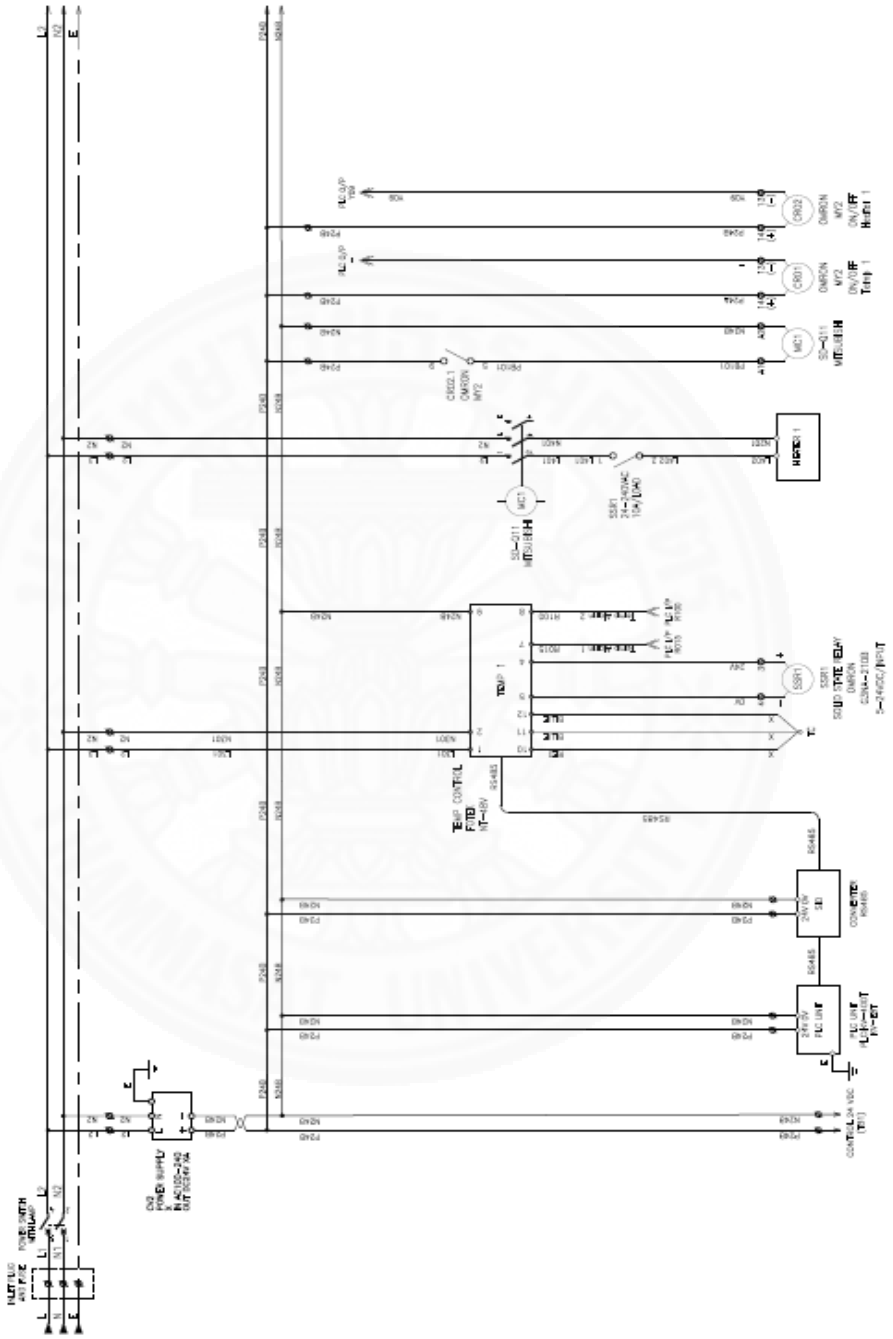
ภาคผนวก ง

Temperature control system diagram ในชุดควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ

