ศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพจากราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* (L113) เพื่อส่งเสริมคุณภาพ และควบคุมโรคในมะเขือเทศ

อภิวิชญ์ คำเงิน

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร
พฤษภาคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

ศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพจากราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* (L1I3) เพื่อส่งเสริมคุณภาพ และควบคุมโรคในมะเขือเทศ

อภิวิชญ์ คำเงิน

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร
พฤษภาคม 2567
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

POTENTIAL OF BIOFERTILIZER FROM THE ENDOPHYTIC FUNGUS *TRICHODERMA PHAYAOENSE* (L113) FOR QUALITY PROMOTION AND DISEASE CONTROL OF TOMATOES.

APIWIT KAMNGOEN

A Thesis Submitted to University of Phayao

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Master of Science Degree in Agricultural Science

May 2024

Copyright 2024 by University of Phayao

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพจากราเอนโดไฟท์

Trichoderma phayaoense (L113)

เพื่อส่งเสริมคุณภาพ และควบคุมโรคในมะเขือเทศ

ของ อภิวิชญ์ คำเงิน

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร

ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ดร. นครินทร์ สุวรรณราช)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก)

..... อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วาสนา พิทักษ์พล)

..... คณบดีคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก)

เรื่อง: ศักยภาพของปุ๋ยชีวภาพจากราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* (L1I3) เพื่อส่งเสริมคุณภาพ และควบคุมโรคในมะเขือเทศ

ผู้วิจัย: อภิวิชญ์ คำเงิน, วิทยานิพนธ์: วท.ม. (วิทยาศาสตร์การเกษตร), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2566

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก

คำสำคัญ: ไลโคปีน, อัลจิเนต, มะเขือเทศ, ราเอนโดไฟท์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* (L1I3) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโต คุณภาพการผลิต และการควบคุมโรคในมะเขือเทศ ในระดับห้องปฏิบัติการและระดับโรงเรือน โดยทดสอบการกระตุ้นการงอกของเมล็ดมะเขือเทศจำนวน 10 สายพันธุ์ พบว่าสารแขวนลอยสปอร์ของรา *T. phayaoense* (L1I3) ที่ระดับความเข้มข้น 1.0×10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ทำให้เมล็ดมีอัตราการงอกมากที่สุด และช่วยเพิ่มความสม่ำเสมอในการงอกของเมล็ดพันธุ์ ในขณะที่การทดสอบรา *T. phayaoense* (L1I3) ในการยับยั้งการเจริญของราสาเหตุโรคในมะเขือเทศจำนวน 4 สายพันธุ์ ได้แก่ *Rhizoctonia solani* (AG-2), *Fusarium oxysporum*, *Pythium aphanidermatum* และ *Sclerotium rolfsii* ด้วยวิธี dual culture พบว่ารา *T. phayaoense* (L1I3) สามารถยับยั้งการเจริญของรา *Pythium aphanidermatum* ได้มากที่สุด เท่ากับ 73.20% รองลงมาสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *R. solani* (AG-2) *S. rolfsii* และ *F. oxysporum* มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 60.53%, 49.09% และ 25.91% ตามลำดับ ต่อมาศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L1I3) เคลือบอัลจิเนตต่อการควบคุมราสาเหตุโรคของมะเขือเทศในระยะต้นกล้าระดับโรงเรือน พบว่าปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L1I3) ควบคุมโรคที่เกิดจากรา *F. oxysporum* ได้ดี โดยมีอัตราการเกิดโรคน้อยที่สุด เท่ากับ 31.15% การศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L1I3) เคลือบอัลจิเนต ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ 3 สายพันธุ์ ในระดับโรงเรือน พบว่าการใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต ส่งผลให้ความสูงของมะเขือเทศทั้ง 2 พันธุ์ ได้แก่ Sweet princess และ Indigo rose มีความสูงต่างการกรรมวิธีอื่นๆ ในขณะที่ รา *T. phayaoense* (L1I3) เคลือบอัลจิเนต มีปริมาณวิตามินซีและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ มากที่สุดในพันธุ์ Sweet princess และ Indigo rose ส่วนพันธุ์ Sweet boy ชุดควบคุมมีผลดีที่สุด

Title: POTENTIAL OF BIOFERTILIZER FROM THE ENDOPHYTIC FUNGUS *TRICHODERMA PHAYAOENSE* (L1I3) FOR QUALITY PROMOTION AND DISEASE CONTROL OF TOMATOES.

Author: Apiwit Kamngoen, Thesis: M.Sc. (Agricultural Science), University of Phayao, 2023

Advisor: Assistant Professor Dr. WIPORNPAN NUANGMEK

Keywords: Lycopene, Alginate, Tomato, Endophyte

ABSTRACT

The objective of this research was to study the effect of the endophytic fungus *Trichoderma phayaoense* (L1I3) on promoting growth, production quality and disease control of tomatoes at the laboratory and greenhouse level. By testing the germination stimulation of ten tomato varieties, it was found that the spore suspension of *T. phayaoense* (L1I3) at a concentration of 1.0×10^8 spores per milliliter was showed highest germination rate and increases the consistency of seed germination. The ability of *T. phayaoense* (L1I3) to inhibit the growth of four tomato pathogens; *Rhizoctonia solani* (AG-2), *Fusarium oxysporum*, *Pythium aphanidermatum*, and *Sclerotium rolfsii* was tested using the dual culture method. It was discovered that *T. phayaoense* was able to inhibit the growth of *Pythium aphanidermatum* at 73.20%, followed by the ability to inhibit the growth of *R. solani* (AG-2), *S. rolfsii* and *F. oxysporum* with a percentage of inhibition to 73.20%. 60.53%, 49.09% and 25.91% respectively. The effect of biofertilizer from *T. phayaoense* (L1I3) coated with alginate for control fungal diseases of tomatoes seedling was studied in greenhouse. It was found that biofertilizer from *T. phayaoense* (L1I3) could controlled the disease caused by *F. oxysporum* with the lowest disease incidence of 31.15%. The effects of biofertilizer from *T. phayaoense* (L1I3) coated with alginate to promote the growth of three tomato varieties in greenhouse was tested. It was found that the application of biofertilizer from *T. harzianum* coated with alginate showed higher the shoot height of the two tomato varieties (Sweet princess and Indigo rose). While the use of *T. phayaoense* (L1I3) coated with alginate showed the highest vitamin C and total soluble solids in Sweet princess and Indigo rose varieties. For the Sweet boy variety from the control treatment had the best results.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก ประธานคณะกรรมการที่คอยให้คำปรึกษา และแนะแนวทางการทำวิทยานิพนธ์ เป็นอย่างยิ่ง อีกทั้งให้โอกาส ให้ความรู้ ให้ความช่วยเหลือต่าง ๆ ตลอดการศึกษา และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และให้คำแนะนำในการเขียนวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วาสนา พิทักษ์พล กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รวมถึงรองศาสตราจารย์ ดร.มนัส ทิตย์วรรณ และ ดร.นครินทร์ สุวรรณราช กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่คอยให้ความรู้ แนะนำแนวทางในการทำงาน และคำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้มีความสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตรทุกท่านที่ให้ความรู้ และคำปรึกษา และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ และนักวิจัยทุกท่านที่ให้คำแนะนำเทคนิคการใช้เครื่องมือและสารเคมี ตลอดจนอำนวยความสะดวกเป็นอย่างดีในการใช้วัสดุและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ

ขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือ และให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาที่ทำงานวิจัย จนทำให้งานสำเร็จด้วยดี

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อและคุณแม่ ที่สนับสนุนด้านการศึกษา และให้กำลังใจในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

สุดท้ายนี้หากมีสิ่งขาดตกบกพร่องหรือผิดพลาดประการใด ผู้เขียนขออภัยเป็นอย่างสูงในข้อบกพร่องและความผิดพลาดนั้น และผู้เขียนหวังว่าวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นประโยชน์แก่ท่านผู้อ่าน และผู้สนใจต่อไป

อภิวิชญ์ คำเงิน

อภิวิชญ์ คำเงิน

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

ขอบเขตของการวิจัย 2

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

โรคในมะเขือเทศ 3

ราเอนโดไฟท์ 5

ประโยชน์ของราเอนโดไฟท์ 5

ราไตรโคเดอร์มา 6

การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี 7

วิธีการใช้จุลินทรีย์หรือผลิตภัณฑ์จากจุลินทรีย์เพื่อควบคุมโรคพืช 8

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 13

การเตรียมราเอนโดไฟท์และราก่อโรคในการทดลอง 13

การทดสอบการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ 13

การทดสอบการเกิดโรค (Pathogenicity test) 14
การทดสอบการเกิดโรคราสาเหตุโรคมะเขือเทศ คือ *Rhizoctonia solani* (AG-2), *Pythium aphanidermatum*, *Fusarium oxysporum* และ *Sclerotium rolfsii*..... 14
การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* ต่อการยับยั้งราสาเหตุ *Rhizoctonia solani* (AG-2*), Fusarium oxysporum*, *Pythium aphanidermatum* และ *Sclerotium rolfsii* ในห้องปฏิบัติการโดยวิธี dual culture 15
การศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพจากราเอนโดไฟท์ *Trichodema phayaoense* (L1I3) เคลือบ Alginate ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโต การควบคุมโรค และคุณภาพ ในมะเขือเทศระดับโรงเรือน 16
(1) การเตรียมปุ๋ยชีวภาพจากราเอนโดไฟท์ *Trichodema phayaoense* เคลือบ alginate16
(2) การศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L1I3) ต่อการควบคุมรา สาเหตุก่อโรคของมะเขือเทศ ระยะต้นกล้าในระดับโรงเรือน (*In vivo*)..... 17
(3) การศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพจากเชื้อรา *T. phayaoense* (L1I3) เคลือบ อัลจิเนต ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ 3 สายพันธุ์ ในระดับโรงเรือน..... 19
บทที่ 4 ผลการทดลอง..... 21
การทดสอบการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ..... 21
การทดสอบการเกิดโรค (Pathogenicity test) 34
การทดสอบการเกิดโรคโดยราสาเหตุโรคมะเขือเทศคือ *Rhizoctonia solani* (AG-2), *Pythium aphanidermatum*, *Fusarium oxysporum* และ *Sclerotium rolfsii*.....34
การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* (L1I3) ต่อการยับยั้งราสาเหตุ *Rhizoctonia solani* (AG-2), *Fusarium oxysporum, Pythium aphanidermatum* และ *Sclerotium rolfsii* โดยวิธี dual culture.....36
การศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพจากราเอนโดไฟท์ *Trichodema phayaoense* (L1I3) เคลือบ Alginate ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโต การควบคุมโรค และคุณภาพ ในมะเขือเทศระดับโรงเรือน 39
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง.....57

สรุปผลการวิจัย 57
การทดสอบการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ 57
การทดสอบการเกิดโรค (Pathogenicity test) 57
การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* (L1I3) ต่อการยับยั้งราสาเหตุ *Rhizoctonia solani* (AG–2), *Fusarium oxysporum*, *Pythium aphanidermatum* และ *Sclerotium rolfsii* โดยวิธี dual culture 58
การศึกษาผลของปุ๋ยจากราเอนโดไฟท์ *Trichodema phayaoense* (L1I3) เคลือบAlginate ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโต การควบคุมโรค และองค์ประกอบเคมีต่าง ๆ ในมะเขือเทศระดับโรงเรือน.....58
วิจารณ์ผลการทดลอง.....59
การทดสอบการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ 59
การทดสอบการเกิดโรค (Pathogenicity test) 59
การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* (L1I3) ต่อการยับยั้งราสาเหตุ *Rhizoctonia solani* (AG–2), *Fusarium oxysporum*, *Pythium aphanidermatum* และ *Sclerotium rolfsii* โดยวิธี dual culture 60
การศึกษาผลของปุ๋ยจากราเอนโดไฟท์ *Trichodema phayaoense* (L1I3) เคลือบAlginate ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโต การควบคุมโรค และองค์ประกอบเคมีต่าง ๆ ในมะเขือเทศระดับโรงเรือน.....62
ข้อเสนอแนะ.....63
บรรณานุกรม 65
ประวัติผู้วิจัย.....77

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 การทดสอบอัตราการงอกของมะเขือเทศพันธุ์ Sweet princess 22

ตาราง 2 การทดสอบอัตราการงอกของมะเขือเทศพันธุ์ Sweet girl.....22

ตาราง 3 การทดสอบอัตราการงอกของมะเขือเทศพันธุ์ Sida thepprathan.....23

ตาราง 4 การทดสอบอัตราการงอกของมะเขือเทศพันธุ์ Phethay.....23

ตาราง 5 การทดสอบอัตราการงอกของมะเขือเทศพันธุ์ Cherry rady.....24

ตาราง 6 การทดสอบอัตราการงอกของมะเขือเทศพันธุ์ Sida praewchomphu.....24

ตาราง 7 การทดสอบอัตราการงอกของมะเขือเทศพันธุ์ Sweet boy.....25

ตาราง 8 การทดสอบอัตราการงอกของมะเขือเทศพันธุ์ Gold nugget 25

ตาราง 9 การทดสอบอัตราการงอกของมะเขือเทศพันธุ์ Indigo rose 26

ตาราง 10 การทดสอบอัตราการงอกของมะเขือเทศพันธุ์ Kaimook dum.....26

ตาราง 11 การทดสอบการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นกล้ามะเขือเทศจำนวน 10 สายพันธุ์ 30

ตาราง 12 การทดสอบการเจริญเติบโตด้านความยาวรากของต้นกล้ามะเขือเทศจำนวน 10 สายพันธุ์ 31

ตาราง 13 การเกิดโรคของมะเขือเทศจากรา R. solani (AG-2), P. aphanidermatum, F. oxysporum และ S. rolfsii ทั้ง 2 ระยะ ได้แก่ เมล็ดอยู่ในดิน (pre-emergence symptoms) และต้นกล้า (occurrence of damping-off symptoms) 35

ตาราง 14 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ Trichoderma phayaoense ต่อการยับยั้งราสาเหตุโรค Rhizoctonia solani (AG-2), Fusarium oxysporum, Pythium aphanidermatum และ Sclerotium rolfsii สาเหตุของโรคในมะเขือเทศ ในระดับห้องปฏิบัติการ (In vitro) โดยวิธี dual culture 37

ตาราง 15 การศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพจากรา T. phayaoense ต่อการควบคุมราก่อโรคของมะเขือเทศระยะต้นกล้าในระดับโรงเรือน (In vivo).....40

ตาราง 16 การส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ ค่าความสูง ความยาวราก คลอโรฟิลล์รวมในใบ น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักผลสด และความแน่นเนื้อ ที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพชีวภาพจากรา T. phayaoense เคลือบอัลจิเนต ในต้นมะเขือเทศ Sweet princess.....43

ตาราง 17 การทดสอบคุณภาพ ค่าสี และปริมาณไลโคปีน ที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา T. phayaoense เคลือบอัลจิเนตในต้นมะเขือเทศ Sweet princess ในระดับโรงเรือน.....45

ตาราง 18 การทดสอบคุณภาพ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ปริมาณวิตามินซี ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณ pH ที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา T. phayaoense เคลือบอัลจิเนต ในต้นมะเขือเทศ Sweet princess ในระดับโรงเรือน.....46

ตาราง 19 การส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ ค่าความสูง ความยาวราก คลอโรฟิลล์รวมในใบ น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักผลสด และความแน่นเนื้อ ที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพชีวภาพจากรา T. phayaoense เคลือบอัลจิเนต ในต้นมะเขือเทศ Sweet boy 49

ตาราง 20 การทดสอบคุณภาพ ค่าสี และปริมาณไลโคปีน ที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา T. phayaoense เคลือบอัลจิเนตในต้นมะเขือเทศ Sweet boy ในระดับโรงเรือน.....50

ตาราง 21 การทดสอบคุณภาพ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ปริมาณวิตามินซี ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณ pH ที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา T. phayaoense เคลือบอัลจิเนต ในต้นมะเขือเทศ Sweet boy ในระดับโรงเรือน..... 51

ตาราง 22 การส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ ค่าความสูง ความยาวราก คลอโรฟิลล์รวมในใบ น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักผลสด และความแน่นเนื้อ ที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพชีวภาพจากรา T. phayaoense เคลือบอัลจิเนต ในต้นมะเขือเทศ Indigo rose 54

ตาราง 23 การทดสอบคุณภาพ ค่าสี และปริมาณไลโคปีน ที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา T. phayaoense เคลือบอัลจิเนตในต้นมะเขือเทศ Indigo rose ในระดับโรงเรือน 55

ตาราง 24 การทดสอบคุณภาพ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ปริมาณวิตามินซี ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณ pH ที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา T. phayaoense เคลือบอัลจิเนต ในต้นมะเขือเทศ Indigo rose ในระดับโรงเรือน.....56

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 เชื้อราก่อโรคโรคเหี่ยว (Fusarium wilt) เชื้อสาเหตุโรค Fusarium oxysporum 4

ภาพ 2 ราก่อโรคเน่าคอดิน (Damping off) เชื้อสาเหตุโรค *Pythium aphanidermatum*.....5

ภาพ 3 ปุ๋ยชีวภาพจากราเอนโดไฟท์ Trichodema phayaoense เคลือบ alginate..... 17

ภาพ 4 ผลของความเข้มข้นของ Trichoderma phayaoense ต่ออัตราการงอกของมะเขือเทศ 6 สายพันธุ์ [ชุดควบคุม (T1), 1.0 × 10^2 spores/mL^{-1} (T2), 1.0 × 10^4 spores/mL^{-1} (T3), 1.0 × 10^6 spores/mL^{-1} (T4), 1.0 × 10^8 spores/mL^{-1} (T5)].....27

ภาพ 5 ผลของความเข้มข้นของ Trichoderma phayaoense (L1I3) ต่ออัตราการงอกของมะเขือเทศ 4 สายพันธุ์ [ชุดควบคุม (T1), 1.0 × 10^2 spores/mL^{-1} (T2), 1.0 × 10^4 spores/mL^{-1} (T3), 1.0 × 10^6 spores/mL^{-1} (T4), 1.0 × 10^8 spores/mL^{-1} (T5)].....28

ภาพ 6 ผลของความเข้มข้นของ Trichoderma phayaoense ต่อความสูงและความยาวรากของมะเขือเทศ 6 สายพันธุ์ [ชุดควบคุม (T1), 1.0 × 10^2 spores/mL−1 (T2), 1.0 × 10^4 spores/mL−1 (T3), 1.0 × 10^6 spores/mL−1 (T4), 1.0 × 10^8 spores/mL−1 (T5)] 32

ภาพ 7 ผลของความเข้มข้นของ Trichoderma phayaoense ต่อความสูงและความยาวรากของมะเขือเทศ 4 สายพันธุ์ [ชุดควบคุม (T1), 1.0 × 10^2 spores/mL^{-1} (T2), 1.0 × 10^4 spores/mL^{-1} (T3), 1.0 × 10^6 spores/mL^{-1} (T4), 1.0 × 10^8 spores/mL^{-1} (T5)] 33

ภาพ 8 ลักษณะต้นกล้ามะเขือเทศที่มีการใส่รา Rhizoctonia solani (AG−2), Pythium aphanidermatum, Fusarium oxysporum และ Sclerotium rolfsii ในระยะต้นกล้าoccurrence of damping−off symptoms.....36

ภาพ 9 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ Trichoderma phayaoense ต่อการยับยั้งราสาเหตุโรค Rhizoctonia solani (AG−2), Fusarium oxysporum, Pythium aphanidermatum และ Sclerotium rolfsii โดยการทดสอบด้วยวิธี dual culture.....38

ภาพ 10 ก = ความยาวราก ข = ลักษณะของมะเขือเทศ Sweet princess หลังการเก็บเกี่ยวอายุ 80 วัน(หลังย้ายปลูก).....42

ภาพ 11 ก = ความยาวราก ข = ลักษณะของมะเขือเทศ Sweet boy หลังการเก็บเกี่ยวอายุ 80 วัน(หลังย้ายปลูก).....48

ภาพ 12 ก = ความยาวราก ข = ลักษณะของมะเขือเทศ Indigo rose หลังการเก็บเกี่ยวอายุ 80 วัน(หลังย้ายปลูก).....53

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

มะเขือเทศอุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหาร มะเขือเทศผลหนึ่งจะมีวิตามินเอ 1 ใน 3 ของวิตามินเอที่ร่างกายต้องการ นอกจากนี้มะเขือเทศยังมีโปแตสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม และแร่ธาตุอื่นๆ อีกหลายชนิด มะเขือเทศมีสารแอนตี้ออกซิแดนท์ คือ ไลโคปีน มีคุณสมบัติสามารถลดการเกิดมะเร็งลำไส้ และมะเร็งต่อมลูกหมาก ในผลมะเขือเทศมีสารจำพวกแคโรทีนอยด์ เรียกว่าไลโคพีน (Lycopene) ซึ่งเป็นสารสีแดง และวิตามินหลายชนิด เช่น วิตามินบี 1 วิตามินบี 2 และวิตามินเค โดยเฉพาะวิตามินเอ และวิตามินซี มีในปริมาณสูง มีกรดมาลิก กรดซิตริก ซึ่งให้รสเปรี้ยว และมีกลูตามิค (Glutamic) ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่ช่วยเพิ่มรสชาติให้อาหารรสชาติดียิ่งขึ้น มะเขือเทศช่วยบำรุงผิวพรรณให้ชุ่มชื่นสดใส ไม่แห้งกร้าน มีสารต่อต้านอนุมูลอิสระที่ช่วยลด และชะลอการเกิดริ้วรอย (จันทร์เพ็ญ, 2543) ในปี 2566 มีเนื้อที่เพาะปลูก 39,884 ไร่ เนื้อที่เก็บเกี่ยว 38,702 ไร่ ผลผลิตรวม 139,760 ตัน แบ่งเป็นเนื้อที่เพาะปลูกมะเขือเทศโรงงาน 24,433 ไร่ เนื้อที่เก็บเกี่ยวมะเขือเทศโรงงาน 23,853 ไร่ ผลผลิต 99,711 ตัน และมีเนื้อที่เพาะปลูกมะเขือเทศบริโภค 15,737 ไร่ เนื้อที่เก็บเกี่ยวมะเขือเทศบริโภค 14,849 ไร่ ผลผลิต 40,049 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2566)