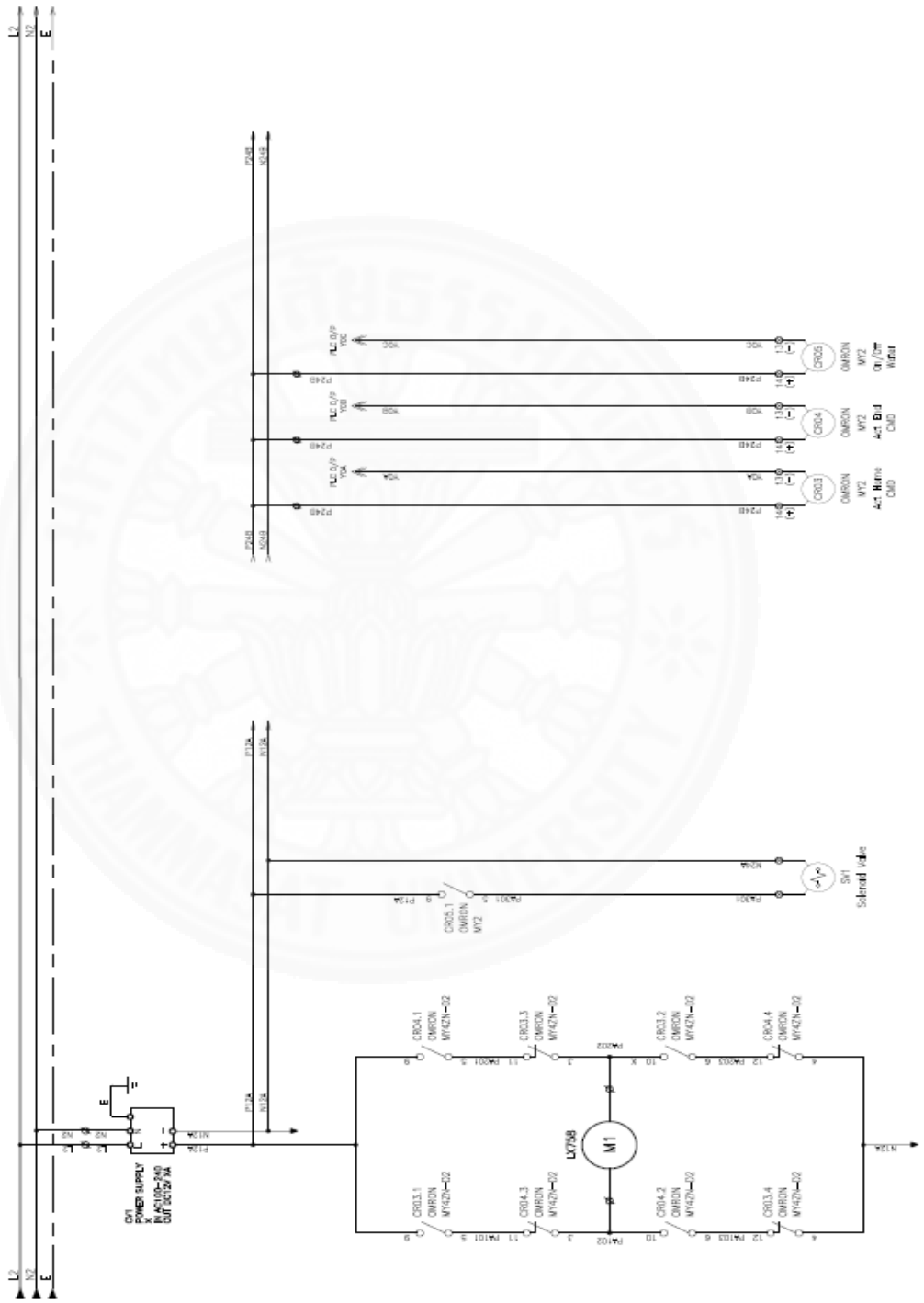


Ref. code: 25625909034604ZAD

Temperature control system diagram ในชุดควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อโรค ในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ (ต่อ)

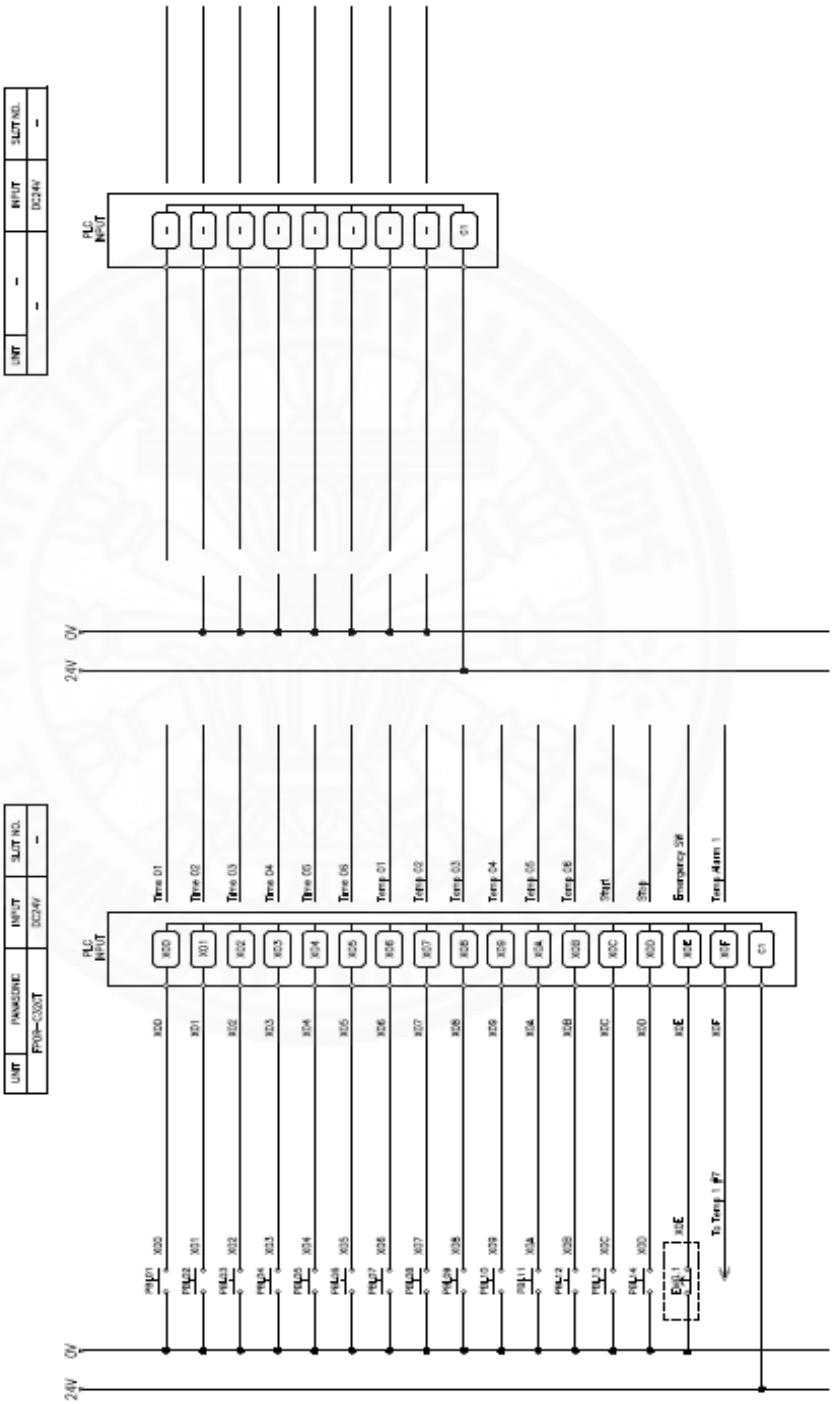


Temperature control system diagram ในชุดควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อโรค ในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ (ต่อ)