การผลิตมะเขือเทศนั้นต้องการการดูแลอย่างใกล้ชิดตั้งแต่ขั้นตอนการปลูก การปฏิบัติดูแลรักษาโดยเฉพาะการจัดการเรื่องโรค แมลงศัตรูพืช (วรรณรีย์, 2551) เนื่องจากมะเขือเทศมีความอ่อนไหวต่อโรคและแมลงเป็นอย่างมาก ทำให้ต้องมีการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดในปริมาณที่สูง ส่งผลเสียต่อสุขภาพของเกษตรกร และผู้บริโภค อีกทั้งการผลิตมะเขือเทศของเกษตรกรไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้ การปลูกมะเขือเทศในประเทศเขตร้อนชื้นมักจะพบปัญหาที่สำคัญที่มีผลต่อปริมาณ และคุณภาพของผลผลิต คือการระบาดของโรค และแมลง เช่นโรคเหี่ยวที่เกิดจากแบคทีเรีย โรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อรา *Fusarium* (*Fusarium* spp.) โรคใบหงิกเหลืองของมะเขือเทศ (Tomato yellow Leaf curl disease) โรคใบไหม้ (Late bight) ไส้เดือนฝอย หนอนเจาะผล และแมลงหวี่ขาว (ศศิธร, 2545)

การควบคุมโรคในการปลูกมะเขือเทศนั้น เกษตรกรยังมีการใช้สารเคมีในการผลิตพืชเป็นหลัก ทำให้มีต้นทุนในการผลิตพืชที่สูงขึ้นนอกจากนี้ การใช้สารเคมีติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้มีสารเคมีตกค้างในผลผลิต และในสภาพแวดล้อมส่งผลกระทบแก่ผู้ผลิต และผู้บริโภค การใช้วิธีควบคุมโรคทางชีวภาพโดยใช้ราเอนโดไฟท์เข้ามาช่วยในการผลิตพืชจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตพืชให้กับเกษตร

ราเอนโดไฟท์เป็นราที่อาศัยอยู่ในต้นพืชโดยไม่ก่อให้เกิดอาการของโรคใดๆ กับพืช โดยอย่างน้อยที่สุดในช่วงหนึ่งของวงจรชีวิตอยู่ในลักษณะต่างพึ่งพาอาศัยกันแบบภาวะสมชีพ ปัจจุบันราเอนโดไฟท์จัดเป็นอีกหนึ่งแหล่งทางเลือกที่สามารถสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพชนิดใหม่ที่มีประสิทธิภาพ และให้ผลผลิตค่อนข้างสูงในช่วงระยะเวลาสั้น โดยราเอนโดไฟท์สามารถคัดแยกได้จากส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ลำต้น ใบ ดอก ราก และส่วนอื่น ๆ (ประไพพิศ, 2560) โดยที่เราได้เลือก ราเอนโดไฟท์ *Trichodema phayaoense* (L113) ที่มีการทดสอบว่าสามารถ ควบคุมโรคยางไหล และโรคเหี่ยวในเมล่อน และมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช ทนต่อสารเมทาแลกซิล (metalaxyl) ซึ่งเป็นสารเคมีในการป้องกันกำจัดโรคพืช (Nuangmek et al., 2021)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาผลของราเอนโดไฟท์ *Trichodema phayaoense* (L113) ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโต คุณภาพผลผลิต และการควบคุมโรคในมะเขือเทศ ในระดับห้องปฏิบัติการและระดับโรงเรือน

ขอบเขตของการวิจัย

1. การทดสอบประสิทธิภาพของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* (L113) ต่อการยับยั้งเชื้อราก่อโรคของมะเขือเทศ

2. การทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพจากราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* (L113) เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโต และคุณภาพของมะเขือเทศ

3. ขอบเขตระยะเวลา ทำการศึกษาตั้งแต่เดือนกรกฎาคม 2564–พฤษภาคม 2566

4. ขอบเขตสถานที่ ทำการศึกษา ณ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มะเขือเทศจัดว่าเป็นผลไม้ที่คนทั่วโลกนิยมรับประทานกันมากที่สุด โดยนิยมรับประทานกันมากกว่าผลไม้ยอดนิยมอันดับ 2 อย่างกล้วย มากถึง 16 ล้านตันต่อปี ส่วนผลไม้อันดับ 3 คือ แอปเปิ้ล และส้ม (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์, 2563) มะเขือเทศเป็น พืชที่ตลาดมีความต้องการตลอดทั้งปี แต่เกษตรกรยังผลิตได้ไม่เพียงพอต่อความต้องการ เนื่องจากประเทศไทยอยู่ในเขตร้อน มีอุณหภูมิสูงตลอดทั้งปี ในฤดูฝนยังมีฝนตกชุก ทำให้มะเขือเทศมีการติดผลน้อย ผลผลิตที่ได้ในแต่ละฤดูปลูกจึงมีน้อย นอกจากนี้ยังประสบปัญหาเรื่องความอุดมสมบูรณ์ของดิน และโรคทางดิน เช่น Bacterial wilt และ Fusarium wilt และแมลงศัตรูพืช เช่น เพลี้ยไฟ ไรแดง และแมลงหวี่ขาว เข้ารบกวน โดยเฉพาะในภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ทำให้ผลผลิตที่ได้ในแต่ละฤดูปลูกลดลง

ปัญหาเรื่องโรค และแมลงในการผลิตพืชทางการเกษตรส่งผลให้เกษตรกรมีต้นทุนการผลิตพืชสูงขึ้น เนื่องจากเกษตรกรต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซื้อสารป้องกันกำจัดโรคพืช และแมลง สารเคมีไม่เพียงแต่มีราคาสูง ยังส่งผลกระทบทั้งทางตรง และทางอ้อมให้กับผู้ผลิตและผู้บริโภค โดยเฉพาะมะเขือเทศที่ต้องรับประทานสด การใช้สารเคมีในระหว่างการเพราะปลูกจะให้ส่งผลกระสบต่อสุขภาพของผู้บริโภคโดยตรง การปลูกมะเขือเทศแบบชีวภาพพจะยิ่งเพิ่มราคาของผลผลิตขึ้น และลดต้นทุนของการใช้สารเคมีให้กับเกษตรกร

โรคในมะเขือเทศ

โรคเหี่ยว (Fusarium wilt) เชื้อสาเหตุโรค *Fusarium* spp.ทำให้มะเขือเทศแคระแกรน เหี่ยว และตายก่อนการเก็บผลหรือระหว่างการเก็บผล โดยปกติโรคอาจไม่รุนแรงมากนัก นอกจากอุณหภูมิของอากาศและดินสูงระหว่างฤดูปลูกเท่านั้น อาการโรค อาการเริ่มแรก เส้นใบด้านนอกและใบย่อยที่อ่อนกว่าใสเล็กน้อย ก้านใบแก่เหี่ยวทำให้ใบห้อยลง หากเป็นระยะกล้าจะตายหลังจากเริ่มแสดงอาการให้เห็น ต้นแก่จะแคระแกรน ใบล่างเหลือง ใบและลำต้นเหี่ยว แตกรากเจริญด้านข้างมากขึ้น ใบร่วง ขอบใบแห้งตาย และต้นตายในที่สุด

หากตัดลำต้นตามขวางจะเห็นวงแหวนสีน้ำตาล ซึ่งเป็นเนื้อเยื่อของกลุ่มท่อลำเลียงตาย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความรุนแรงของโรค (ไทยเกษตรศาสตร์, 2555)

ภาพ 1 เชื้อราก่อโรคโรคเหี่ยว (Fusarium wilt) เชื้อสาเหตุโรค *Fusarium oxysporum*
ที่มา: อรพรรณ และจุมพล (2560)

โรคเน่าคอดิน (damping off) เชื้อสาเหตุโรค *Pythium aphanidermatum* ลักษณะอาการ มีการเข้าทำลายก่อนเมล็ดพืชงอก ทำให้เมล็ดมีลักษณะอาการเน่าทั้งที่ยังไม่งอกหรืองอกอยู่ในดิน ทำให้สังเกตได้ยาก แต่หากเมล็ดงอกโผล่พ้นจากดินแล้วเจริญเป็นต้นกล้าแล้วเชื้อราเข้าทำลายที่ ระดับดินโคนต้นกล้าจะเกิดอาการฉ่ำน้ำ ทำให้ต้นกล้าล้มพับอยู่เหนือดิน ใบเลี้ยงยังคงเขียวไม่มีอาการเหี่ยว หากสภาพแวดล้อมเหมาะสมกับการเจริญของรา คือมีความชื้นสูง จะทำให้ต้นกล้าเน่าเป็นจุด ในแปลง กล้า หรือกระบะเพาะกล้า การแพร่ระบาด รา *P. aphanidermatum* อาศัยอยู่ในดิน สามารถเข้าทำลายต้นพืชได้ทั้งก่อน และหลังการ งอกของเมล็ดมะเขือเทศในดิน (กลุ่มวิจัยโรคพืชสำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, 2552)

ภาพ 2 รากอ่อโรคเน่าคอดิน (Damping off) เชื้อสาเหตุโรค *Pythium aphanidermatum*

ที่มา: นุชนาฏ (2561)

ราเอนโดไฟท์

ราเอนโดไฟท์เป็นราที่อาศัยอยู่ในต้นพืชโดยไม่ ก่อให้เกิดอาการของโรคใด ๆ กับพืช ราเอนโดไฟท์จัดเป็นอีกหนึ่งช่องทาง ที่สามารถสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพชนิดใหม่ที่มีประสิทธิภาพและให้ผลผลิตค่อนข้างสูงในช่วงระยะ เวลาสั้น โดยราเอนโดไฟท์สามารถคัดแยกได้จากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ลำต้น ใบ ดอก ราก และส่วนอื่น และ สารเมแทบอไลต์ที่ได้จากราเอนโดไฟท์มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลาย ได้แก่ ต้านอนุมูลอิสระ ต้านแบคทีเรีย ต้านรา ต้านไวรัส และต้านมะเร็ง (ประไพพิศ, 2560)

ประโยชน์ของราเอนโดไฟท์

การควบคุมโรคพืชที่เกิดจากเชื้อรา กลไกการควบคุมโรค ได้แก่ การกระตุ้นความต้านทานโรค เช่น ข้าวบาร์เลย์ที่ปลูกรา *Piriformospora indica* (root endophyte) มีความต้านทานต่อโรคกล้าไหม้ที่เกิดจาก *Fusarium culmorum* และโรคราแป้ง *Blumeria graminis* อีกทั้งยังสามารถทำให้ข้าวบาร์เลย์ทนเค็ม และมีผลผลิตสูงกว่าต้นที่ไม่ได้ปลูกเชื้อ (Waller et al., 2005) นอกจากนี้ยังมีรายงานการกระตุ้นความต้านทานโรคในพืชหลายชนิด เช่น ผักกาดขาวปลีที่ปลูกเชื้อ *Cladophialophora chaetospira* มีความต้านทานต่อโรคใบจุด *Alternaria brassicae* (Morita, et al., 2003) ข้าวสาลีที่ปลูกเชื้อ *Chaetomium* spp. และ *Phoma* spp. มีความต้านทานต่อโรคราสนิม *Puccinia triticina*) (Dingle and Mcgee, 2003) เมล็ดมะเขือเทศ

และฝ้ายที่ปลูกเชื้อ *Beauveria bassiana* สามารถลดความรุนแรงของโรคเน่าคอดิน (*Rhizoctonia solani* และ *Pythium myriotylum*) ได้ (Ownley et al., 2008) พริก (*Capsicum annuum*) ที่ปลูกเชื้อ *Trichoderma* spp. ทำให้พัฒนาการของโรคไหม้ ของพริกที่เกิดจากเชื้อ (*Phytophthora capsici*) ช้าลง (Bae, et al., 2011) ต้นกล้าผักกาดขาวปลีที่ปลูกเชื้อ *Heteroconium chaetospira* สามารถลดความรุนแรงของโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อ (*Verticillium dahliae*) และโรครากบวม ที่เกิดจากเชื้อ (*Plasmodiophora brassicae*) ได้ (Narisawa, Ohki, and Hashiba. 2000) และหญ้า (fine fescues) ที่ปลูกเชื้อ *Epichloe festucae* สามารถลดความรุนแรงของโรค dollar spot ที่เกิดจากเชื้อ (*Sclerotinia homoeocarpa*) ได้ (Clarke et al., 2006)

ราไตรโคเดอร์มา

เป็นเชื้อราชั้นสูงที่ดำรงชีวิตอยู่ในดิน อาศัยเศษซากพืช ซากสัตว์และอินทรียวัตถุเป็นแหล่งอาหาร เจริญได้รวดเร็วบนอาหารเลี้ยงเชื้อราหลายชนิด สร้างเส้นใยสีขาว และผลิตส่วนขยายพันธุ์ที่ เรียกว่า “โคนิเดีย” หรือ “สปอร์” จำนวนมากรวมเป็นกลุ่มหนาแน่นจนเห็นเป็นสีเขียว เชื้อราไตรโคเดอร์มาเป็นศัตรู (ปฏิปักษ์) ต่อเชื้อราสาเหตุโรคพืชหลายชนิดโดยวิธีการเบียดเบียน หรือเป็นปรสิต และแข่งขันหรือแย่งใช้อาหารที่เชื้อโรคต้องการ นอกจากนี้เชื้อราไตรโคเดอร์มายังสามารถผลิตปฏิชีวนสาร และสารพิษ ตลอดจนน้ำย่อยหรือเอนไซม์สำหรับช่วยละลายผนังเส้นใยของเชื้อโรคพืช คุณสมบัติพิเศษของเชื้อราไตรโคเดอร์มาคือสามารถช่วยละลายแร่ธาตุให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืช จึงช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และชักนำให้ต้นพืชมีความต้านทานต่อเชื้อโรคพืชทั้งเชื้อรา และแบคทีเรียสาเหตุโรค

จากผลการดำเนินงานวิจัยตั้งแต่ พ.ศ. 2528 ถึงปัจจุบัน สามารถคัดเลือกเชื้อราไตรโคเดอร์มาจากดินในธรรมชาติได้หลายสายพันธุ์ โดยเฉพาะสายพันธุ์ CB-Pin-01 มีประสิทธิภาพสูงในการควบคุมโรคของพืชเศรษฐกิจต่างๆทั้งพืชไร่ ไม้ผล พืชผัก และไม้ดอกไม้ประดับหลายชนิดได้ในสภาพแปลงเกษตรกร ทั้งโรคที่เกิดบนส่วนของพืชที่อยู่ใต้ดิน เช่น โรคเมล็ดเน่า โรคเน่าระดับดิน (โรคกล้ายุบ) รากเน่า หัวหรือแง่งเน่า และโคนเน่า เป็นต้น โรคที่เกิดบนส่วนของพืชที่อยู่เหนือดินไม่ว่าจะเป็นส่วนของ กิ่ง ผล ใบ หรือดอก เช่น โรคลำต้นไหม้ของหน่อไม้ฝรั่ง โรคแคงเกอร์ของมะนาว โรคราดำของมะเขือเทศ โรคใบปื้นเหลืองและโรคดอกสนิมของกล้วยไม้ โรคแอนแทรคโนสของมะม่วงและพริกทั้งก่อน และหลังเก็บเกี่ยวผลผลิต

นอกจากนี้ยังสามารถใช้เชื้อราไตรโคเดอร์มาควบคุมโรครากเน่าของพืชผักสลัดและผักกินใบต่างๆที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหาร (ระบบไฮโดรโพนิกส์) และจากผลการวิจัยล่าสุดพบว่าการแช่เมล็ดข้าวเปลือกก่อนใช้หว่านลงในนาข้าว ช่วยลดการเกิดโรคเมล็ดด่าง เมล็ดลีบ ของข้าวที่เกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อราหลายชนิด ตลอดจนช่วยเพิ่มความสมบูรณ์ และน้ำหนักเมล็ด และเพิ่มผลผลิต (จิระเดช, 2560)

ผู้วิจัยได้พัฒนาชีวภัณฑ์เชื้อราไตรโคเดอร์มาให้อยู่ในรูปผงหัวเชื้อบริสุทธิ์ เพื่อให้เกษตรกรสามารถผลิตขยายเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดไว้ใช้ได้เองตามต้องการ ด้วยการหุงปลายข้าวให้สุกในหม้อหุงข้าวไฟฟ้า อัตราปลายข้าว 3 ส่วน น้ำ 2 ส่วน ตักใส่ถุงพลาสติกแล้วใส่ผงหัวเชื้อลงไปเล็กน้อย บ่มไว้ 5–7 วัน ก็สามารถนำเชื้อสดไปใช้ได้ ขณะนี้ได้พัฒนาเชื้อสดดังกล่าวให้เป็นชีวภัณฑ์ในรูปน้ำและรูปผงแห้งผสมน้ำเพื่อใช้พ่นส่วนต่างๆของพืช และพ่นลงดินได้ ผงหัวเชื้อบริสุทธิ์นี้มีสปอร์ของเชื้อราไตรโคเดอร์มาในปริมาณไม่น้อยกว่า 100 ล้านหน่วยชีวิต (สปอร์) ต่อผงเชื้อ 1 กรัม สามารถเก็บรักษาได้เป็นระยะเวลานานไม่น้อยกว่า 1 ปีถ้าเก็บไว้ในตู้เย็น (ประมาณ 8–10 องศาเซลเซียส) แต่ถ้าเก็บที่อุณหภูมิในห้องปกติ (25–30 องศาเซลเซียส) สามารถเก็บไว้ได้นาน 6 เดือน (จิระเดช, 2560)

การตรวจสอบเชื้อราเอนโดไฟท์ในวัชพืชของไทยจากต้นสาบเสือ พบว่า เชื้อราไตรโคเดอร์มา เป็นสายพันธุ์ใหม่ที่น่าสนใจ จึงได้ตั้งชื่อสายพันธุ์ใหม่นี้ว่า *Trichoderma phayaoense* (L113) เชื้อราชนิดนี้มีศักยภาพในการควบคุม *Stagonosporopsis cucurbitacearum* และ *Fusarium equiseti* เป็นเชื้อราสาเหตุก่อโรคต้นแตกยางไหลอ และโรคเหี่ยวในเมล่อน ตามลำดับ มีประเมินศักยภาพของเชื้อราในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช อีกทั้งความสามารถยังทนต่อสารกำจัดเชื้อรา สารกำจัดแมลง และสารกำจัดวัชพืชในท้องตลาด (Nuangmek et al., 2021)

การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี

เมื่อกล่าวถึงการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีหรือภาษาอังกฤษใช้คำว่า Biological Control หรือ Biocontrol หลักการ และแนวทางการปฏิบัติให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีหมายถึงการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (จุลินทรีย์ดีที่เป็นศัตรูของเชื้อสาเหตุโรคพืช) ทั้งในรูปแบบของเชื้อสด หรือในรูปผลิตภัณฑ์เพื่อลดจำนวนหรือควบคุมประชากรของเชื้อสาเหตุโรค การหยุดยั้งกิจกรรมหรือกระบวนการเข้าทำลายพืชของเชื้อสาเหตุโรครวมถึงการใช้ประโยชน์

จากสารที่เชื้อจุลินทรีย์ดีเหล่านั้นผลิตขึ้นมาทั้งนี้การศึกษาเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีพัฒนาการอย่างต่อเนื่องทั้งในประเทศ และต่างประเทศการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีจัดเป็นกลยุทธ์การควบคุมโรค และวิธีการทางเลือกสำหรับการจัดการโรคพืชที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และนิเวศเกษตรเนื่องจากสามารถใช้ร่วม หรือสลับตลอดจนสามารถทดแทนการใช้สารเคมีได้การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีมีหลักเกณฑ์คือการใช้จุลินทรีย์ที่มีคุณสมบัติที่ดีทั้งเชื้อราแบคทีเรีย หรือไวรัสที่มีคุณสมบัติเป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมหรือกำจัดเชื้อสาเหตุโรคพืชต่าง ๆ ให้ไม่สามารถทำความเสียหายกับพืชได้ ซึ่งจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เหล่านี้จะมีคุณสมบัติพิเศษ และกลไกที่หลากหลายในการรบกวนหรือยับยั้งการเจริญเติบโตตลอดจนการลดปริมาณและทำลายประชากรของเชื้อสาเหตุโรคพืชในแหล่งต่าง ๆ ทั้งดินวัสดุปลูกเมล็ดพันธุ์ท่อนพันธุ์หรือส่วนต่างๆ ของต้นพืชให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับพืชซึ่งการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคพืชจะสามารถใช้แบบเชื้อเดี่ยวชนิดใดชนิดหนึ่งหรือสายพันธุ์ใดสายพันธุ์หนึ่งหรือหลายสายพันธุ์ที่สามารถดำรงชีวิตและแสดงกลไกร่วมกันได้และอาจหมายถึงการใช้ประโยชน์จากสารทุติยภูมิที่มีจุลินทรีย์เหล่านั้นผลิตขึ้นมาเช่น เอนไซม์ สารพิษ หรือสารปฏิชีวนะที่มีผลต่อเชื้อสาเหตุโรคพืชต่าง ๆ ตลอดจนสารควบคุมส่งเสริมการเจริญเติบโตให้กับพืช (สุพจน์, 2558)

วิธีการใช้จุลินทรีย์หรือผลิตภัณฑ์จากจุลินทรีย์เพื่อควบคุมโรคพืช

สุพจน์ (2558) การนำจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จากจุลินทรีย์ไปใช้ในการควบคุมโรคพืชนั้นสามารถนำไปปรับใช้ในระบบการผลิตพืชในทุกระยะการปลูกตั้งแต่การเตรียมพื้นที่แปลงปลูกหรือวัสดุปลูกการคลุกเมล็ดก่อนปลูกการพันใบหรือส่วนต่าง ๆ ที่อยู่เหนือดินเพื่อควบคุมโรคเช่นเดียวกับการใช้สารเคมีซึ่งการใช้ผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ หรือผลิตภัณฑ์จากจุลินทรีย์มีกรรมวิธีการในลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

1. การคลุกเมล็ด ซึ่งสามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่นการคลุกด้วยสูตรของเหลวที่เป็นสารแขวนลอยสปอร์เชื้อรา หรือเซลล์แขวนลอยเชื้อแบคทีเรีย หรือการคลุกด้วยสูตรผงสปอร์หรือผงเชื้อแบคทีเรีย จึงเหมาะกับการใช้ป้องกันหรือควบคุมโรคพืชที่ระบบราก และลำต้นส่วนใต้ดินรวมทั้งควบคุมโรคที่ติดต่อหรือถ่ายทอดทางเมล็ดพันธุ์และส่งเสริม หรือกระตุ้นเพิ่มความแข็งแรงของต้นกล้าพืช

2. การผสมดิน หรือราดดินหรือใช้ร่วมกับวัสดุปลูกหรือระบบปลูกพืชเฉพาะโดยอาจประยุกต์ใช้ร่วมกับการหว่านปุ๋ยอินทรีย์หรือปุ๋ยคอกในช่วงการเตรียมดินหรือสำหรับพืชไม้ดอกไม้ประดับที่ปลูกในกระถาง หรือภาชนะโดยสามารถปรับได้โดยการผสมในวัสดุปลูกได้โดยตรง

3. การจุ่มรากต้นกล้าก่อนย้ายปลูก เป็นวิธีการที่เหมาะและนิยมใช้กับพืชที่ต้องเพาะเมล็ดแล้วย้ายกล้าปลูกเช่นพืชผักในกลุ่มมะเขือเทศ พริก หรือพืชที่มีเมล็ดราคาแพงรวมทั้งไม้ดอกไม้ประดับบางชนิด หรือกล้าข้าวในกรณีการปลูกแบบนาดำ วิธีนี้จะทำให้เชื้อปฏิปักษ์ควบคุมโรคได้ดี เพราะส่วนของรากจะสัมผัสกับเชื้อได้หมดทุกส่วนนอกจากนี้จุลินทรีย์บางสายพันธุ์ยังมีคุณสมบัติในการผลิตฮอร์โมนส่งเสริมการเจริญเติบโตพืชร่วมด้วยทำให้กล้าพืชพัฒนาและเจริญเป็นต้นสมบูรณ์ได้ดี

4. การใส่ลงบนส่วนขยายพันธุ์และกล้าพืช โดยการจุ่มท่อนพันธุ์ หรือสวนขยายพันธ์กับสารละลายจุลินทรีย์ก่อนย้ายปลูกในภาชนะปลูก หรือแปลงปลูก หรืออาจการพ่น หรือการใส่เชื้อปฏิปักษ์หลังจากพืชเจริญอยู่ในระยะต้นกล้า

5. การพ่นใบในระยะเจริญเติบโต เป็นวิธีการนำพาจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ลงบนต้นพืชในรูปของการแขวนลอยสปอร์ หรือสารแขวนลอยเซลล์แบคทีเรียเพื่อควบคุมโรคที่เกิดกับใบ และส่วนต่าง ๆ ของลำต้นเหนือดิน เช่น กิ่ง ดอก ช่อ ผล ในลักษณะการพ่นซึ่งปฏิบัติเช่นเดียวกับการใช้สารเคมี แต่ควรใช้ในช่วงวันที่มีแสงแดดอ่อน และควรใช้ร่วมกับสารเสริมประสิทธิภาพเพื่อเสริมการทำงานของจุลินทรีย์

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ประภาษ และคณะ (2563) พัฒนาชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาชนิดเม็ดเพื่อยืดอายุการเก็บของราไตรโคเดอร์มา และใช้ควบคุมรา *Fusarium oxysoprum f.* sp. *lycopersici* (*Fol*) วางแผนการทดลองแบบ factorial in CRD มี 3 ปัจจัยได้แก่ สูตรห่อหุ้มอุณหภูมิในการเก็บ และระยะเวลาเก็บ แต่ละสูตรมีโคนิเดียของรา *Trichoderma* sp. และ sodium alginateเท่ากันแต่มีความเข้มข้นของ glycerol และแป้งมันสำปะหลังต่างกัน เก็บชีวภัณฑ์ที่อุณหภูมิห้อง และ 4 °C เก็บรักษา 1–9 เดือน ผลการศึกษาพบว่ารา *Trichoderma* sp. ในชีวภัณฑ์แต่ละสูตรมีชีวิตรอดและระยะเวลาเก็บต่างกัน การเก็บที่ 4 °C ทำให้รามีชีวิตรอดสูงกว่าการเก็บที่อุณหภูมิห้อง ชีวภัณฑ์สูตร F1 (sodium alginate 0.88% + glycerol 1.5%) เหมาะสมต่อการเก็บที่อุณหภูมิห้องมีจำนวนโคนิเดียที่มีชีวิตสูงที่สุด และคงที่นาน 5 เดือน ส่วนการเก็บที่ 4 °C พบว่า

สูตร F3 (sodium alginate 0.88% + tapioca starch1.5%), F4 (sodium alginate 0.88% + glycerol 1.5% + tapioca starch 1.5%), F5 (sodium alginate 0.88% + glycerol 1.5% + tapioca starch3.7%) และ F6 (sodium alginate 0.88%)มีจำนวนโคนิเดียที่มีชีวิตสูงที่สุด และคงที่นาน 9 เดือนราที่มีชีวิตรอดในชีวภัณฑ์แต่ละสูตรยังคงความสามารถในการควบคุมการเจริญของรา

อังคณา และอมรศรี (2564) เชื้อรา *Trichoderma* spp. สามารถพบได้ทั่วไปตามธรรมชาติ เช่น เศษซากพืช อินทรียวัตถุ และดิน โดยส่วนมากรู้จักกันดีในฐานะของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ มีการนำมาใช้ประโยชน์ และศึกษาอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเชื้อราดังกล่าวสามารถเจริญได้รวดเร็ว และมีการสร้างเอนไซม์ หรือสารทุติยภูมิในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืช งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาศักยภาพของเชื้อรา *Trichoderma* spp. ในการยับยั้งการพัฒนาของกลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยสาเหตุโรครากปม *Meloidogyne incognita* ในมะเขือเทศ จากการทดสอบเชื้อราจำนวน 22 ไอโซเลทพบว่าเชื้อรา *Trichoderma* spp. ไอโซเลท T35-C04, M4 และ 03-T34 สามารถลดการฟักตัวของกลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยรากปมได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีการสร้างเส้นใยบริเวณกลุ่มไข่ที่ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 100% และทำให้กลุ่มไข่มีการฟักตัวเท่ากับ 1.33%, 1.50% และ 2.00% ตามลำดับ (ชุดทดลองควบคุมเท่ากับ 80.60%) สำหรับการทดสอบในโรงเรือน พบว่าให้ผลสอดคล้องกัน คือเชื้อรา *Trichoderma* spp. ทั้ง 3 ไอโซเลตสามารถลดการเกิดปม และการสร้างกลุ่มไข่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อเทียบกับชุดทดลองควบคุม งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าเชื้อรา *Trichoderma* spp. นอกจากสามารถควบคุมเชื้อราสาเหตุโรค และกระตุ้นความต้านทานของพืชได้แล้วนั้น ยังมีศักยภาพในการเป็นเชื้อราปฏิปักษ์ต่อไส้เดือนฝอย ซึ่งจะใช้เป็นแนวทางสำหรับการพัฒนาเพื่อการควบคุม และลดการเข้าทำลาย รวมถึงชะลอการพัฒนาของไส้เดือนฝอยสาเหตุโรครากปมในพืชอื่น ๆ ได้ต่อไป

Nuangmek et al., (2021) ศึกษาศักยภาพของเชื้อราเอนโดไฟท์ที่แยกได้จากวัชพืชของไทย (*Chromolaena odorata*) เพื่อยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยของ *Stagonosporopsis cucurbitacearum* และ *Fusarium equiseti* พบว่าเชื้อรา UP-L113 ที่แยกได้จากเชื้อราแสดงเปอร์เซ็นต์สูงสุดในแง่ของการยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยของ *F. equiseti* และ *S. cucurbitacearum* ที่ 90.80% และ 81.60% ตามลำดับ และมีความสามารถในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและ ควบคุมโรคยางไหล และโรคเหี่ยวในต้นอ่อนเมล่อน พบว่าสามารถใช้

T. phayaoense ในการป้องกันโรคที่เกิดจากรา *F. equiseti* และ *S. cucurbitacearum* ในระยะต้นกล้าเมล่อน และยังมีประสิทธิภาพเพิ่มความสูงของต้น ตลอดจนน้ำหนักต้น และน้ำหนักแห้งของราก นอกจากนี้ ยังสามารถเพิ่มขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง เส้นรอบวง และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมดของผลไม้ นอกจากนี้ *T. phayaoense* สามารถทนต่อทนต่อสารเมทาแลกซิล (metalaxyl) ซึ่งเป็นสารเคมีในการป้องกันกำจัดโรคพืช

Rodriguez, R. J., White Jr, J. F., Arnold, A. E., and Redman, A. R. A., (2009) การจัดกลุ่มราเอนโดไฟท์โดยอาศัยวิวัฒนาการ (Phylogeny) และความสัมพันธ์ต่อพืชอาศัย ได้แก่ ความหลากหลายของพืชอาศัย การเจริญในเนื้อเยื่อพืช การถ่ายทอดเชื้อ และประโยชน์ต่อพืชอาศัย ซึ่งแบ่งเป็น 2 แบบคือ 1. nonhabitat–adapted (NHA) เชื้อทำให้พืชปรับตัวโดยไม่เจาะจงต่อที่อาศัย เช่น การทนแล้ง และการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช และ 2. habitat–adapted (HA) เชื้อทำให้พืชปรับตัว โดยเจาะจงต่อที่อาศัย เช่น ความเป็นกรด–ด่าง อุณหภูมิ และความเค็ม ราเอนโดไฟท์แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ และ 4 กลุ่มย่อย (class) ได้แก่ กลุ่มที่ 1 Clavicipitaceous ประกอบด้วย Class 1 และ กลุ่มที่2 Nonclavicipitaceous ประกอบด้วย Class 2, Class 3 และ Class 4 Class 1 คือราในวงศ์ Clavicipitaceae มีการอาศัยในพืชใบแคบ (พืชวงศ์หญ้า) เชื้อเจริญที่ส่วนของพืชที่อยู่เหนือดินและลำต้นใต้ดิน (rhizome) เชื้อเจริญในเนื้อเยื่อพืชอย่างกว้างขวาง การถ่ายทอดเชื้อเป็นแบบ vertical และ horizontal และประโยชน์ต่อพืชอาศัยแบบ NHA ตัวอย่างรา เช่น *Neotyphodium coenophialum* และ *Epichloë festucae* เป็นต้น Class 2 เชื้อมีการอาศัยในพืชใบกว้าง เชื้อเจริญที่รากพืช การถ่ายทอดเชื้อเป็นแบบ vertical และ horizontal และประโยชน์ต่อพืชอาศัยแบบ NHA และ HA ตัวอย่างรา เช่น *Fusarium culmorum* และ *Curvularia protuberata* เป็นต้น Class 3 เชื้อเจริญบนส่วนของพืชที่อยู่เหนือดิน เช่น ลำต้นและใบ เป็นต้น เชื้อเจริญในพืชแบบเฉพาะที่ การถ่ายทอดเชื้อแบบ horizontal และประโยชน์ต่อพืชแบบ NHA ตัวอย่างรา เช่น *Beauveria bassiana* และ *Colletotrichum* spp. เป็นต้น Class 4 เชื้อเจริญที่รากพืช และเจริญในเนื้อเยื่อพืช การถ่ายทอดเชื้อแบบ horizontal และ ประโยชน์ต่อพืชแบบ NHA ตัวอย่างรา เช่น *Chloridium paucisporum* และ *Phialocephala* spp. เป็นต้น

Maruyama, C. R., Bilesky–José, N., de Lima, R., and Fraceto, L. F., (2020) การพัฒนาอนุภาคโพลีเมอร์ขนาดเล็ก (2,000 และ 800 ไมโครเมตร) เพื่อห่อหุ้ม *Trichoderma harzianum* และศึกษาลักษณะทางเคมีภาพเพื่อประเมินความคงตัว ประเมินผลกระทบต่อดินจุลินทรีย์ ฤทธิ์ต้านเชื้อราในหลอดทดลอง และกิจกรรมของเอนไซม์ การสแกนด้วยกล้อง

จุลทรรศน์อิเล็กตรอน แสดงสัณฐานวิทยาทรงกลม และการห่อหุ้มของ *T. harzianum* การทดสอบความคงตัวของแสงแสดงให้เห็นว่าการห่อหุ้มป้องกันเชื้อราจากรังสีอัลตราไวโอเลต การประเมินจุลินทรีย์พบว่าสัดส่วนของแบคทีเรีย denitrifying เพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับการควบคุม การห่อหุ้ม *T. harzianum* แสดงให้เห็นการปรับปรุงในกิจกรรมไคติโนไลติก และเซลลูโลส การทดสอบในหลอดทดลองพบว่าเชื้อราที่ห่อหุ้มสามารถควบคุม *S. sclerotiorum* ได้มากขึ้น

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การเตรียมราเอนโดไฟท์และราก่อโรคในการทดลอง

ราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* (L1I3) ที่แยกจากต้นสาบเสือซึ่งเป็นพืชสมุนไพรที่มีการทดสอบแล้วว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวในระดับห้องปฏิบัติการจากห้องปฏิบัติการโรคพืชสาขาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา (Nuangmek et al., 2021) และราก่อโรค โดยเลี้ยงในอาหารเลี้ยง potato dextrose agar (PDA) และบ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 7–14 วัน และเชื้อสาเหตุโรคมะเขือเทศคือ *Rhizoctonia solani* (AG–2) และ *Sclerotium rolfsii* (ได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยด้านความหลากหลายของจุลินทรีย์ และการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) *Pythium aphanidermatum* และ *Fusarium oxysporum* (ได้รับความอนุเคราะห์จาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน)

การทดสอบการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ

การทดสอบการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ 10 สายพันธุ์ ได้แก่ Sweet princess, Sweet girl, Sidathepprathan, Phethay, Cherry rady, Sida preaw chomphu, Sweet boy,Gold nugget, Indigo rose และ Kaimook dum โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Factorial in CRD) จำนวน 5 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำๆ ละ 15 เมล็ด ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)

กรรมวิธีที่ 2 แช่สารแขวนสปอร์ *T. phayaoense* ความเข้มข้น 1.0×10^{2} สปอร์ mL^{-1}

กรรมวิธีที่ 3 แช่สารแขวนสปอร์ *T. phayaoense* ความเข้มข้น 1.0×10^{4} สปอร์ mL^{-1}

กรรมวิธีที่ 4 แช่สารแขวนสปอร์ *T. phayaoense* ความเข้มข้น 1.0×10^{6} สปอร์ mL^{-1}

กรรมวิธีที่ 5 แช่สารแขวนสปอร์ *T. phayaoense* ความเข้มข้น 1.0×10^{8} สปอร์ mL^{-1}

แช่เมล็ดด้วย Clorox 5% นาน 1 นาที ตามด้วย Alcohol 95% นาน 1 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น เป็นเวลา 1 นาที ซับด้วยกระดาษที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ ทำการเตรียมสารแขวนลอยสปอร์ของ *T. phayaoense* ที่ระดับความเข้มข้น 1.0×10^{2}, 1.0×10^{4}, 1.0×10^{6} และ 1.0×10^{8}

สปอร์ต่อมิลลิลิตร แช่เมล็ดที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วในสารแขวนลอยในแต่ละกรรมวิธี เป็นระยะเวลา 2 ชั่วโมง นำเมล็ดที่แช่สารแขวนลอยสปอร์ของ *T. phayaoense* มาวางลงบนกระดาษเพาะผึ่งให้แห้ง และเคลือบเมล็ดด้วย Carboxymethylcellulose sodium salt (CMC) ที่ทำหน้าเป็นตัวควบคุมเท่านั้น โดย CMC จะทำหน้าที่เป็นกาว และช่วยในการเคลือบสปอร์บนผิวเมล็ดจากนั้นทำให้แห้งเป็นเวลา 2 ชั่วโมง ในที่ปลอดเชื้อ ความชื้นสัมพัทธ์ 98% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วบันทึกผลการทดลอง (Singh and Kalamdhad, 2013)

การทดสอบการเกิดโรค (Pathogenicity test)

การทดสอบการเกิดโรคราสาเหตุโรคมะเขือเทศ คือ *Rhizoctonia solani* (AG–2), *Pythium aphanidermatum*, *Fusarium oxysporum* และ *Sclerotium rolfsii*

การเตรียมวัสดุเพาะและการเพาะเมล็ด ใช้พีทมอสที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว ใส่ลงในถาดหลุมขนาด 104 หลุม และหยอดเมล็ดลงไปในถาดเพาะชำ หลุมละ 1 เมล็ด

การทดสอบความสามารถในการเกิดโรคในระยะเมล็ดอยู่ในดิน (pre–emergence symptoms) โดยนำเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศเชอร์รี่ สวีทปริ้นเซส นำไปเพาะในถาดเพาะชำขนาด 104 หลุม โดยบรรจุพีทมอสที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว เพาะเมล็ดจำนวน 1 เมล็ดต่อหลุม และปลูกเชื้อราสาเหตุโรคพืช โดยใส่สารแขวนลอยสปอร์รา่ก่อโรค ความเข้มข้น 1.0×10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาณ 10 มิลลิลิตรต่อ 1 ต้น โดยใส่ลงบนบริเวณโคนลำต้นทุกๆ 7 วัน ส่วนชุดควบคุมเติมน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ จากนั้นบันทึกผลเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) จำนวน 5 กรรมวิธีๆ ละ 5 ซ้ำๆ ละ 20 เมล็ด ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ใส่น้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว (ชุดควบคุม)
กรรมวิธีที่ 2 ใส่ราสาเหตุ *Rhizoctonia solani* (AG–2)
กรรมวิธีที่ 3 ใส่ราสาเหตุ *Pythium aphanidermatum*
กรรมวิธีที่ 4 ใส่ราสาเหตุ *Fusarium oxysporum*
กรรมวิธีที่ 5 ใส่ราสาเหตุ *Sclerotium rolfsii*

การทดสอบโรคในระยะต้นกล้า (occurrence of damping–off symptoms) โดยนำเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมาแช่ในน้ำอุ่นนาน 2 ชั่วโมงจากนั้นนำไปหยอดในถาดเพาะขนาด 104 หลุม หลุมละ 1 เมล็ดเมื่อต้นกล้าอายุครบ 14 วัน (มีใบจริงเกิดขึ้น 2 ใบ) ทำการใส่สปอร์ของราก่อโรค ความเข้มข้น 1.0×10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร โดยใส่ราสาเหตุ 10 มิลลิลิตรต่อ 1 ต้น ใส่ลงบน

บริเวณโคนลำต้น ทุกๆ 7 วัน (อภิรัชต์ สมฤทธิ์ และคณะ, 2545) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely randomized design: CRD) จำนวน 6 กรรมวิธีๆ ละ 5 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ใส่น้ำกลั่นที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อแล้ว (ชุดควบคุม)
กรรมวิธีที่ 2 ใส่ราสาเหตุ *Rhizoctonia solani* (AG–2)
กรรมวิธีที่ 3 ใส่ราสาเหตุ *Pythium aphanidermatum*
กรรมวิธีที่ 4 ใส่ราสาเหตุ *Fusarium oxysporum*
กรรมวิธีที่ 5 ใส่ราสาเหตุ *Sclerotium rolfsii*

ทำการบันทึกผลโดยสังเกตลักษณะการเกิดโรคเหี่ยวของต้นกล้ามะเขือเทศ และคำนวณเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค ตามวิธีของ (Abdalla, 1986) และ (Aegerter, B. J., Gordon, T. R., and Davis, R. M. 2000) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค จากสูตร Disease incidence: DI (%) = (จำนวนต้นที่เกิดโรค / จำนวนต้นทั้งหมด) x 100

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* ต่อการยับยั้งราสาเหตุ *Rhizoctonia solani* (AG–2), *Fusarium oxysporum*, *Pythium aphanidermatum* และ *Sclerotium rolfsii* ในห้องปฏิบัติการโดยวิธี dual culture

นำราเอนโดไฟท์มาทดสอบการยับยั้งการเจริญของราสาเหตุ ด้วยวิธี dual culture (Skidmore and Dickinson, 1976) โดยวางราเอนโดไฟท์ร่วมกับราสาเหตุโรคพืช นำราเอนโดไฟท์ *T. phayaoense* เจาะบริเวณขอบโคโลนีเช่นเดียวกับราสาเหตุโรคพืช วางในแนวตรงข้ามชิ้นวุ้นรา ราสาเหตุโรค โดยห่างจากขอบจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ซม. ส่วนชุดควบคุมวางราสาเหตุก่อโรคห่างจากขอบจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ซม. เพียงอย่างเดียว บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน ทำการทดลอง 4 กรรมวิธีๆ ละ 3 ซ้ำ จากนั้นวัดรัศมีการเจริญของเส้นใยของราสาเหตุโรคพืช ในจานทดสอบและจานควบคุม คำนวณเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของราโรคพืช (Percent inhibition of radial growth: PIRG) (เกษม สร้อยทอง, 2532)