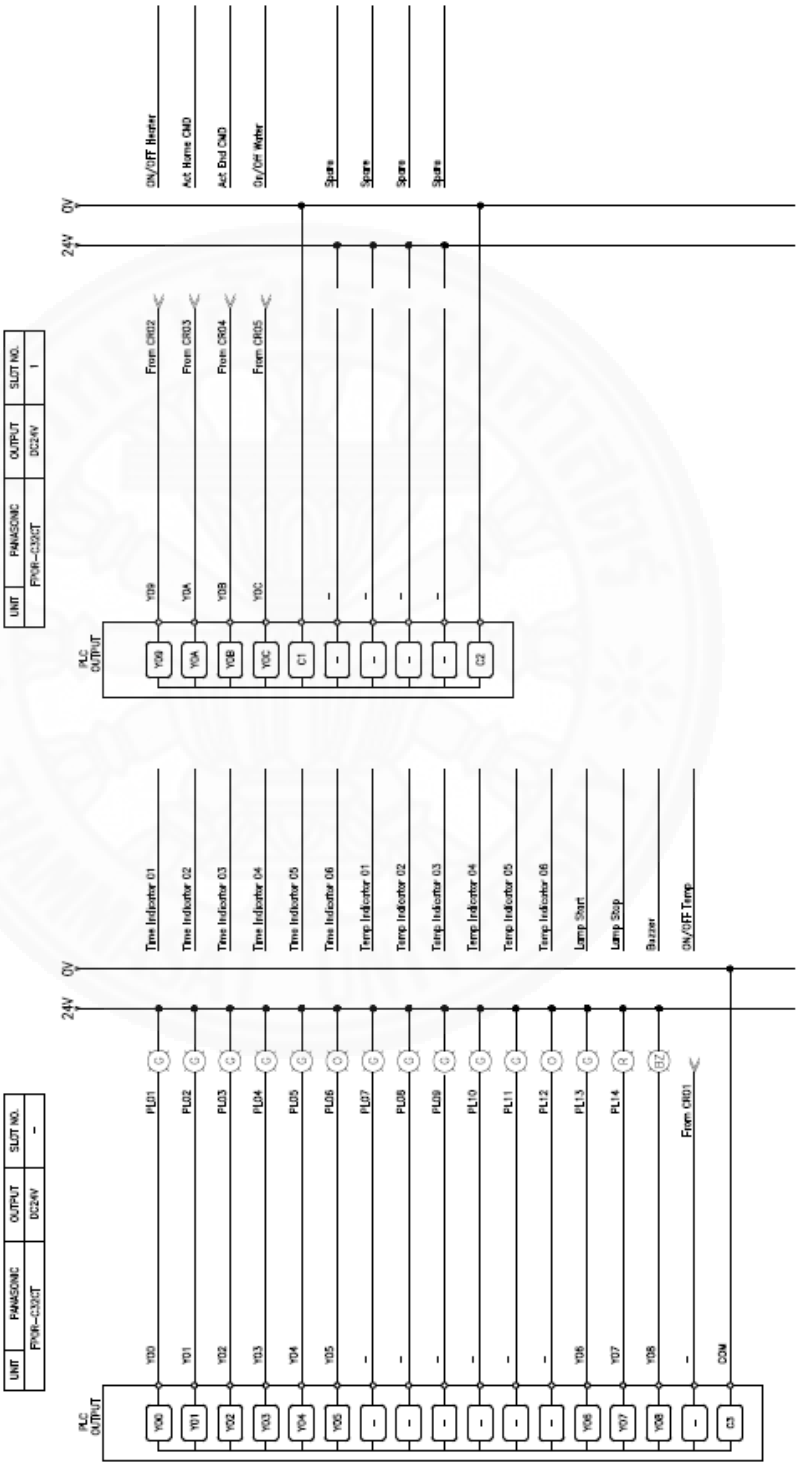
Ref. code: 25625909034604ZAD

Temperature control system diagram ในชุดควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อโรค ในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ (ต่อ)



Ref. code: 25625909034604ZAD

Temperature control system diagram ในชุดควบคุมเครื่องฆ่าเชื้อโรค ในเมล็ดพันธุ์อินทรีย์แบบกึ่งอัตโนมัติ (ต่อ)



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายจำนงค์ ประเสริฐ
วันเดือนปีเกิด	10 กุมภาพันธ์ 2529
วุฒิการศึกษา	ปีการศึกษา 2557: วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ตำแหน่ง	วิศวกร บริษัท โยโกกาวา (ประเทศไทย) จำกัด

ผลงานทางวิชาการ

จำนงค์ ประเสริฐ, มัชมน เสือโรจน์ และดุสิต อธินุวัฒน์. 2562. ประสิทธิภาพนวัตกรรมเครื่องฆ่าเชื้อโรคในเมล็ดพันธ์เพื่อลดการปนเปื้อนเชื้อสาเหตุโรคใบขีดแบคทีเรียในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวานอินทรีย์. *ใน* การประชุมวิชาการระดับชาติ “ราชมงคลสุรินทร์ ครั้งที่ 10” “วิจัยและนวัตกรรม นำสู่การพัฒนาอย่างยั่งยืน” ครั้งที่ 10 วันที่ 19-20 กันยายน 2562 ณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสานวิทยาเขตสุรินทร์. หน้า 221-228.

ประสบการณ์ทำงาน	2557-2562: วิศกรเครื่องมือวัด บริษัทโยโกกาวา (ประเทศไทย) จำกัด

Ref. code: 25625909034604ZAD