กรรมวิธีที่ 1 ใส่รา *T. phayaoense + Pythium aphanidermatum*

กรรมวิธีที่ 2 ใส่รา *T. phayaoense + Rhizoctonia solani* (AG–2)

กรรมวิธีที่ 3 ใส่รา *T. phayaoense + Sclerotium rolfsii*

กรรมวิธีที่ 4 ใส่รา *T. phayaoense + Fusarium oxysporum*

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของราโรคพืช (PIRG) = ((R1–R2) / R1) x 100

เมื่อ R1 = ความยาวรัศมีของโคโลนีราก่อโรคพืชในจานควบคุม

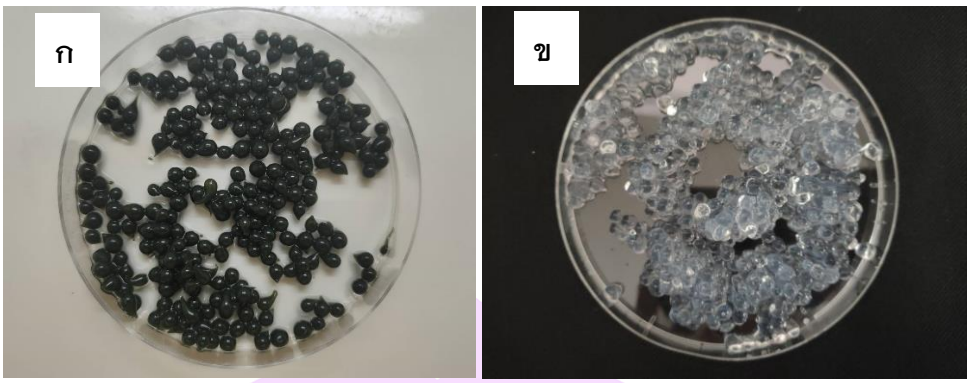
R2 = ความยาวรัศมีของโคโลนีราก่อโรคพืชในจานทดสอบ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพจากราเอนโดไฟท์ *Trichodema phayaoense* (L113) เคลือบAlginate ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโต การควบคุมโรค และคุณภาพ ในมะเขือเทศระดับโรงเรือน

(1) การเตรียมปุ๋ยชีวภาพจากราเอนโดไฟท์ *Trichodema phayaoense* เคลือบ alginate

เตรียมโดยใช้วิธีไอออส์นิกอะซิทิลเลชัน ซึ่งเป็นการใส่อัลจิเนต (ALG – Sigma–Aldrich) ผสมกับสารแขวนลอยสปอร์ของรา *T. phayaoense* หยดลงในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ ($CaCl_2$ – Synth) (Dos Santos et al., 2015) เตรียมสารละลาย ALG 2% ตามด้วยสารแขวนลอยสปอร์รา *Trichodema phayaoense* (2%, w:v) และกวนให้เข้ากันเป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อให้ได้ส่วนผสมที่เป็นเนื้อเดียวกัน สารละลายแอลจิเนตที่มีรา *T. phayaoense* (1:1 / v:v) หยดลงในสารละลาย $CaCl_2$ 0.1 โมล L^{-1} กวนบนเครื่องกวนสาร Hotplate Stirrer ในภาชนะแก้วปลอดเชื้อ ปริมาณสปอร์เริ่มต้นเฉลี่ยในอนุภาคขนาดเล็กที่มีเชื้อราที่ห่อหุ้มอยู่ที่ประมาณ 1.0×10^8 สปอร์ mL^{-1} **(ภาพ 3)**



ภาพ 3 ปุ๋ยชีวภาพจากราเอนโดไฟท์ *Trichodema phayaoense* เคลือบ alginate

หมายเหตุ: [ก= ปุ๋ยชีวภาพจากราเอนโดไฟท์ *Trichodema phayaoense* เคลือบ alginate, ข= alginate beads)

(2) การศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L1I3) ต่อการควบคุมราสาเหตุก่อโรคของมะเขือเทศ ระยะต้นกล้าในระดับโรงเรือน (*In vivo*)

การศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตและควบคุมโรคจากรา *Pythium aphanidermatum* และ *Rhizoctonia solani* (AG–2) สาเหตุโรคเน่าคอดิน *Sclerotium rolfsii* สาเหตุโรครากเน่า และ *Fusarium oxysporum* สาเหตุโรคเหี่ยวในมะเขือเทศพันธุ์ sweet princess ในระดับโรงเรือน โดยเพาะต้นกล้ามะเขือเทศลงในถาดหลุมขนาด 104 หลุม ที่มีพีทมอส จำนวน 1 เมล็ดต่อหลุม ให้น้ำปุ๋ย Stock A และ ปุ๋ย Stock B วันละ 2 ครั้ง (ช่วงเช้า–เย็น) เมื่อต้นกล้าอายุได้ 14 วัน จึงย้ายปลูกในถุงปลูกขนาด 9 x 18 นิ้ว ถุงละ 1 ต้น ปลูกในระบบ Substrate โดยใช้วัสดุปลูกเป็นมะพร้าวสับที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อ ถุงละ 1 กิโลกรัม นำปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* ที่เตรียมไว้ใส่ในถุงเพาะ ในอัตรา 1 กรัมต่อ 1 ถุง จำนวน 2 ครั้ง ได้แก่ เมื่อมะเขือเทศอายุ 14 และ 21 วัน จากนั้นเมื่อมะเขือเทศอายุ 28 วัน ทำการปลูกเชื้อสาเหตุโรค โดยใช้สารแขวนลอยสปอร์ความเข้มข้น 1.0×10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร และผสม Tween 80 ความเข้มข้น 0.1% ที่นึ่งฆ่าเชื้อแล้ว และเทลงไปในถุงเพาะ ถุงละ 5 มิลลิลิตร โดยหยอดให้เชื้อกระจายทั่วถุง วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design : RCBD) ทำการทดลองทั้งหมด 9 กรรมวิธีๆ ละ 5 ซ้ำๆ ละ 5 ต้น ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (วัสดุปลูก+อัลจิเนต)
กรรมวิธีที่ 2 ใส่รา *Pythium aphanidermatum*
กรรมวิธีที่ 3 ใส่รา *Rhizoctonia solani* (AG–2)
กรรมวิธีที่ 4 ใส่รา *Sclerotium rolfsii*

กรรมวิธีที่ 5 ใส่รา *Fusarium oxysporum*

กรรมวิธีที่ 6 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต จำนวน 2 ครั้ง เมื่อมะเขือเทศอายุ 14, และ 21 วัน + *Pythium aphanidermatum*

กรรมวิธีที่ 7 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต จำนวน 2 ครั้ง เมื่อมะเขือเทศอายุ 14, และ 21 วัน + *Rhizoctonia solani* (AG–2)

กรรมวิธีที่ 8 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต จำนวน 2 ครั้ง เมื่อมะเขือเทศอายุ 14, และ 21 วัน + *Sclerotium rolfsii*

กรรมวิธีที่ 9 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต จำนวน 2 ครั้ง เมื่อมะเขือเทศอายุ 14, และ 21 วัน + *Fusarium oxysporum*

ทำการประเมินระดับความรุนแรงการเกิดโรคเน่าคอดิน และโรครากเน่าตาม (ยุทธศักดิ์ และคณะ, 2555) ตามมาตราส่วนการให้คะแนน 0–5 โดยบันทึกหลังจากการปลูกถ่ายเชื้อบนมะเขือเทศเป็นเวลา 28 วัน โดยที่

0 = ไม่มีอาการ

1 = รอยโรคยาว < 2.5 มม.

2 = รอยโรค ความยาวตั้งแต่ 2.5 ถึง 5 มม.

3 = ความยาวแผล > 5 มม.

4 = แผลพันรอบลำต้น

5 = พืชร่วงโรยหรือตาย

ทำการบันทึกผลความรุนแรงของโรค (disease severity) ซึ่งมีระดับความรุนแรงของโรคโรคเหี่ยว อยู่ที่ 1–6 ระดับ โดยบันทึกหลังจากการปลูกถ่ายเชื้อบนมะเขือเทศเป็นเวลา 28 วัน โดยปรับเปลี่ยนมาจากวิธีของ (Sibounnavong, P., Keoudone, C., Soytong, K., Divina, C. C., and Kalaw, S. P., 2010) ดังนี้

1 = ไม่มีอาการ

2 = มีอาการบนใบ 1–20 เปอร์เซ็นต์ (ใบล่างเริ่มเปลี่ยนเป็นสีเหลือง)

3 = พืชมีใบเหลืองและ เหี่ยวแห้ง 21–40 เปอร์เซ็นต์

4 = พืชมีใบเหลืองและเหี่ยวแห้ง 41–60 เปอร์เซ็นต์

5 = พืชมีใบเหลืองและเหี่ยวแห้ง 61–80 เปอร์เซ็นต์ (ใบมีสีน้ำตาลเกือบถึงยอด)

6 = ต้น ใบเหลืองและเหี่ยวแห้ง 81–100 เปอร์เซ็นต์ หรือตาย

นำค่าที่ได้ไปคำนวณดัชนีการเกิดโรค (disease severity index, DSI) ด้วยสูตรของ (Kumar et al., 2014) ดังนี้

$$DSI = \frac{\Sigma(ni \times i)}{n \times 5} \times 100$$

โดย i = ระดับความรุนแรงของโรค (1, 2, 3, 4, 5 หรือ 6)

ni = จำนวนต้นที่มีอาการในระดับ i

n = จำนวนต้นทั้งหมดในชุดการทดลองแต่ละชุด

(3) การศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพจากเชื้อรา *T. phayaoense* (L1I3) เคลือบอัลจิเนต ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ 3 สายพันธุ์ ในระดับโรงเรือน

โดยเพาะต้นกล้ามะเขือเทศ 3 สายพันธุ์ ได้แก่ sweet princess sweet boy และ indigo rose ลงในถาดหลุม ขนาด 104 หลุม ที่มีพีทมอส จำนวน 1 เมล็ดต่อหลุม ให้น้ำปุ๋ย Stock A และ ปุ๋ย Stock B วันละ 2 ครั้ง (ช่วงเช้า–เย็น) เมื่อต้นกล้าอายุได้ 14 วัน จึงย้ายปลูกในถุงปลูกขนาด 9 x 18 นิ้ว ถุงละ 1 ต้น ปลูกในระบบ Substrate นำปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* ที่เตรียมไว้ใส่ในถุงเพาะ ในอัตรา 1 กรัมต่อ 1 ถุง ทุก ๆ 7 วัน จนเก็บผลผลิต โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomize design: CRD) วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA โดยใช้โปรแกรม R สำหรับ Windows และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DVRIT) เพื่อใช้เพื่อระบุความแตกต่างที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำการทดลองทั้งหมด 5 กรรมวิธีๆ 3 ซ้ำๆ ละ 5 ต้น ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (วัสดุปลูก)

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

วิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี และปริมาณธาตุอาหารในดินก่อนการทดลองปลูกพืช และหลังการเก็บเกี่ยวพืช บันทึกผลการเจริญเติบโต และผลผลิต วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีด้วยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan’s Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

การบันทึกผลการทดลอง มีดังนี้

1. วัดการเจริญเติบโต เก็บข้อความสูงของต้นมะเขือเทศ โดยวัดความสูงของต้นมะเขือเทศจากระดับคอรากถึงส่วนยอด และความยาวราก

2. ชั่งน้ำหนักแห้งของต้นมะเขือเทศ หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยนำรากมาล้างให้สะอาด ระมัดระวังอย่าให้รากขาด จากนั้นตัดบริเวณส่วนเหนือดิน และส่วนของรากแยกออกจากกัน แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักแห้งส่วนที่อยู่เหนือดิน และน้ำหนักแห้งส่วนรากของกล้าไม้แต่ละต้น และนำมาคำนวณดังนี้

$$\text{ECM dependency} = \frac{(\text{Biomass of ECM plant} - \text{Biomass of non ECM plant}) \times 100}{\text{Biomass of ECM plant}}$$

3. วิเคราะห์คุณภาพมะเขือเทศ เก็บข้อมูล น้ำหนักผลสด ความแน่นเนื้อ ค่าสี ปริมาณไลโคปีน ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ปริมาณวิตามินซี ปริมาณของทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ค่า pH และนำข้อมูลมาเปรียบเทียบกันในแต่ละกรรมวิธี โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูลด้วยวิธี Analysis of Variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธีด้วย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การทดสอบการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ

การทดสอบความเข้มข้นที่เหมาะสมของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* (L1I3) ต่อการกระตุ้นการงอกของเมล็ดมะเขือเทศ 10 สายพันธุ์ โดยเริ่มนับจากวันที่ 2 หลังจากเพาะ พบว่าสารแขวนลอยสปอร์ของรา *T. phayaoense* (L1I3) ที่ระดับความเข้มข้น 1.0×10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมากที่สุดถึง 7 สายพันธุ์ ได้แก่ Sweet girl, Phethay, Cherry rady, Sida praewchomphu, Sweet boy, Gold nugget และ Indigo rose โดยมีอัตราการงอกของเมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 29.35%, 11.24%, 9.87%, 9.36%, 40.78%, 13.35% และ 11.28% ตามลำดับ รองลงมาคือสารแขวนลอยสปอร์ของรา *T. phayaoense* (L1I3) ที่ระดับความเข้มข้น 1.0×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ 2 สายพันธุ์ ได้แก่ Sida thepprathan และ Kaimook dum มีอัตราการงอกของเมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 35.45% และ 15.63% ตามลำดับ และสารแขวนลอยสปอร์ของรา *T. phayaoense* (L1I3) ที่ระดับความเข้มข้น 1.0×10^2 สปอร์ต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ 1 สายพันธุ์ ได้แก่ Sweet princess มีอัตราการงอกของเมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 35.78% **(ตาราง 1 – 10, ภาพ 4 – 5)**

ตาราง 1 การทดสอบอัตราการงอกของมะเขือเทศพันธุ์ Sweet princess

กรรมวิธี	อัตราการงอก (นับจากวันที่เริ่มปลูก) (%)			
	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)	20.12 ± 0.57^{b}	56.65 ± 1.45^{c}	80.78 ± 0.57^{b}	80.47 ± 0.57^{b}
T. phayaoense 1.0 × 10^{2} spores/ml^{-1}	35.78 ± 1.15^{a}	86.65 ± 0.81^{a}	93.35 ± 0.33^{a}	93.35 ± 0.33^{a}
T. phayaoense 1.0 × 10^{4} spores/ml^{-1}	33.35 ± 0.67^{a}	78.35 ± 0.76^{ab}	88.32 ± 1.20^{ab}	88.35 ± 1.20^{ab}
T. phayaoense 1.0 × 10^{6} spores/ml^{-1}	16.65 ± 0.33^{c}	71.65 ± 0.88^{ab}	91.65 ± 0.33^{a}	91.65 ± 0.33^{a}
T. phayaoense 1.0 × 10^{8} spores/ml^{-1}	16.65 ± 1.20^{c}	63.35 ± 1.45^{b}	85.39 ± 0.21^{b}	85.14 ± 0.14^{b}
F-test	*	*	*	*
%CV	18.05	16.63	5.71	5.88

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง 2 การทดสอบอัตราการงอกของมะเขือเทศพันธุ์ Sweet girl

กรรมวิธี	อัตราการงอก (นับจากวันที่เริ่มปลูก) (%)			
	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)	24.17 ± 0.87^{ab}	58.35 ± 0.33^{ab}	75.86 ± 0.58^{b}	90.14 ± 0.58^{b}
T. phayaoense 1.0 × 10^{2} spores/ml^{-1}	24.89 ± 0.49^{ab}	59.35 ± 2.03^{a}	85.64 ± 0.48^{a}	95.57 ± 0.58^{ab}
T. phayaoense 1.0 × 10^{4} spores/ml^{-1}	23.65 ± 0.12^{b}	56.65 ± 1.76^{b}	83.35 ± 0.88^{ab}	95.57 ± 0.87^{ab}
T. phayaoense 1.0 × 10^{6} spores/ml^{-1}	26.35 ± 1.34^{ab}	58.35 ± 1.20^{ab}	83.35 ± 1.20^{ab}	96.65 ± 0.67^{a}
T. phayaoense 1.0 × 10^{8} spores/ml^{-1}	29.35 ± 0.38^{a}	58.35 ± 0.66^{ab}	83.35 ± 1.85^{ab}	91.65 ± 0.88^{b}
F-test	*	*	*	*
%CV	8.90	1.67	4.54	3.03

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง 3 การทดสอบอัตราการงอกของมะเขือเทศพันธุ์ Sida thepprathan

กรรมวิธี	อัตราการงอก (นับจากวันที่เริ่มปลูก) (%)			
	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)	31.25 ± 0.24^{b}	65.68 ± 1.00^{b}	88.35 ± 1.86^{a}	89.47 ± 1.53^{b}
T. phayaoense 1.0 × 10^{2} spores/ml^{-1}	31.17 ± 0.13^{b}	63.35 ± 0.88^{b}	85.74 ± 1.15^{b}	88.35 ± 0.58^{b}
T. phayaoense 1.0 × 10^{4} spores/ml^{-1}	29.23 ± 0.79^{b}	58.35 ± 1.20^{c}	83.35 ± 0.88^{bc}	90.78 ± 1.52^{b}
T. phayaoense 1.0 × 10^{6} spores/ml^{-1}	35.45 ± 1.28^{a}	63.35 ± 0.88^{b}	81.65 ± 1.20^{c}	95.23 ± 0.88^{a}
T. phayaoense 1.0 × 10^{8} spores/ml^{-1}	31.21 ± 0.40^{b}	76.65 ± 1.45^{a}	85.95 ± 0.58^{b}	95.12 ± 0.58^{a}
F-test	*	*	*	*
%CV	7.21	10.38	3.03	3.49

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง 4 การทดสอบอัตราการงอกของมะเขือเทศพันธุ์ Phethay

กรรมวิธี	อัตราการงอก (นับจากวันที่เริ่มปลูก) (%)			
	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)	7.31 ± 0.48^{b}	41.45 ± 0.58^{c}	95.78 ± 0.58^{a}	98.35 ± 0.33^{a}
T. phayaoense 1.0 × 10^{2} spores/ml^{-1}	8.47 ± 0.14^{ab}	57.14 ± 0.36^{a}	91.65 ± 0.33^{b}	96.65 ± 0.67^{ab}
T. phayaoense 1.0 × 10^{4} spores/ml^{-1}	8.17 ± 0.69^{ab}	58.34 ± 0.57^{a}	91.65 ± 0.74^{b}	93.35 ± 0.34^{b}
T. phayaoense 1.0 × 10^{6} spores/ml^{-1}	9.48 ± 0.35^{a}	52.76 ± 0.33^{b}	96.65 ± 0.31^{a}	98.35 ± 0.37^{ab}
T. phayaoense 1.0 × 10^{8} spores/ml^{-1}	11.24 ± 1.25^{a}	61.58 ± 0.33^{a}	98.35 ± 0.58^{a}	99.67 ± 0.07^{a}
F-test	*	*	*	*
%CV	16.4	14.42	3.20	2.51

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง 5 การทดสอบอัตราการงอกของมะเขือเทศพันธุ์ Cherry rady

กรรมวิธี	อัตราการงอก (นับจากวันที่เริ่มปลูก) (%)			
	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)	6.48 ± 1.25^{b}	37.25 ± 0.23^{b}	80.12 ± 0.34^{c}	85.96 ± 0.88^{c}
T. phayaoense 1.0 × 10^{2} spores/ml^{-1}	6.32 ± 0.87^{b}	41.78 ± 0.58^{ab}	93.35 ± 0.85^{a}	96.65 ± 0.33^{a}
T. phayaoense 1.0 × 10^{4} spores/ml^{-1}	8.45 ± 0.69^{a}	48.36 ± 1.24^{a}	91.65 ± 0.69^{ab}	96.65 ± 0.33^{a}
T. phayaoense 1.0 × 10^{6} spores/ml^{-1}	8.36 ± 1.21^{a}	46.24 ± 0.89^{a}	86.65 ± 0.47^{b}	91.65 ± 0.78^{b}
T. phayaoense 1.0 × 10^{8} spores/ml^{-1}	9.87 ± 0.89^{a}	45.12 ± 0.17^{a}	91.65 ± 0.57^{ab}	91.65 ± 0.47^{b}
F-test	*	*	*	*
%CV	18.90	9.93	6.09	4.79

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง 6 การทดสอบอัตราการงอกของมะเขือเทศพันธุ์ Sida praewchomphu

กรรมวิธี	อัตราการงอก (นับจากวันที่เริ่มปลูก) (%)			
	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)	9.85 ± 0.14^{a}	48.36 ± 0.25^{b}	91.65 ± 0.25^{a}	96.65 ± 0.21^{b}
T. phayaoense 1.0 × 10^{2} spores/ml^{-1}	6.25 ± 0.69^{d}	51.21 ± 0.89^{b}	85.24 ± 0.47^{b}	99.34 ± 0.17^{a}
T. phayaoense 1.0 × 10^{4} spores/ml^{-1}	7.36 ± 0.78^{c}	47.23 ± 0.64^{b}	88.35 ± 0.69^{ab}	95.89 ± 0.89^{b}
T. phayaoense 1.0 × 10^{6} spores/ml^{-1}	8.48 ± 0.35^{b}	46.23 ± 0.35^{b}	90.45 ± 0.38^{ab}	93.35 ± 0.54^{b}
T. phayaoense 1.0 × 10^{8} spores/ml^{-1}	9.36 ± 0.12^{a}	58.36 ± 0.79^{a}	96.65 ± 0.49^{a}	99.45 ± 0.64^{a}
F-test	*	*	*	*
%CV	17.79	9.72	4.77	2.76

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง 7 การทดสอบอัตราการงอกของมะเขือเทศพันธุ์ Sweet boy

กรรมวิธี	อัตราการงอก (นับจากวันที่เริ่มปลูก) (%)			
	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)	21.25 ± 0.12^{b}	50.78 ± 0.14^{b}	61.23 ± 0.78^{b}	71.36 ± 0.78^{c}
T. phayaoense 1.0 × 10^{2} spores/ml^{-1}	25.35 ± 0.14^{b}	53.35 ± 0.98^{b}	63.35 ± 0.36^{b}	70.56 ± 0.14^{c}
T. phayaoense 1.0 × 10^{4} spores/ml^{-1}	25.35 ± 0.65^{b}	53.35 ± 0.14^{b}	65.67 ± 0.47^{b}	70.89 ± 0.36^{c}
T. phayaoense 1.0 × 10^{6} spores/ml^{-1}	36.65 ± 0.78^{b}	56.65 ± 0.32^{b}	68.35 ± 0.87^{b}	80.78 ± 0.58^{b}
T. phayaoense 1.0 × 10^{8} spores/ml^{-1}	40.78 ± 0.93^{a}	75.36 ± 0.54^{a}	86.65 ± 0.87^{a}	95.14 ± 0.14^{a}
F-test	*	*	*	*
%CV	18.01	17.24	14.76	13.66

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง 8 การทดสอบอัตราการงอกของมะเขือเทศพันธุ์ Gold nugget

กรรมวิธี	อัตราการงอก (นับจากวันที่เริ่มปลูก) (%)			
	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)	6.65 ± 0.45^{c}	31.65 ± 0.17^{b}	68.35 ± 0.47^{b}	73.35 ± 0.13^{b}
T. phayaoense 1.0 × 10^{2} spores/ml^{-1}	6.65 ± 0.65^{c}	35.61 ± 0.36^{a}	75.94 ± 0.14^{a}	81.65 ± 0.29^{ab}
T. phayaoense 1.0 × 10^{4} spores/ml^{-1}	8.35 ± 0.14^{c}	23.35 ± 0.24^{c}	71.65 ± 0.38^{b}	84.65 ± 0.11^{a}
T. phayaoense 1.0 × 10^{6} spores/ml^{-1}	10.24 ± 0.87^{b}	25.49 ± 0.89^{c}	70.13 ± 0.89^{b}	85.34 ± 0.47^{a}
T. phayaoense 1.0 × 10^{8} spores/ml^{-1}	13.35 ± 0.52^{a}	36.65 ± 0.47^{a}	78.35 ± 0.32^{a}	86.65 ± 0.85^{a}
F-test	*	*	*	*
%CV	11.22	19.47	5.70	6.49

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตาราง 9 การทดสอบอัตราการงอกของมะเขือเทศพันธุ์ Indigo rose

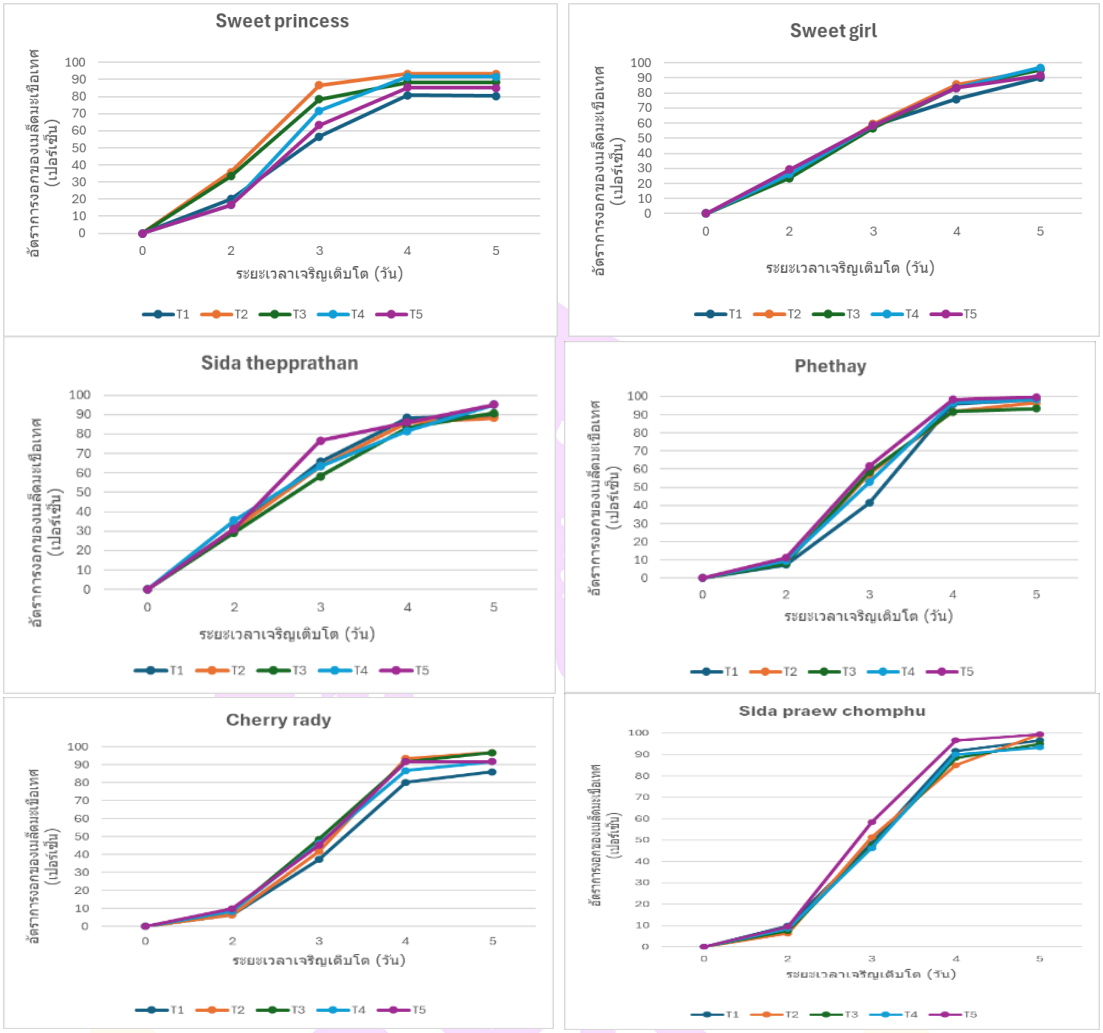
กรรมวิธี	อัตราการงอก (นับจากวันที่เริ่มปลูก) (%)			
	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)	11.58 ± 0.12^{a}	37.65 ± 0.36^{b}	85.69 ± 0.25^{b}	91.35 ± 0.14^{a}
T. phayaoense 1.0 × 10^{2} spores/ml^{-1}	9.86 ± 0.65^{b}	45.69 ± 0.41^{a}	88.35 ± 0.65^{a}	93.35 ± 0.58^{b}
T. phayaoense 1.0 × 10^{4} spores/ml^{-1}	10.34 ± 0.78^{b}	48.79 ± 0.65^{a}	90.36 ± 0.78^{a}	96.65 ± 0.65^{b}
T. phayaoense 1.0 × 10^{6} spores/ml^{-1}	10.69 ± 0.45^{b}	49.35 ± 0.39^{a}	88.35 ± 1.21^{a}	91.65 ± 014^{b}
T. phayaoense 1.0 × 10^{8} spores/ml^{-1}	11.28 ± 0.67^{a}	45.12 ± 0.12^{a}	86.65 ± 0.94^{b}	90.12 ± 0.35^{b}
F-test	*	*	*	*
%CV	6.47	10.31	2.04	3.64

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

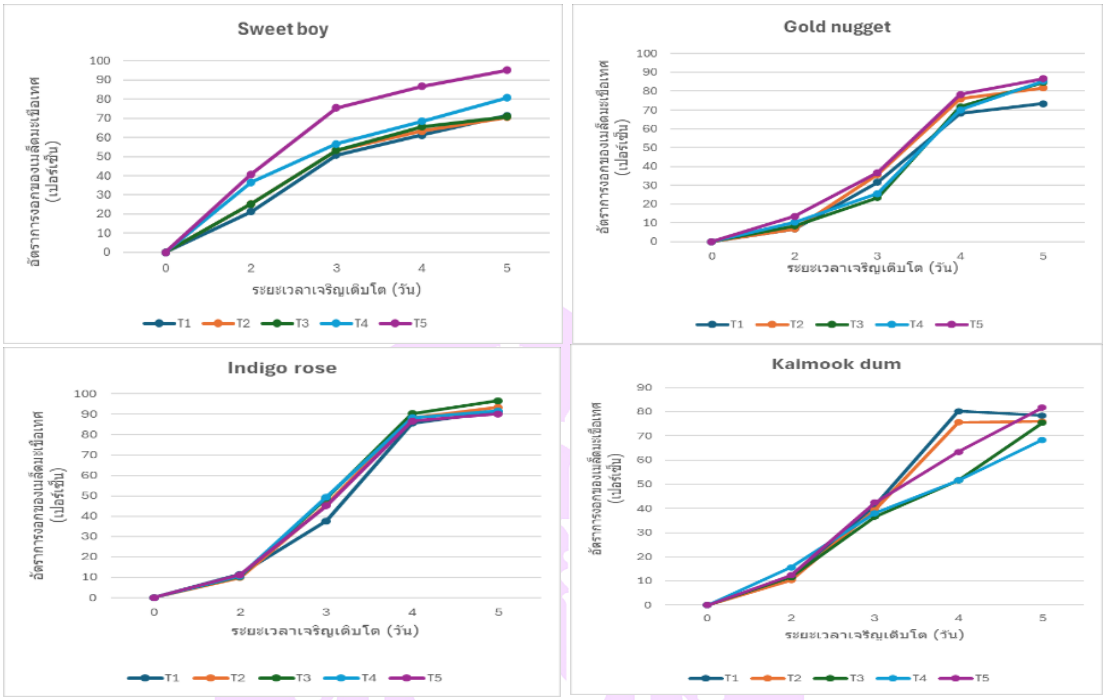
ตาราง 10 การทดสอบอัตราการงอกของมะเขือเทศพันธุ์ Kaimook dum

กรรมวิธี	อัตราการงอก (นับจากวันที่เริ่มปลูก) (%)			
	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4	วันที่ 5
ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)	11.28 ± 0.12^{b}	41.23 ± 0.25^{a}	80.23 ± 1.13^{a}	78.35 ± 0.68^{b}
T. phayaoense 1.0 × 10^{2} spores/ml^{-1}	10.36 ± 0.25^{b}	39.35 ± 0.39^{a}	75.63 ± 0.67^{b}	75.89 ± 1.19^{b}
T. phayaoense 1.0 × 10^{4} spores/ml^{-1}	11.54 ± 0.69^{b}	36.58 ± 0.18^{b}	51.65 ± 0.74^{c}	75.36 ± 0.58^{b}
T. phayaoense 1.0 × 10^{6} spores/ml^{-1}	15.63 ± 0.21^{a}	37.98 ± 0.24^{b}	51.65 ± 0.69^{c}	68.35 ± 0.88^{c}
T. phayaoense 1.0 × 10^{8} spores/ml^{-1}	12.36 ± 0.87^{b}	42.36 ± 0.65^{a}	63.35 ± 1.12^{bc}	81.65 ± 0.67^{a}
F-test	*	*	*	*
%CV	16.58	5.94	10.55	6.46

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพ 4 ผลของความเข้มข้นของ *Trichoderma phayaoense* ต่ออัตราการงอกของมะเขือเทศ 6 สายพันธุ์ [ชุดควบคุม (T1), 1.0 × 10^2 spores/mL^{-1} (T2), 1.0 × 10^4 spores/mL^{-1} (T3), 1.0 × 10^6 spores/mL^{-1} (T4), 1.0 × 10^8 spores/mL^{-1} (T5)]



ภาพ 5 ผลของความเข้มข้นของ *Trichoderma phayaoense* (L1I3) ต่ออัตราการงอกของมะเขือเทศ 4 สายพันธุ์ [ชุดควบคุม (T1), 1.0 × 10^2 spores/mL^{-1} (T2), 1.0 × 10^4 spores/mL^{-1} (T3), 1.0 × 10^6 spores/mL^{-1} (T4), 1.0 × 10^8 spores/mL^{-1} (T5)]

ความสูงของต้นกล้ามะเขือเทศจำนวน 10 สายพันธุ์ พบว่าสารแขวนลอยสปอร์ของรา *T. phayaoense* (L1I3) ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 × 10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ทำให้ต้นกล้ามะเขือเทศ จำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ Sweet princess, Sweet girl, Phethay, Cherry rady และ Kaimook dum มีความสูงมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 5.07, 3.55, 3.67, 4.10 และ 3.57 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่สารแขวนลอยสปอร์ของรา *T. phayaoense* (L1I3) ความเข้มข้น 1.0 × 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ทำให้ต้นกล้ามะเขือเทศ จำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ พันธุ์ Sida praew chomphu, Sweet boy และ Gold nugget มีความสูงของต้นกล้ามะเขือเทศมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 3.93, 5.56 และ 3.27 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนที่สารแขวนลอยสปอร์ของรา *T. phayaoense* (L1I3) ความเข้มข้น 1.0 × 10^4 และ 1.0 × 10^2 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ทำให้ต้นกล้ามะเขือเทศพันธุ์ Indigo rose และ พันธุ์ Sida thepprathan มีความสูงของต้นกล้ามะเขือเทศมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 3.03 และ 4.77 เซนติเมตร ตามลำดับ **(ตาราง 11, ภาพ 6 – 7)**

ด้านความยาวรากของกล้ามะเขือเทศจำนวน 10 สายพันธุ์ พบว่าสารแขวนลอยสปอร์ของรา *T. phayaoense* (L1I3) ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 × 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร มีความยาว

รากของต้นกล้ามะเขือเทศพันธุ์ Sweet girl, Phethay และ Sida praew chomphu มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 5.40, 6.43 และ 5.90 เซนติเมตร ตามลำดับ ในขณะที่สารแขวนลอยสปอร์ของรา *T. phayaoense* (L1I3) ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 × 10^4 สปอร์ต่อมิลลิลิตร มีความยาวรากของต้นกล้ามะเขือเทศพันธุ์ Sida thepprathan, Sweet boy, Gold nugget และ Indigo rose มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 4.27, 5.43, 4.37 และ 4.00 เซนติเมตร และสารแขวนลอยสปอร์ของรา *T. phayaoense* (L1I3) ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 × 10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร มีความยาวรากของต้นกล้ามะเขือเทศพันธุ์ Cherry rady และ Kaimook dum มากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 4.47 และ 4.07 เซนติเมตร ส่วนชุดควบคุมมีความยาวรากของต้นกล้ามะเขือเทศพันธุ์ Sweet princess มากที่สุด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.33 เซนติเมตร **(ตาราง 12, ภาพ 6 – 7)**

ตาราง 11 การทดสอบการเจริญเติบโตด้านความสูงของต้นกล้ามะเขือเทศจำนวน 10 สายพันธุ์

กรรมวิธี	ความสูง (เซนติเมตร)									
	พันธุ์มะเขือเทศ									
	Sweet princess	Sweet girl	Sida Thepprathan	Phethay	Cherry rady	Sida praew chomphu	Sweet boy	Gold nugget	Indigo rose	Kaimook dum
กรรมวิธีที่ 1	4.60 ± 0.50^{a}	2.81 ± 0.40^{b}	4.10 ± 0.68^{ab}	3.07 ± 0.17^{b}	2.80 ± 0.10^{b}	3.13 ± 0.88^{b}	5.00 ± 0.20^{ab}	2.50 ± 0.10^{c}	2.37 ± 0.13^{c}	2.50 ± 0.21^{b}
กรรมวิธีที่ 2	4.33 ± 0.24^{ab}	2.85 ± 0.30^{b}	4.77 ± 0.19^{a}	3.13 ± 0.18^{ab}	3.77 ± 0.27^{ab}	3.60 ± 0.25^{a}	4.73 ± 0.22^{ab}	2.60 ± 0.21^{bc}	2.50 ± 0.15^{bc}	2.90 ± 0.25^{b}
กรรมวิธีที่ 3	4.53 ± 0.19^{ab}	2.86 ± 0.24^{b}	4.20 ± 0.32^{a}	3.07 ± 0.29^{b}	3.37 ± 0.15^{ab}	2.97 ± 0.88^{b}	5.10 ± 0.10^{ab}	2.67 ± 0.12^{bc}	3.03 ± 0.03^{a}	3.20 ± 0.25^{a}
กรรมวิธีที่ 4	4.23 ± 0.27^{b}	3.49 ± 0.26^{a}	3.87 ± 0.29^{b}	3.30 ± 0.00^{ab}	3.57 ± 0.07^{ab}	3.93 ± 0.88^{a}	5.56 ± 0.03^{a}	3.27 ± 0.28^{a}	2.73 ± 0.67^{ab}	3.40 ± 0.20^{a}
กรรมวิธีที่ 5	5.07 ± 0.53^{a}	3.55 ± 0.17^{a}	3.83 ± 0.67^{b}	3.67 ± 0.03^{b}	4.10 ± 0.70^{a}	3.80 ± 0.12^{a}	4.47 ± 0.58^{b}	3.13 ± 0.12^{ab}	2.53 ± 0.08^{bc}	3.57 ± 0.33^{a}
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
%CV	7.15	12.00	9.08	7.82	13.78	12.70	8.32	12.11	9.77	13.62

หมายเหตุ ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม

กรรมวิธีที่ 2 ความเข้มข้นของ *Trichoderma phayaoense* 1.0×10^{2} spores/ml^{-1}

กรรมวิธีที่ 3 ความเข้มข้นของ *Trichoderma phayaoense* 1.0×10^{4} spores/ml^{-1}

กรรมวิธีที่ 4 ความเข้มข้นของ *Trichoderma phayaoense* 1.0×10^{6} spores/ml^{-1}

กรรมวิธีที่ 5 ความเข้มข้นของ *Trichoderma phayaoense* 1.0×10^{8} spores/ml^{-1}

ตาราง 12 การทดสอบการเจริญเติบโตด้านความยาวรากของต้นกล้ามะเขือเทศจำนวน 10 สายพันธุ์

กรรมวิธี	ความสูง (เซนติเมตร)									
	พันธุ์มะเขือเทศ									
	Sweet princess	Sweet girl	Sida thepprathan	Phethay	Cherry rady	Sida praew chomphu	Sweet boy	Gold nugget	Indigo rose	Kaimook dum
กรรมวิธีที่ 1	5.33 ± 0.32^{a}	4.73 ± 0.80^{b}	3.77 ± 0.43^{b}	5.70 ± 0.25^{b}	3.87 ± 0.24^{b}	4.33 ± 0.26^{b}	5.07 ± 0.45^{b}	3.67 ± 0.26^{ab}	3.43 ± 0.18^{b}	3.70 ± 0.25^{b}
กรรมวิธีที่ 2	4.97 ± 0.22^{ab}	5.17 ± 0.03^{a}	4.23 ± 0.47^{a}	5.60 ± 0.20^{b}	4.13 ± 0.54^{ab}	5.37 ± 0.55^{ab}	5.13 ± 0.27^{b}	3.30 ± 0.10^{b}	3.67 ± 0.12^{ab}	3.73 ± 0.12^{b}
กรรมวิธีที่ 3	5.03 ± 0.46^{a}	4.70 ± 0.20^{b}	4.27 ± 0.32^{a}	5.93 ± 0.24^{ab}	3.90 ± 0.25^{b}	4.63 ± 0.19^{b}	5.43 ± 0.23^{a}	4.37 ± 0.37^{a}	4.00 ± 0.31^{a}	3.93 ± 0.29^{a}
กรรมวิธีที่ 4	4.20 ± 0.41^{b}	5.40 ± 0.30^{a}	4.03 ± 0.54^{a}	6.43 ± 0.42^{a}	4.33 ± 0.38^{a}	5.90 ± 0.15^{a}	5.33 ± 0.23^{a}	4.23 ± 0.22^{a}	3.83 ± 0.18^{a}	3.87 ± 0.27^{a}
กรรมวิธีที่ 5	4.93 ± 0.47^{ab}	5.27 ± 0.38^{a}	4.27 ± 0.66^{a}	5.87 ± 0.07^{ab}	4.47 ± 0.59^{a}	5.13 ± 0.45^{ab}	5.33 ± 0.27^{a}	4.23 ± 0.15^{a}	3.47 ± 0.03^{b}	4.07 ± 0.23^{a}
F-test	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
%CV	12.12	6.34	5.26	5.44	6.34	12.17	2.73	11.53	6.54	3.92

หมายเหตุ ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

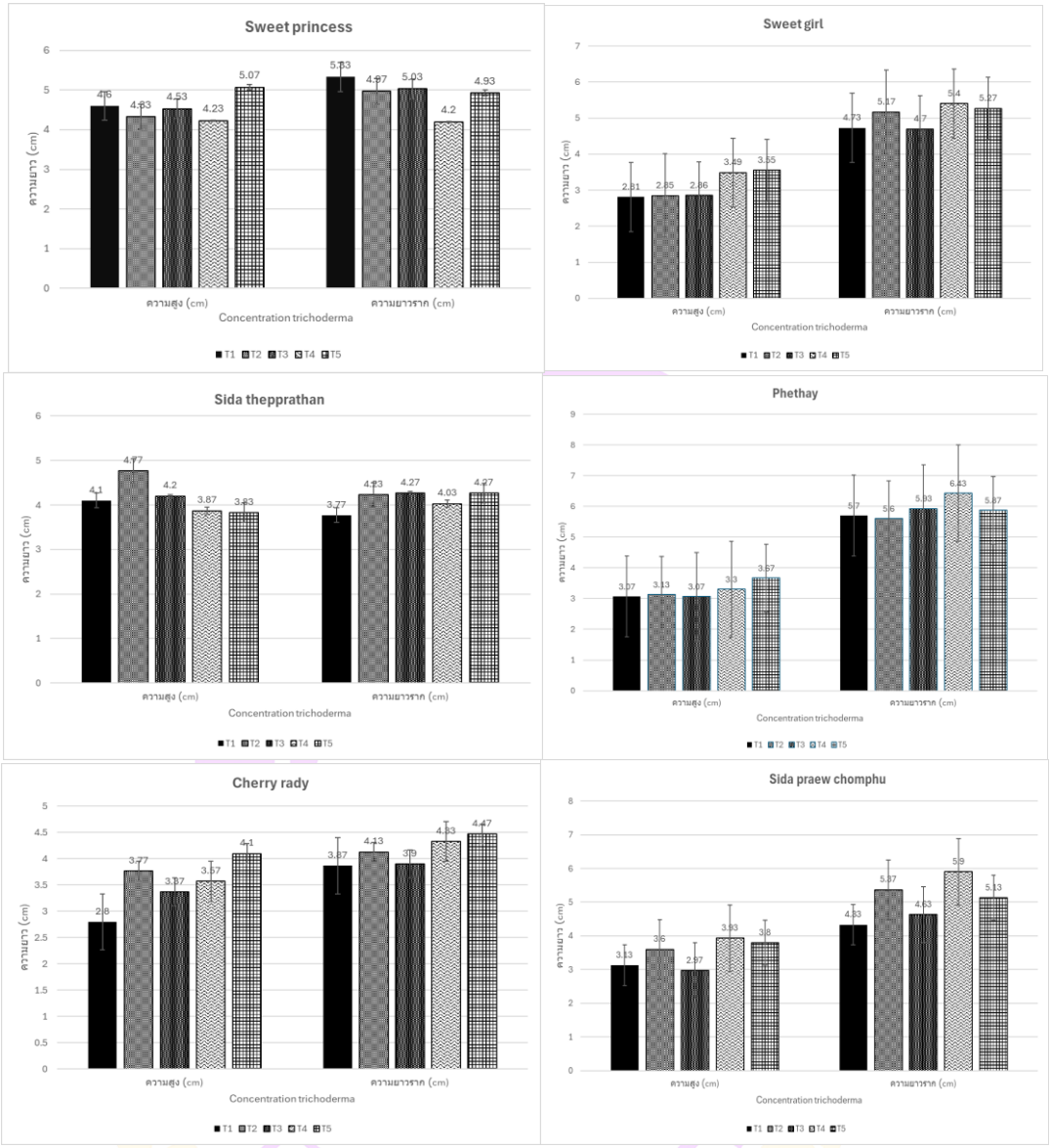
กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม

กรรมวิธีที่ 2 ความเข้มข้นของ *Trichoderma phayaoense* 1.0×10^{2} spores/ml^{-1}

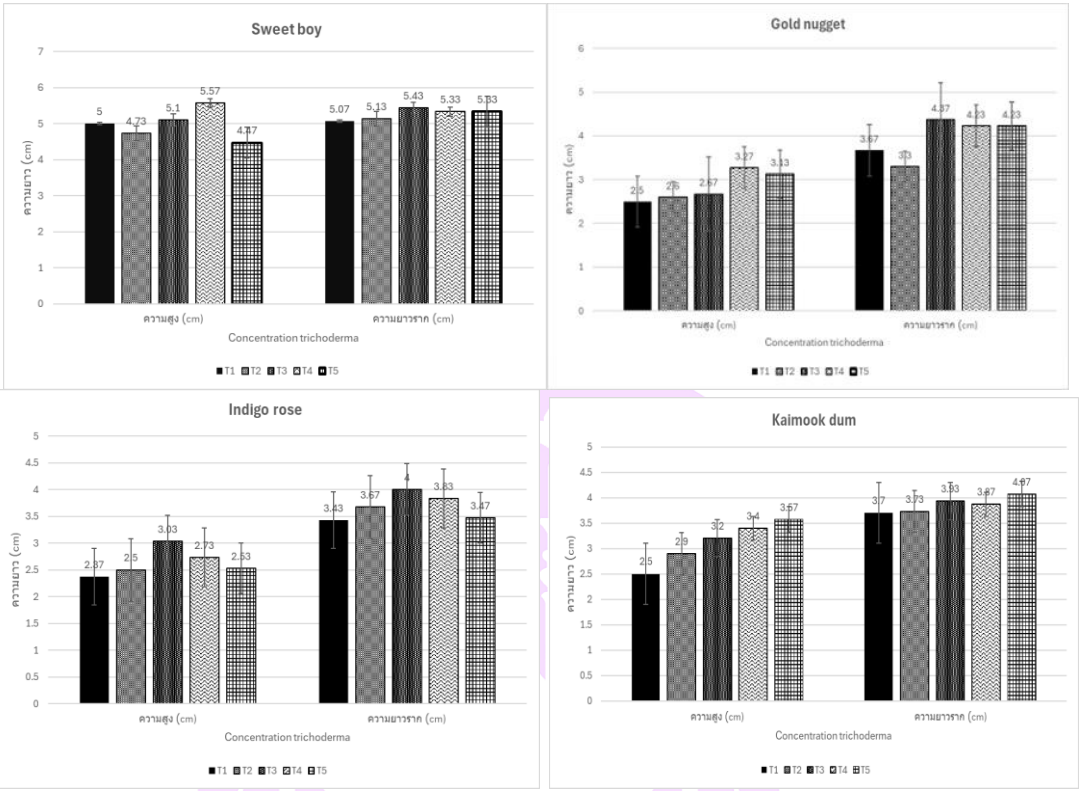
กรรมวิธีที่ 3 ความเข้มข้นของ *Trichoderma phayaoense* 1.0×10^{4} spores/ml^{-1}

กรรมวิธีที่ 4 ความเข้มข้นของ *Trichoderma phayaoense* 1.0×10^{6} spores/ml^{-1}

กรรมวิธีที่ 5 ความเข้มข้นของ *Trichoderma phayaoense* 1.0×10^{8} spores/ml^{-1}



ภาพ 6 ผลของความเข้มข้นของ *Trichoderma phayaoense* ต่อความสูงและความยาวรากของมะเขือเทศ 6 สายพันธุ์ [ชุดควบคุม (T1), 1.0 × 10^2 spores/mL−1 (T2), 1.0 × 10^4 spores/mL−1 (T3), 1.0 × 10^6 spores/mL−1 (T4), 1.0 × 10^8 spores/mL−1 (T5)]



ภาพ 7 ผลของความเข้มข้นของ *Trichoderma phayaoense* ต่อความสูงและความยาวรากของมะเขือเทศ 4 สายพันธุ์ [ชุดควบคุม (T1), 1.0 × 10^2 spores/mL^{-1} (T2), 1.0 × 10^4 spores/mL^{-1} (T3), 1.0 × 10^6 spores/mL^{-1} (T4), 1.0 × 10^8 spores/mL^{-1} (T5)]

การทดสอบการเกิดโรค (Pathogenicity test)

การทดสอบการเกิดโรคโดยราสาเหตุโรคมะเขือเทศคือ *Rhizoctonia solani* (AG-2), *Pythium aphanidermatum*, *Fusarium oxysporum* และ *Sclerotium rolfsii*

การทดสอบความสามารถในการเกิดโรคในระยะเมล็ดอยู่ในดิน (pre-emergence symptoms) การทดสอบการเกิดโรคในระยะเมล็ดอยู่ในดิน หลังจากเพาะเมล็ดนาน 7 วัน พบว่าเมล็ดมะเขือเทศปลูกเชื้อด้วยสารแขวนลอยสปอร์รา *P. aphanidermatum* มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคมากที่สุดและมากกว่าเชื้ออื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เท่ากับ 59% และพบว่าเมล็ดมีการงอกที่ไม่สมบูรณ์ มีราบนพื้นผิวของวัสดุปลูก และรากมีการถูกทำลาย ในขณะที่เมล็ดมะเขือเทศที่ปลูกเชื้อด้วยสารแขวนลอยรา *R. Solani, F. oxysporum S. rolfsii* และชุดควบคุม มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 12%, 8%, 5% และ 2% ตามลำดับ **(ตาราง 13)**

การทดสอบโรคในระยะต้นกล้า (occurrence of damping-off symptoms) จากการทดสอบการเกิดโรคในระยะต้นกล้า หลังจากการย้ายปลูก 14 วัน (มีใบจริงเกิดขึ้น 2 ใบ) พบว่าต้นกล้ามะเขือเทศที่ปลูกเชื้อด้วยสารแขวนลอยรา *P. aphanidermatum* และ *F. oxysporum* มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 70% และ 63% ตามลำดับ ซึ่งทั้งสองเชื้อมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคมากกว่าเชื้อ *S. rolfsii* และ *R. Solani* และชุดควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ต้นกล้ามะเขือเทศที่ปลูกเชื้อด้วยสารแขวนลอย *S. rolfsii* และ *R. Solani* และชุดควบคุม มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 20%, 21% และ 11% ตามลำดับ **(ตาราง 13, ภาพ 8)**

ตาราง 13 การเกิดโรคของมะเขือเทศจากรา *R. solani* (AG-2), *P. aphanidermatum*, *F. oxysporum* และ *S. rolfsii* ทั้ง 2 ระยะ ได้แก่ เมล็ดอยู่ในดิน (pre-emergence symptoms) และ ต้นกล้า (occurrence of damping-off symptoms)

กรรมวิธี	อัตราการเกิดโรค (%)	
	pre-emergence symptoms (ระยะเมล็ดอยู่ในดิน)	occurrence of damping-off symptoms (ระยะของต้นกล้า)
ชุดควบคุม	2.00 ± 0.57[b]	6.00 ± 0.67[b]
R. solani (AG-2)	12.00 ± 0.61[b]	20.00 ± 0.87[b]
P. aphanidermatum	59.00 ± 0.58[a]	70.00 ± 0.89[a]
F. oxysporum	8.00 ± 0.63[b]	63.00 ± 0.74[a]
S. rolfsii	5.00 ± 0.57[b]	23.00 ± 0.69[b]
F-test	*	*
%CV	13.71	17.43

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ภาพ 8 ลักษณะต้นกล้ามะเขือเทศที่มีการใส่รา *Rhizoctonia solani* (AG-2), *Pythium aphanidermatum*, *Fusarium oxysporum* และ *Sclerotium rolfsii* ในระยะต้นกล้า

occurrence of damping-off symptoms

หมายเหตุ [ก= ชุดควบคุม, ข= ใส่สารแขวนลอยรา *R. solani* (AG-2), ค= ใส่สารแขวนลอยรา *P. aphanidermatum*, ง= ใส่สารแขวนลอยรา *F. oxysporum*, จ= ใส่สารแขวนลอยรา *S. rolfsii*]

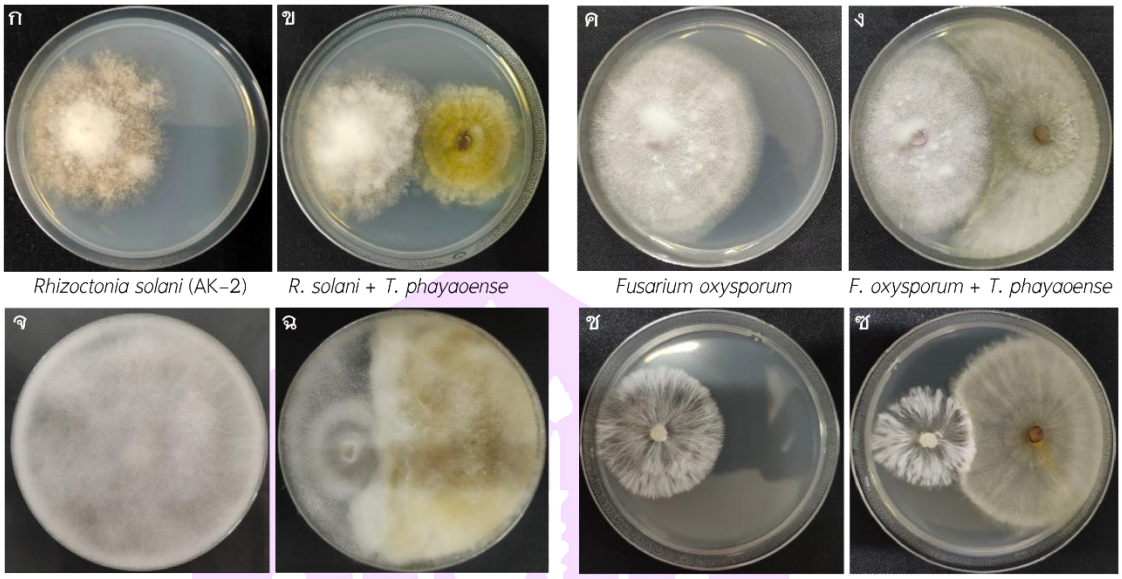
การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* (L1I3) ต่อการยับยั้งราสาเหตุ *Rhizoctonia solani* (AG-2), *Fusarium oxysporum*, *Pythium aphanidermatum* และ *Sclerotium rolfsii* โดยวิธี dual culture

การทดสอบประสิทธิภาพของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* (L1I3) ในการยับยั้งการเจริญของราสาเหตุโรคพืช 4 ชนิด พบว่าเส้นใยของรา *T. phayaoense* (L1I3) สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *P. aphanidermatum* ได้มากที่สุด เท่ากับ 73.2% ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งมากกว่าเชื้ออื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รองลงมาคือยับยั้งรา *R. solani* (AG-2) มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง เฉลี่ย 60.53% ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การยับยั้งรา *F. oxysporum* และ *S. rolfsii*, เท่ากับ 25.91% และ 49.09% ตามลำดับ โดยราเอนโดไฟท์มีกลไกการควบคุมการเจริญของราสาเหตุในรูปแบบของการแข่งขันเจริญเติบโต **(ตาราง 14, ภาพ 9)**

ตาราง 14 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* ต่อการยับยั้งราสาเหตุโรค *Rhizoctonia solani* (AG-2), *Fusarium oxysporum*, *Pythium aphanidermatum* และ *Sclerotium rolfsii* สาเหตุของโรคในมะเขือเทศ ในระดับห้องปฏิบัติการ (In vitro) โดยวิธี dual culture

ราสาเหตุก่อโรค	เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง (%)
R. solani (AG-2)	60.53 ± 5.42[b]
F. oxysporum	25.91 ± 2.19[d]
P. aphanidermatum	73.20 ± 1.32[a]
S. rolfsii	49.09 ± 1.18[c]
F-test	*
%CV	11.63

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพ 9 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* ต่อการยับยั้งราสาเหตุโรค *Rhizoctonia solani* (AG–2), *Fusarium oxysporum*, *Pythium aphanidermatum* และ *Sclerotium rolfsii* โดยการทดสอบด้วยวิธี dual culture

หมายเหตุ: [ก= ชุดควบคุม (ราสาเหตุโรค *R. solani* (AG–2)), ข= รา *T. phayaoense* (L113) ยังยั้งราสาเหตุโรค *R. solani* (AG–2)), ค= ชุดควบคุม (ราสาเหตุโรค *F. oxysporum*), ง= รา *T. phayaoense* (L113) ยังยั้งราสาเหตุโรค *F. oxysporum*), จ= ชุดควบคุม (ราสาเหตุโรค *P. aphanidermatum*), ฉ= รา *T. phayaoense* (L113) ยังยั้งราสาเหตุโรค *P. aphanidermatum*), ช= ชุดควบคุม (ราสาเหตุโรค *S. rolfsii*), ซ= รา *T. phayaoense* (L113) ยังยั้งราสาเหตุโรค *S. rolfsii*)]

การศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพจากราเอนโดไฟท์ *Trichodema phayaoense* (L1I3) เคลือบ Alginate ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโต การควบคุมโรค และคุณภาพ ในมะเขือเทศระดับโรงเรือน

1) **การศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* ต่อการควบคุมราสาเหตุก่อโรคของมะเขือเทศ ระยะต้นกล้าในระดับโรงเรือน (*In vivo*)**

จากการทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ในการควบคุมโรคของมะเขือเทศในระดับโรงเรือนด้านการเกิดโรค พบว่ากรรมวิธีที่ 9 ใส่รา *T. phayaoense* + *F. oxysporum* มีอัตราการเกิดโรคน้อยที่สุด คือ 31.15% รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 8 ใส่รา *T. phayaoense* + *S. rolfsii*, กรรมวิธีที่ 6 ใส่รา *T. phayaoense* + *P. aphanidermatum*, กรรมวิธีที่ 7 ใส่รา *T. phayaoense* + *R. solani* (AG-2) และกรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม มีอัตราการเกิดโรคเฉลี่ย คือ 52.31%, 47.26%, 40.00% และ 36.12% ตามลำดับ ถัดมาคือ กรรมวิธีที่ 5 ใส่รา *F. Oxysporum*, กรรมวิธีที่ 2 ใส่รา *P. aphanidermatum* และกรรมวิธีที่ 3 ใส่รา *R. solani* (AG-2) มีอัตราการเกิดโรคเฉลี่ย คือ 62.14%, 61.45% และ 60.48% ตามลำดับ กรรมวิธีที่ 4 ใส่รา *S. rolfsii* มีการเกิดโรคมากที่สุด โดยมีอัตราการเกิดโรคเฉลี่ย คือ 80.66% **(ตาราง 15)**

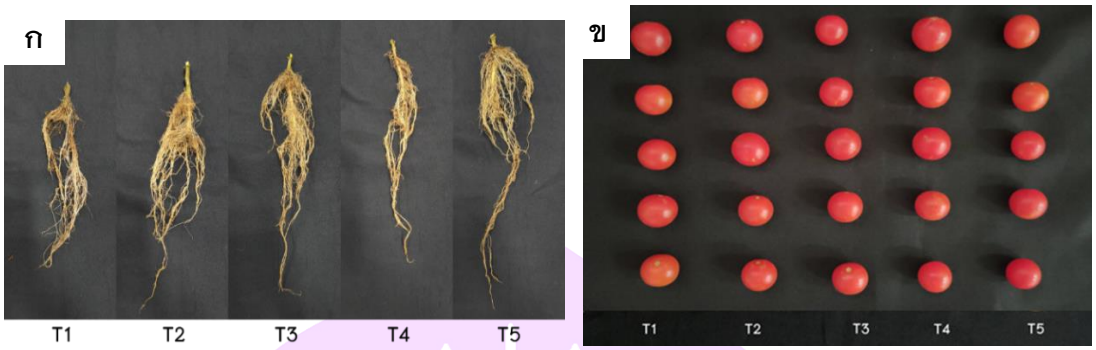
ตาราง 15 การศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* ต่อการควบคุมราก่อโรคของมะเขือเทศระยะต้นกล้าในระดับโรงเรือน (In vivo)

กรรมวิธี		**อัตราการเกิดโรค (%)**
กรรมวิธี 1	ชุดควบคุม (วัสดุปลูก+อัลจิเนต)	36.12 ± 0.24^{cd}
กรรมวิธี 2	ใส่รา *P. aphanidermatum*	61.45 ± 0.34^{bc}
กรรมวิธี 3	ใส่รา *R. solani* (AG-2)	60.48 ± 0.17^{bc}
กรรมวิธี 4	ใส่รา *S. rolfsii*	80.66 ± 0.73^{a}
กรรมวิธี 5	ใส่รา *F. oxysporum*	62.14 ± 0.31^{bc}
กรรมวิธี 6	ใส่รา *T. phayaoense* + *P. aphanidermatum*	47.26 ± 0.25^{cd}
กรรมวิธี 7	ใส่รา *T. phayaoense* + *R. solani* (AG-2)	40.00 ± 0.98^{cd}
กรรมวิธี 8	ใส่รา *T. phayaoense* + *S. rolfsii*	52.31 ± 0.37^{cd}
กรรมวิธี 9	ใส่รา *T. phayaoense* + *F. oxysporum*	31.15 ± 0.77^{d}
	F-test	*
	%CV	6.37

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

2) **การศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L1I3) เคลือบอัลจิเนต ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ 3 สายพันธุ์ ในระดับโรงเรือน**

การทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ sweet princess ในระดับโรงเรือน พบว่ากรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู มีความสูงของต้นและความยาวรากของมะเขือเทศมากที่สุดและมากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เฉลี่ยเท่ากับ 250 เซนติเมตร และ 40.67 เซนติเมตร ในขณะที่กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู มีน้ำหนักแห้งของต้นมากที่สุดและมากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เฉลี่ยเท่ากับ 76.20% ในขณะปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในใบ พบว่ากรรมวิธีที่ 5, 2 และ 4 มีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในใบมากที่สุด เฉลี่ย 0.68, 0.68 และ 0.67 มิลลิกรัม / 100กรัมน้ำหนักสด ส่วนการทดสอบวัดคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะเขือเทศ Sweet princess ในระดับโรงเรือน พบว่ากรรมวิธีที่ 2 มีน้ำหนักผลสดมากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 5.33 กรัม / ผล แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีอื่นๆ และกรรมวิธีที่ 1, 2 และ 3 มีความแน่นเนื้อมากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 0.79%, 0.78% และ 0.77% ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**ตาราง 16, ภาพ 8**)



ภาพ 10 ก = ความยาวราก ข = ลักษณะของมะเขือเทศ Sweet princess หลังการเก็บเกี่ยวอายุ 80 วัน(หลังย้ายปลูก)

หมายเหตุ : (T1) กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (วัสดุปลูก), (T2) ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา T. *phayaoense* เคลือบอัลจิเนต, (T3) ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต, (T4) ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู, (T5) ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

ตาราง 16 การส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ ค่าความสูง ความยาวราก คลอโรฟิลล์รวมในใบ น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักผลสด และความแน่นเนื้อ ที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต ในต้นมะเขือเทศ Sweet princess

กรรมวิธี	ความสูง (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	คลอโรฟิลล์รวมในใบ (มิลลิกรัม/100กรัม น้ำหนักสด)	น้ำหนักแห้งต้น (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักผลสด (กรัม/ผล)	ความแน่นเนื้อ (เปอร์เซ็นต์)
กรรมวิธีที่ 1	241.00 ± 4.04^{ab}	29.67 ± 1.45^{b}	0.63 ± 0.01^{b}	71.53 ± 0.96^{bc}	5.27 ± 0.09	0.79 ± 0.01^{a}
กรรมวิธีที่ 2	235.67 ± 2.33^{b}	32.67 ± 1.45^{b}	0.68 ± 0.00^{a}	70.29 ± 0.66^{c}	5.33 ± 0.12	0.78 ± 0.01^{a}
กรรมวิธีที่ 3	216.33 ± 3.48^{c}	31.67 ± 1.86^{b}	0.62 ± 0.01^{c}	73.86 ± 1.17^{ab}	5.00 ± 0.12	0.77 ± 0.01^{a}
กรรมวิธีที่ 4	242.33 ± 2.60^{ab}	29.67 ± 2.33^{b}	0.67 ± 0.00^{a}	76.20 ± 0.95^{a}	5.20 ± 0.32	0.75 ± 0.01^{ab}
กรรมวิธีที่ 5	250.00 ± 4.58^{a}	40.67 ± 1.20^{a}	0.68 ± 0.00^{a}	70.64 ± 0.71^{c}	4.97 ± 0.18	0.72 ± 0.01^{b}
F-test	*	*	*	*	ns	*
% CV	5.36	13.84	4.39	3.44	3.13	3.64

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (วัสดุปลูก)

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

การวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของมะเขือเทศ Sweet princess ในระดับโรงเรือน พบว่า กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต มีค่าไลโคปีนมากที่สุดและมากกว่ากรรมวิธีอื่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เฉลี่ย 68.20 มิลลิกรัม / 100 กรัมน้ำหนักสด และกรรมวิธีที่ 1 มีค่าไลโคปีนน้อยที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 44.11 มิลลิกรัม / 100กรัมน้ำหนักสด **(ตาราง 17)**

การวัดปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู มีค่ามากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 3.47% การวัดปริมาณวิตามินซี กรรมวิธีที่ 2 และกรรมวิธีที่ 5 มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 2.80 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด และการวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ กรรมวิธีที่ 4 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 10.13% บริกซ์ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **(ตาราง 18)**

ตาราง 17 การทดสอบคุณภาพ ค่าสี และปริมาณไลโคปีน ที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนตในต้นมะเขือเทศ Sweet princess ในระดับโรงเรือน

กรรมวิธี	Color			Lycopene
	ค่าความสว่าง L*	ค่าสัมประสิทธิ์ของสี a*	ค่าสัมประสิทธิ์ของสี b*	(มิลลิกรัม / 100 กรัมน้ำหนักสด)
กรรมวิธีที่ 1	44.31 ± 0.16	29.53 ± 0.47	27.64 ± 0.50	44.11 ± 0.33^{e}
กรรมวิธีที่ 2	43.51 ± 2.09	28.67 ± 1.52	27.35 ± 1.54	48.09 ± 0.45^{d}
กรรมวิธีที่ 3	44.87 ± 0.63	27.92 ± 1.33	28.03 ± 1.39	68.20 ± 0.70^{a}
กรรมวิธีที่ 4	44.26 ± 0.44	31.00 ± 0.90	28.47 ± 1.06	64.41 ± 0.43^{b}
กรรมวิธีที่ 5	42.96 ± 1.43	28.06 ± 0.92	28.25 ± 0.46	60.47 ± 0.30^{c}
F-test	ns	ns	ns	*
% CV	1.70	4.37	1.55	18.33

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (วัสดุปลูก)
กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต
กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต
กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู
กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

ตาราง 18 การทดสอบคุณภาพ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ปริมาณวิตามินซี ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณ pH ที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต ในต้นมะเขือเทศ Sweet princess ในระดับโรงเรือน

กรรมวิธี	ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้(เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณวิตามินซี(มิลลิกรัม / 100 กรัมน้ำหนักสด)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (เปอร์เซ็นต์ บริกซ์)	ปริมาณ pH
กรรมวิธีที่ 1	2.77 ± 0.03^{c}	2.47 ± 0.07^{bc}	9.63 ± 0.07^{a}	4.03 ± 0.01^{a}
กรรมวิธีที่ 2	2.80 ± 0.10^{bc}	2.47 ± 0.03^{bc}	9.97 ± 0.15^{a}	3.95 ± 0.01^{b}
กรรมวิธีที่ 3	2.63 ± 0.12^{c}	2.37 ± 0.03^{c}	9.47 ± 0.07^{ab}	3.93 ± 0.00^{c}
กรรมวิธีที่ 4	3.47 ± 0.03^{a}	2.60 ± 0.00^{b}	10.13 ± 0.18^{a}	3.90 ± 0.01^{d}
กรรมวิธีที่ 5	3.03 ± 0.03^{b}	2.80 ± 0.06^{a}	8.80 ± 0.40^{b}	3.94 ± 0.01^{bc}
F–test	*	*	*	*
% CV	18.33	6.52	5.40	1.23

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (วัสดุปลูก)

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา T. *harzianum* เคลือบอัลจิเนต

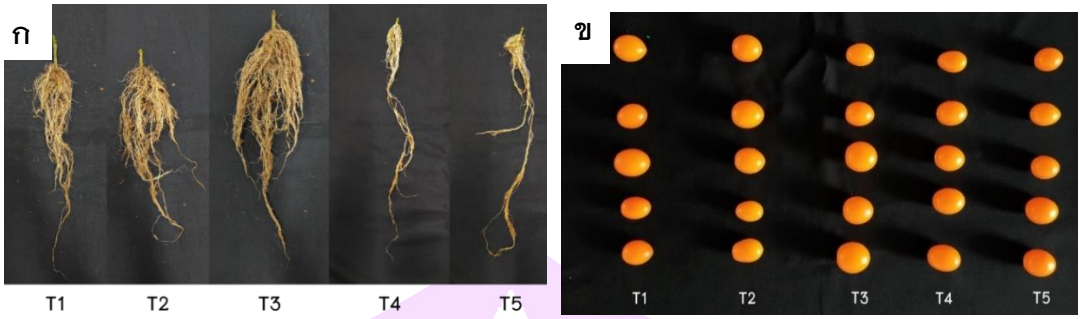
กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

การทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ Sweet boy ในระดับโรงเรือน พบว่ากรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม มีความสูงของต้นมะเขือเทศสูงมากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 262.33 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ และรองลงมา คือ กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู, 3 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum*

เคลือบอัลจิเนต, 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต และ5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู มีความสูง เฉลี่ยอยู่ที่ 258.67, 254.33, 248.33 และ 238.33 เซนติเมตร ตามลำดับ (**ตาราง 19**) และในกรรมวิธีที่ 5 มีความยาวรากมากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 78.33 เซนติเมตร ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**ภาพ 11, ตาราง 19**) ในกรรมวิธีที่ 5 มีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในใบ มากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 0.72 มิลลิกรัม / 100กรัมน้ำหนักสด ส่วนในกรรมวิธีที่ 2 มีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในใบน้อยที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 0.61 มิลลิกรัม / 100กรัมน้ำหนักสด และการชั่งน้ำหนักแห้ง กรรมวิธีที่ 3 มีน้ำหนักแห้งต้นมากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 71.00 % ซึ่งมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (**ตาราง 19**)

การทดสอบวัดคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะเขือเทศ Sweet boy ในระดับโรงเรือน พบว่า กรรมวิธีที่ 3 มีน้ำหนักผลสดมากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 5.04 กรัม / ผล แต่ในกรรมวิธีที่ 2 มีน้ำหนักผลสดน้อยที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 3.49 กรัม / ผล ซึ่งมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกรรมวิธีที่ 5 มีความแน่นเนื้อมากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 0.82% แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ (**ตาราง 19**)



ภาพ 11 ก = ความยาวราก ข = ลักษณะของมะเขือเทศ Sweet boy หลังการเก็บเกี่ยว อายุ 80 วัน(หลังย้ายปลูก)

หมายเหตุ : (T1) กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (วัสดุปลูก), (T2) ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต, (T3) ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต, (T4) ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู, (T5) ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

การทดสอบวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของมะเขือเทศ Sweet boy ในระดับโรงเรือน พบว่า กรรมวิธีที่ 3 มีค่าไลโคปีนมากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 67.47 มิลลิกรัม / 100กรัมน้ำหนักสด ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **(ตาราง 20)** และ การวัดปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ กรรมวิธีที่ 4 มีค่ามากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 3.47% ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การวัดปริมาณวิตามินซี กรรมวิธีที่ 1 มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 2.83 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีอื่น ๆ และการวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ กรรมวิธีที่ 3 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 10.27%บริกซ์ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **(ตาราง 21)**

ตาราง 19 การส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ ค่าความสูง ความยาวราก คลอโรฟิลล์รวมในใบ น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักผลสด และความแน่นเนื้อ ที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต ในต้นมะเขือเทศ Sweet boy

กรรมวิธี	ความสูง (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	คลอโรฟิลล์รวมในใบ (มิลลิกรัม / 100กรัม น้ำหนักสด)	น้ำหนักแห้งต้น (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักผลสด (กรัม / ผล)	ความแน่นเนื้อ (เปอร์เซ็นต์)
กรรมวิธีที่ 1	262.33 ± 6.64	36.00 ± 1.53^{c}	0.68 ± 0.00^{b}	56.90 ± 1.43^{d}	4.99 ± 0.45^{a}	0.76 ± 0.02
กรรมวิธีที่ 2	248.33 ± 4.33	37.67 ± 2.03^{c}	0.64 ± 0.00^{c}	68.56 ± 0.70^{a}	3.49 ± 0.05^{b}	0.80 ± 0.02
กรรมวิธีที่ 3	254.33 ± 5.46	37.67 ± 2.60^{c}	0.61 ± 0.00^{d}	71.00 ± 1.17^{ab}	5.04 ± 0.15^{a}	0.79 ± 0.01
กรรมวิธีที่ 4	258.67 ± 8.88	62.33 ± 2.40^{b}	0.67 ± 0.01^{b}	65.41 ± 2.26^{b}	4.78 ± 0.10^{a}	0.77 ± 0.03
กรรมวิธีที่ 5	238.33 ± 9.21	78.33 ± 2.60^{a}	0.72 ± 0.01^{a}	67.19 ± 1.17^{ab}	4.73 ± 0.07^{a}	0.82 ± 0.03
F-test	ns	*	*	*	*	ns
% CV	3.73	19.82	6.53	8.18	13.84	3.03

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (วัสดุปลูก)

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

ตาราง 20 การทดสอบคุณภาพ ค่าสี และปริมาณไลโคปีน ที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนตในต้นมะเขือเทศ Sweet boy ในระดับโรงเรือน

กรรมวิธี	Color			Lycopene
	ค่าความสว่าง L*	ค่าสัมประสิทธิ์ของสี a*	ค่าสัมประสิทธิ์ของสี b*	(มิลลิกรัม / 100 กรัมน้ำหนักสด)
กรรมวิธีที่ 1	58.41 ± 0.62^{bc}	19.58 ± 0.29^{ab}	52.53 ± 0.68^{a}	65.45 ± 1.66^{a}
กรรมวิธีที่ 2	60.67 ± 1.10^{ab}	19.94 ± 0.10^{ab}	57.12 ± 1.60^{a}	65.40 ± 0.95^{a}
กรรมวิธีที่ 3	61.82 ± 1.00^{a}	22.39 ± 0.65^{a}	55.45 ± 1.52^{a}	67.47 ± 0.94^{a}
กรรมวิธีที่ 4	55.57 ± 1.18^{c}	17.61 ± 1.26^{bd}	45.72 ± 1.28^{b}	66.44 ± 0.77^{a}
กรรมวิธีที่ 5	52.18 ± 0.75^{d}	16.36 ± 1.32^{d}	43.54 ± 2.12^{b}	60.92 ± 0.45^{b}
F-test	*	*	*	*
% CV	6.78	12.08	11.75	3.85

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (วัสดุปลูก)

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

ตาราง 21 การทดสอบคุณภาพ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ปริมาณวิตามินซี ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณ pH ที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต ในต้นมะเขือเทศ Sweet boy ในระดับโรงเรือน

กรรมวิธี	ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้(เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณวิตามินซี(มิลลิกรัม / 100 กรัมน้ำหนักสด)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (เปอร์เซ็นต์ บริกซ์)	ปริมาณ pH
กรรมวิธีที่ 1	2.83 ± 0.03^{d}	2.83 ± 0.23	9.57 ± 0.09^{a}	4.06 ± 0.03^{b}
กรรมวิธีที่ 2	2.93 ± 0.03^{c}	2.67 ± 0.09	9.93 ± 0.13^{a}	4.04 ± 0.01^{b}
กรรมวิธีที่ 3	2.80 ± 0.00^{d}	2.53 ± 0.15	10.27 ± 0.27^{a}	4.02 ± 0.00^{bc}
กรรมวิธีที่ 4	3.47 ± 0.03^{a}	2.63 ± 0.03	10.10 ± 0.38^{a}	4.13 ± 0.03^{a}
กรรมวิธีที่ 5	3.07 ± 0.03^{b}	2.70 ± 0.15	8.53 ± 0.20^{b}	3.97 ± 0.00^{c}
F-test	*	ns	*	*
% CV	9.03	4.08	7.16	1.45

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (วัสดุปลูก)

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต

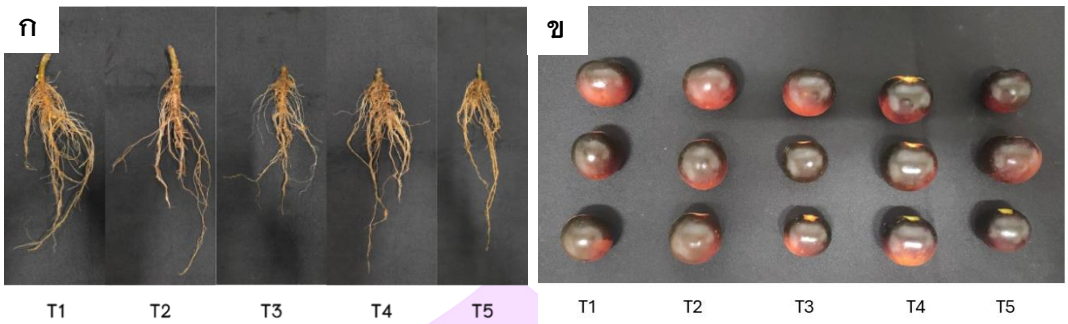
กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

การทดสอบประสิทธิภาพของปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ Indigo rose ในระดับโรงเรือน พบว่ากรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต มีความสูงของต้นมะเขือเทศสูงมากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 190.67 เซนติเมตร แต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีอื่นๆ และรองลงมา คือ กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม, กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต , กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู และกรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู เฉลี่ยอยู่ที่ 189.00, 188.00, 182.67 และ 180.67 เซนติเมตร ตามลำดับ **(ตาราง 22)** และในกรรมวิธีที่ 4 มีความยาวรากมากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 26.67 เซนติเมตร ซึ่งแต่ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับกรรมวิธีอื่นๆ **(ภาพ 12, ตาราง 22)** ในกรรมวิธีที่ 4 มีปริมาณคลอโรฟิลล์รวมในใบมากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 0.68 มิลลิกรัม / 100กรัมน้ำหนักสด ส่วนในกรรมวิธีที่ 1 มีปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบน้อยที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 0.63 มิลลิกรัม / 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการชั่งน้ำหนักแห้ง กรรมวิธีที่ 3 มีน้ำหนักแห้งต้นมากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 83.10% ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **(ตาราง 22)**

การทดสอบวัดคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของมะเขือเทศ Indigo rose ในระดับโรงเรือน พบว่า กรรมวิธีที่ 5 มีน้ำหนักผลสดมากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 15.85 กรัม / ผล แต่ในกรรมวิธีที่ 1 มีน้ำหนักผลสดน้อยที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 12.00 กรัม/ผล ซึ่งมีความแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และกรรมวิธีที่ 1, 2 และ 5 มีความแน่นเนื้อมากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 0.64%, 0.63% และ 0.62% ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **(ตาราง 22)**



ภาพ 12 ก = ความยาวราก ข = ลักษณะของมะเขือเทศ Indigo rose หลังการเก็บเกี่ยว อายุ 80 วัน(หลังย้ายปลูก)

หมายเหตุ : (T1) กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (วัสดุปลูก), (T2) ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต, (T3) ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต, (T4) ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู, (T5) ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

การทดสอบวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของมะเขือเทศ Indigo rose ในระดับโรงเรือน พบว่า กรรมวิธีที่ 3, 5 และ 4 มีค่าไลโคปีนมากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 54.67, 51.71 และ 51.44 มิลลิกรัม / 100กรัมน้ำหนักสด ตามลำดับ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **(ตาราง 23)** และ การวัดปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ กรรมวิธีที่ 1 มีค่ามากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 1.77% ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ การวัดปริมาณวิตามินซี กรรมวิธีที่ 2 และกรรมวิธีที่ 1 มีปริมาณวิตามินซีสูงที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 2.80 และ 2.47 มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ กรรมวิธีที่ 4 มีปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้มากที่สุด เฉลี่ยอยู่ที่ 10.33% บริกซ์ ซึ่งมากกว่ากรรมวิธีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ **(ตาราง 24)**

ตาราง 22 การส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ ค่าความสูง ความยาวราก คลอโรฟิลล์รวมในใบ น้ำหนักแห้งต้น น้ำหนักผลสด และความแน่นเนื้อ ที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต ในต้นมะเขือเทศ Indigo rose

กรรมวิธี	ความสูง (เซนติเมตร)	ความยาวราก (เซนติเมตร)	คลอโรฟิลล์รวมในใบ (มิลลิกรัม / 100กรัม น้ำหนักสด)	น้ำหนักแห้งต้น (เปอร์เซ็นต์)	น้ำหนักผลสด (กรัม / ผล)	ความแน่นเนื้อ (เปอร์เซ็นต์)
กรรมวิธีที่ 1	189.00 ± 2.08	25.67 ± 1.76	0.63 ± 0.00^{d}	80.50 ± 0.47^{ab}	12.00 ± 0.39^{b}	0.64 ± 0.01^{a}
กรรมวิธีที่ 2	188.00 ± 4.04	24.33 ± 2.03	0.66 ± 0.00^{bc}	78.19 ± 1.05^{b}	15.14 ± 0.92^{a}	0.63 ± 0.00^{ab}
กรรมวิธีที่ 3	190.67 ± 5.36	24.00 ± 1.53	0.65 ± 0.00^{c}	83.10 ± 0.87^{a}	13.77 ± 1.35^{ab}	0.61 ± 0.00^{b}
กรรมวิธีที่ 4	180.67 ± 3.18	26.67 ± 1.45	0.68 ± 0.00^{a}	81.19 ± 0.64^{ab}	14.01 ± 0.81^{ab}	0.61 ± 0.00^{b}
กรรมวิธีที่ 5	182.67 ± 3.28	24.67 ± 2.19	0.66 ± 0.00^{b}	82.42 ± 1.84^{a}	15.85 ± 0.78^{a}	0.62 ± 0.00^{ab}
F-test	ns	ns	*	*	*	*
%CV	2.31	4.36	2.77	2.35	10.39	2.10

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (วัสดุปลูก)

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

ตาราง 23 การทดสอบคุณภาพ ค่าสี และปริมาณไลโคปีน ที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนตในต้นมะเขือเทศ Indigo rose ในระดับโรงเรือน

กรรมวิธี	Color			Lycopene (มิลลิกรัม / 100 กรัมน้ำหนักสด)
	ค่าความสว่าง L*	ค่าสัมประสิทธิ์ของสี a*	ค่าสัมประสิทธิ์ของสี b*	
กรรมวิธีที่ 1	33.53 ± 0.52^{ab}	2.27 ± 0.04^{c}	4.16 ± 0.12^{d}	47.35 ± 1.00^{b}
กรรมวิธีที่ 2	35.83 ± 1.16^{a}	5.51 ± 0.03^{a}	7.50 ± 0.14^{a}	45.13 ± 0.65^{b}
กรรมวิธีที่ 3	32.02 ± 0.96^{b}	3.39 ± 0.24^{b}	6.89 ± 0.19^{b}	54.67 ± 1.78^{a}
กรรมวิธีที่ 4	31.85 ± 0.81^{b}	2.39 ± 0.11^{c}	3.09 ± 0.24^{e}	51.44 ± 0.52^{a}
กรรมวิธีที่ 5	34.29 ± 0.83^{ab}	5.38 ± 0.13^{a}	5.60 ± 0.09^{c}	51.71 ± 0.97^{a}
F-test	*	*	*	*
% CV	4.94	14.15	13.47	7.57

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (วัสดุปลูก)

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

ตาราง 24 การทดสอบคุณภาพ ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ ปริมาณวิตามินซี ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ และปริมาณ pH ที่มีการใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต ในต้นมะเขือเทศ Indigo rose ในระดับโรงเรือน

กรรมวิธี	ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณวิตามินซี(มิลลิกรัม / 100 กรัมน้ำหนักสด)	ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (เปอร์เซ็นต์ บริกซ์)	ปริมาณ pH
กรรมวิธีที่ 1	1.77 ± 0.18^{a}	2.47 ± 0.38^{a}	9.87 ± 0.03^{b}	4.19 ± 0.00^{a}
กรรมวิธีที่ 2	1.03 ± 0.18^{c}	2.80 ± 0.12^{a}	10.07 ± 0.09^{ab}	4.08 ± 0.00^{c}
กรรมวิธีที่ 3	1.57 ± 0.12^{ab}	1.83 ± 0.03^{b}	9.23 ± 0.03^{c}	4.07 ± 0.01^{c}
กรรมวิธีที่ 4	1.20 ± 0.10^{bc}	1.83 ± 0.09^{b}	10.33 ± 0.20^{a}	4.11 ± 0.01^{bc}
กรรมวิธีที่ 5	1.20 ± 0.10^{bc}	1.73 ± 0.07^{b}	8.83 ± 0.03^{d}	4.19 ± 0.06^{ab}
F-test	*	*	*	*
% CV	12.52	12.30	6.40	1.41

หมายเหตุ : ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of variance: ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละกรรมวิธี ทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test: DMRT) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (วัสดุปลูก)

กรรมวิธีที่ 2 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต

กรรมวิธีที่ 3 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต

กรรมวิธีที่ 4 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

กรรมวิธีที่ 5 ใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต + ปุ๋ยหมักใบก้ามปู

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

สรุปผลการวิจัย

การทดสอบการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ

การทดสอบการกระตุ้นการงอกของเมล็ดมะเขือเทศ พบว่า กรรมวิธีที่ 5 การแช่เมล็ดมะเขือเทศในสารแขวนลอยสปอร์ของรา *T. phayaoense* (L1I3) ที่ระดับความเข้มข้น 1.0×10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการช่วยกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมากที่สุด ถึง 7 สายพันธุ์ ได้แก่ Sweet girl, Phethay, Cherry rady, Sida praewchomphu, Sweet boy, Gold nugget และ Indigo rose โดยมีอัตราการงอกของเมล็ดเฉลี่ยเท่ากับ 29.35%, 11.24%, 9.87%, 9.36%, 40.78%, 13.35% และ 11.28% ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีประสิทธิภาพทำให้ต้นกล้ามะเขือเทศ จำนวน 5 พันธุ์ ได้แก่ Sweet princess, Sweet girl, Phethay, Cherry rady และ Kaimook dum มีความสูงมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 5.07, 3.55, 3.67, 4.10 และ 3.57 เซนติเมตร ตามลำดับ และ กรรมวิธีที่ 4 การแช่เมล็ดมะเขือเทศในสารแขวนลอยสปอร์ของรา *T. phayaoense* (L1I3) ที่ระดับความเข้มข้น 1.0×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพ ทำให้ต้นกล้ามะเขือเทศ จำนวน 3 พันธุ์ ได้แก่ Sweet girl, Phethay และ Sida praew chomphu มีความยาวรากมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 5.40, 6.43 และ 5.90 เซนติเมตร ตามลำดับ

การทดสอบการเกิดโรค (Pathogenicity test)

การทดสอบการเกิดโรคโดยราสาเหตุโรคมะเขือเทศคือ *Rhizoctonia solani* (AG–2), *Pythium aphanidermatum*, *Fusarium oxysporum* และ *Sclerotium rolfsii* การทดสอบการเกิดโรค พบว่า รา *P. aphanidermatum* ทำให้เกิดโรคมากที่สุดทั้งในระยะเมล็ดอยู่ในดินและระยะต้นกล้า โดยมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคในมะเขือเทศ เท่ากับ 59% และ 70% ตามลำดับ และมีผลให้เมล็ดมีการงอกที่ไม่สมบูรณ์ รองลงมาคือ รา *F. oxysporum* ทำให้เกิดโรคระยะต้นกล้า โดยมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคในมะเขือเทศ เท่ากับ 63%

การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* (L113) ต่อการยับยั้งราสาเหตุ *Rhizoctonia solani* (AG-2), *Fusarium oxysporum*, *Pythium aphanidermatum* และ *Sclerotium rolfsii* โดยวิธี dual culture

ผลราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* (L113) ในการยับยั้งการเจริญของราสาเหตุ พบว่าเส้นใยของรา *T. phayaoense* (L113) สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Pythium aphanidermatum* ได้มากที่สุด เท่ากับ 73.20% รองลงมาสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Rhizoctonia solani* (AG-2) เท่ากับ 60.53% ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Sclerotium rolfsii* เท่ากับ 49.09% และ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium oxysporum* ได้น้อยที่สุด เท่ากับ 25.91%

การศึกษาผลของปุ๋ยจากราเอนโดไฟท์ *Trichodema phayaoense* (L113) เคลือบ Alginate ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโต การควบคุมโรค และองค์ประกอบเคมีต่าง ๆ ในมะเขือเทศระดับโรงเรือน

การศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการควบคุมราสาเหตุก่อโรคของมะเขือเทศ ระยะต้นกล้าในระดับโรงเรือน ผลของราเอนโดไฟท์ในการควบคุมโรคของมะเขือเทศในระดับโรงเรือน พบว่า รา *T. phayaoense* สามารถควบคุมโรคที่เกิดจากรา *F. oxysporum* ได้ดี โดยมีอัตราการเกิดโรคน้อยที่สุด คือ 31.15% รองลงมาคือ ควบคุมโรคที่เกิดจากรา *S. rolfsii*, *P. aphanidermatum*, และ *R. solani* (AG-2) โดยมีอัตราการเกิดโรคเฉลี่ย คือ 52.31%, 47.26% และ 40.00% ตามลำดับ

การศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) เคลือบอัลจิเนต ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ 3 สายพันธุ์ ในระดับโรงเรือน การใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต ส่งผลให้ความสูงของมะเขือเทศทั้ง 2 พันธุ์ ได้แก่ Sweet princess และ Indigo rose มีความสูงต่างการกรรมวิธีอื่นๆ ในขณะที่ รา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต มีค่าวิตามินซีและปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ มากที่สุดในพันธ์ Sweet princess และ Indigo rose ส่วนพันธุ์ Sweet boy ชุดควบคุมมีผลดีที่สุด

วิจารณ์ผลการทดลอง

การทดสอบการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ

จากการทดสอบการกระตุ้นการงอก โดยใช้สปอร์รา *T. phayaoense* (L1 I3) ที่ระดับความเข้มข้น 1.0 × 10^8 สปอร์ต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพในการช่วยกระตุ้นการงอกและความสูงของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศมากที่สุด และความเข้มข้น 1.0 × 10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร มีประสิทธิภาพ ทำให้ต้นกล้ามะเขือเทศ มีความยาวรากมากที่สุด การทดสอบการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศจำนวน 10 สายพันธุ์ โดยการใช้สปอร์รา *T. phayaoense* (L1 I3) ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน พบว่า การแช่เมล็ดด้วยสปอร์ราในทุกความเข้มข้นสามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศได้เมื่อเปรียบเทียบชุดควบคุม สอดคล้องกับผลการทดลองของ Vukelić et al., 2024 ที่ศึกษาผลของเชื้อรา *Trichoderma* spp. จำนวน 5 สายพันธุ์ ต่อการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ 2 สายพันธุ์ โดยพบว่าเชื้อรา *Trichoderma* ทั้ง 5 สายพันธุ์ สามารถกระตุ้นการงอกของเมล็ดมะเขือเทศได้มากกว่าชุดควบคุมเฉลี่ยร้อยละ 10.2 – 15.3 ทั้งนี้ González–Pérez et al., (2018) รายงานว่าการกระตุ้นการงอกของเมล็ดนั้นเกิดจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณออกซินในราก ซึ่งถูกกระตุ้นโดยสารอินทรีย์ระเหยง่าย (volatile organic compounds :VOCs) ซึ่งสามารถผลิตได้โดยเชื้อ *Trichoderma* species นอกจากนี้ Konappa, N., Krishnamurthy, S., Arakere, U.C., Chowdappa, S., and Ramachandrappa, N.S. (2020) รายงานการผลการกระตุ้นการงอกของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศ โดยใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. จำนวน 8 สายพันธุ์ พบว่าสามารถกระตุ้นการงอกได้ร้อยละ 5–9 เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ซึ่งการกระตุ้นดังกล่าวเป็นผลจากความสามารถในการดูดซึมธาตุอาหารเพิ่มขึ้น ส่งผลต่อการเหนี่ยวนำการผลิต Indole–3–acetic acid (IAA) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่มีบทบาทสำคัญในการกระตุ้นการเจริญของราก อีกทั้งกระตุ้นการสร้างและขยายขนาดของเซลล์อีกด้วย

การทดสอบการเกิดโรค (Pathogenicity test)

การทดสอบการเกิดโรคโดยราสาเหตุโรคมะเขือเทศคือ Rhizoctonia solani (AG–2), Pythium aphanidermatum, Fusarium oxysporum และ Sclerotium rolfsii การทดสอบการเกิดโรค พบว่า รา *P. aphanidermatum* ทำให้เกิดโรคมากที่สุดทั้งในระยะเมล็ดอยู่ในดินและระยะต้นกล้า และมีผลให้เมล็ดมีการงอกที่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากรา *Pythium* spp. เป็นสาเหตุสำคัญของโรครากเน่าที่สร้างปัญหาสำคัญในการปลูกพืชในระบบ

ปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Gull, C., Labuschagne, N. and Botha, W.J., 2004) โดยเชื้อราชนิดนี้สามารถตรวจพบได้ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินทั้งในรากที่แสดงอาการ และไม่แสดงอาการโรครากเน่า (จักรพงศ์, 2011) โดยความเสียหายอาจเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ในระยะต้นกล้าจนถึงระยะเก็บเกี่ยว รองลงมาคือ รา *F. oxysporum* ทำให้เกิดโรคระยะต้นกล้า ซึ่งโดยทั่วไปมะเขือเทศจะมีการปลูกเป็นพื้นที่จำนวนมาก และปลูกในพื้นที่เดิมอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้เกิดการระบาดของโรคเหี่ยวเหลืองของมะเขือเทศ ที่เกิดจากรา *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ร่ม สุรีย์ และคณะ (2016) นำ *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* มาทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรค ภายหลังจากการปลูกเชื้อเสาเหตุเป็นเวลา 21 วัน พบว่าราสาเหตุสามารถก่อให้เกิดโรคเหี่ยวได้

การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* (L113) ต่อการยับยั้งราสาเหตุ *Rhizoctonia solani* (AG-2), *Fusarium oxysporum*, *Pythium aphanidermatum* และ *Sclerotium rolfsii* โดยวิธี dual culture

ราเอนโดไฟท์ *Trichoderma phayaoense* (L113) สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Pythium aphanidermatum* ได้มากที่สุด เท่ากับ 73.20% รองลงมาสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Rhizoctonia solani* (AG-2) เท่ากับ 60.53% ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Sclerotium rolfsii* เท่ากับ 49.09% และ สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Fusarium oxysporum* ได้น้อยที่สุด เท่ากับ 25.91% โดยราเอนโดไฟท์มีกลไกการควบคุมการเจริญของราสาเหตุ ในรูปแบบของการแข่งขันเจริญเติบโต โดย *Trichoderma* spp. เป็นราที่มีคุณสมบัติ และศักยภาพสูงในการใช้ควบคุมราสาเหตุของโรคพืช และประสบความสำเร็จในการผลิตในทางการค้า เนื่องจาก *Trichoderma* spp. สามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว สร้างสปอร์ได้ปริมาณสูง สามารถแข่งขันกับเชื้อก่อโรคในพืช หรือจุลินทรีย์ที่มีอยู่รอบข้าง ปรับตัวเองให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ทนทานต่อสารเคมีในดิน สามารถเจริญร่วมกับรากพืช ไม่ก่อโรคในพืช และช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Benítez, T., Rincón, A. M., Limón, M. C., and Codon, A. C., 2004; Vinale et al., 2006) (จิระเดช แจ่มสว่าง, 2547กลไกการควบคุมโรคของราไตรโคเดอร์มามีหลายกลไก ที่สำคัญ ๆ และเอนโดไฟท์สามารถสร้างสารปฏิชีวนะ (antibiotics) หลายชนิด ซึ่งมีมากกว่า 100 ชนิด (Tang, W., Yang, H., and Ryder, M., 2001; Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., and Lorito, M., 2004) เช่น gliotoxin, harzianic acid, trichoviridin, viridiol, และ alamethicins (Kaewchai, 2009) ซึ่งสาร

เหล่านี้มีคุณสมบัติหลายอย่าง เช่น ย่อยสลายผนังเซลล์ (Benítez, T., Rincón, A. M., Limón, M. C., and Codon, A. C., 2004) เช่น รา *T. viridae* สามารถสร้างสาร Tricholin ที่สามารถยับยั้งรา *R. solani* และ *T. harzianum* สามารถสร้างสาร Trichoziniznines ที่มีผลยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเส้นใยของรา Sclerotium rolfsii (Elad, Y., Chet, I., and Henis, Y., 1981) และราเอนโดไฟล์บางชนิดมีความเป็นเชื้อปฏิปักษ์โดยกลไกการแข่งขัน (competition) เป็นการแข่งขันระหว่างราสาเหตุโรคพืชและราปฏิปักษ์ เป็นการเข้าไปแทนที่ของราปฏิปักษ์ เพื่อต้องการอาหาร และธาตุที่จำเป็นในดิน และบริเวณรอบ ๆ รากพืช (Irtwange, 2006) (Viterbo, A. D. A., Wiest, A. R. I. C., Brotman, Y., Chet, I. L. A. N., and Kenerley, C., 2007) พบว่า *T. harzianum* T-35 สามารถควบคุมรา *Fusarium* สาเหตุโรคพืชหลายชนิดได้ เนื่องจาก ราไตรโคเดอร์มามีความสามารถแข่งขันเพื่อแย่งอาหาร และเข้าครอบคลุมพื้นที่บริเวณรากพืช ได้ดีกว่า

การเป็นปรสิต (mycoparasitism) โดยการที่ราไตรโคเดอร์มาจะสร้างเส้นใยขึ้นมาพันรัดเส้นใยของราสาเหตุโรคพืช แล้วทำการปล่อยเอนไซม์ ออกมา เพื่อสลายผนังเส้นใย และแทงส่วนของเส้นใยเข้าไปภายในเส้นใยของเชื้อโรค ใช้อาหารจากภายในเส้นใยของเชื้อโรค ทำให้กิจกรรมด้านการเจริญของเส้นใยเชื้อโรคลดลง (Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., and Lorito, M., 2004) ยกตัวอย่างเช่น *T. harzianum* เป็นปรสิตกับรา *Pythium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Phytophthora* sp.และ *Sclerotium* sp. โดยจะมีการสร้างเอนไซม์ β-1, 3 glucanase, Chitinase และ Cellulase ขึ้นมาทำลาย เส้นใยราข้างต้นโดยการย่อยสลายผนังเซลล์แล้วเข้าไปเจริญสร้างเส้นใยภายในเส้นใยของราก่อโรค (Viterbo, A. D. A., Wiest, A. R. I. C., Brotman, Y., Chet, I. L. A. N., and Kenerley, C., 2007))

การชักนำให้เกิดความต้านทาน (induced resistance) การชักนำให้เกิดความต้านทานต่อเชื้อสาเหตุโรคพืช ซึ่งเป็นการที่พืชต่อต้านการเกิดโรคของพืชเอง และมีกลไกที่ซับซ้อน (Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., and Lorito, M., 2004) การเกิดการต้านทานของพืชอาจเกิดเฉพาะที่ หรือเกิดทั่วทั้งต้น ขึ้นอยู่กับ ชนิด แหล่ง และปริมาณ ของสิ่งกระตุ้น (Pal and Gardener, 2006) มีการใช้ไตรโคเดอร์มา ฉีดเข้าสู่ลำต้น หรือระบบรากพืช เพื่อการป้องกันการเกิดโรค และใช้ในการรักษาพืชที่เป็นโรค โดยเฉพาะในไม้ผล โดยพืชที่ได้รับเชื้อโดยวิธีนี้ จะมีความแข็งแรง และต้านทานต่อการเกิดโรคได้คล้ายกับการฉีดวัคซีนในมนุษย์หรือสัตว์ นอกจากนี้ สามารถชักนำให้ ต้นแตงกวามีความต้านทานต่อรา Pythium irregular ได้ด้วยการใช้น้ำาเลี้ยงเชื้อ (culture filtrate) ของ รา *T. harzianum* (จิระเดช แจ่มสว่าง, 2547)

ซึ่งกลไกการทำงานเหล่านี้จะทำงานในเวลาเดียวกัน ทำาให้ราสาเหตุ โรคพืชสร้างความต้านทานได้ยาก (Tang, W., Yang, H., and Ryder, M., 2001)

การศึกษาผลของปุ๋ยจากราเอนโดไฟท์ *Trichodema phayaoense* (L113) เคลือบ Alginate ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโต การควบคุมโรค และองค์ประกอบเคมีต่าง ๆ ในมะเขือเทศระดับโรงเรือน

การศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) ต่อการควบคุมราสาเหตุโรคของมะเขือเทศ ระยะต้นกล้าในระดับโรงเรือน ราเอนโดไฟท์ *T. phayaoense* (L113) สามารถควบคุมโรคที่เกิดจากรา *F. oxysporum* ได้ดี โดยมีอัตราการเกิดโรคน้อยที่สุด คือ 31.15% รองลงมาคือ ควบคุมโรคที่เกิดจากรา *S. rolfsii*, *P. aphanidermatum* และ *R. solani* (AG-2) โดยมีอัตราการเกิดโรคเฉลี่ย คือ 52.31%, 47.26% และ 40.00% ตามลำดับ โดยปัจจุบันมีรายงานการใช้ราไตรโคเดอร์มาในการควบคุมโรคพืชมากมาย มี รายงานว่าเชื้อไตรโคเดอร์มา สามารถควบคุมราสาเหตุโรคพืชได้มากกว่า 29 สปีชีส์ เนื่องจากไตรโคเดอร์มา เป็นเชื้อที่มีการปรับตัวได้ดี ควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืชได้กว้างขวาง มีหลายสายพันธุ์ที่มีคุณสมบัติควบคุมโรค พืชและมีกลไกหลายชนิดในการควบคุมเชื้อสาเหตุโรคพืช (Tang, W., Yang, H., and Ryder, M., 2001) โดยเฉพาะ *T. harzianum* มีการศึกษาวิจัยใช้เป็นราปฏิปักษ์มากที่สุด โดยเฉพาะโรคที่เกิดจากราสาเหตุในดิน (นฤมล แววคล้ายหงษ์ และชวนพิศ บุญชิตสิริกุล, 2550) เช่น ควบคุมรา *Pythium* spp. สาเหตุโรคเน่าคอดินของถั่ว (เกษม สร้อยทอง, 2551) *T. harzianum* T-22 ที่ได้จากการรวมกันของโพรโตพลาส ระหว่าง *T. harzianum* T-95 และ T-12 สามารถ ป้องกันกำาจัดราสาเหตุโรคพืช เช่น *Botrytis cinerea, Fusarium, Pythium* และ *Rhizoctonia* ในพืชหลาย ชนิด เช่น ข้าวโพด ถั่วเหลือง มันฝรั่ง มะเขือเทศ ถั่วต่าง ๆ ฝ้าย ถั่วลิสง และไม้ยืนต้น (Khetan, 2000; Paulitz and Bélanger, 2001) นอกจากนี้ *T. harzianum* ยังสามารถควบคุมโรคเน่า และ ลำต้นเน่าของมะเขือเทศที่เกิดจาก *Phytophthora erythroseptica* (Etebarian, H. R., Scott, E. S., and Wicks, T. J., 2000)

การศึกษาผลของปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* (L113) เคลือบอัลจิเนต ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศ 3 สายพันธุ์ ในระดับโรงเรือน การใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. harzianum* เคลือบอัลจิเนต ส่งผลให้ความสูงของมะเขือเทศทั้ง 2 พันธุ์ ได้แก่ Sweet princess และ Indigo rose มีความสูงต่างการกรรมวิธีอื่นๆ ในขณะที่รา *T. phayaoense* เคลือบอัลจิเนต มีค่าวิตามินซี และปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ มากที่สุดในพันธ์ Sweet princess และ Indigo rose ทั้งนี้ราไตรโคเดอร์มาช่วยในการเจริญเติบโตของพืช เช่น ไม้

ดอกไม้ประดับ ที่ปลูกในกระถาง พืชผัก กล้าไม้ผลที่เพาะด้วยเมล็ด ตลอดจนกิ่งปักชำ และพืชหัว โดยช่วยเพิ่มขนาด ความสูง น้ำหนักของต้น และช่วยในการสร้างดอกของพืช (จิระเดช แจ่มสว่าง, 2547) ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต ของผักกาดหอม มะเขือเทศ และพริกไทย โดยผลผลิตเพิ่มมากถึง 300% เมื่อเทียบกับไม่ใช้ (Vinale et al., 2006) อาจเป็นเพราะราไตรโคเดอร์มาสร้างสารเร่งการเจริญเติบโตต่าง ๆ ได้ หรือราไตรโคเดอร์มาสร้าง สารไปกระตุ้นให้พืชสร้างสารเร่งการเจริญเติบโตมากกว่าปกติ หรือราไตรโคเดอร์มาไปขัดขวางหรือทำลายจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่รบกวนระบบรากของพืช ทำให้ระบบรากพืชสมบูรณ์ และแข็งแรงสามารถดูดซับอาหารและ แร่ธาตุ ต่าง ๆ ในดินได้ดี (จิระเดช แจ่มสว่าง, 2547; Benítez, T., Rincón, A. M., Limón, M. C., and Codon, A. C., 2004; Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., and Lorito, M., 2004) รา *T. harzianum* สายพันธุ์กลาย และสายพันธุ์ดั้งเดิมสามารถผลิต harzianic acid, harzianic acid isomer และ pentyl pyrone ซึ่งสารเหล่านี้ช่วยเพิ่มน้ำหนักสดของต้น และรากแตงกวาได้ทั้งการทดสอบในระดับห้อง ปฏิบัติการ และในระดับโรงเรือน หรือการเพาะเมล็ดที่ปลูกในดินซึ่งปลูกหรือโรยด้วยราไตรโคเดอร์มา พบว่า เมล็ดจะงอกเร็วกว่าปกติ 2 – 3 วัน และต้นกล้าจะมีขนาดใหญ่โตกว่าปกติ (จิระเดช แจ่มสว่าง, 2547) และผลการทดสอบของพันธุ์ Sweet boy ชุดควบคุมมีผลดีที่สุด ทั้งนี้อาจเนื่องจาก *Trichoderma* spp. มีผลต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ในพืช ซึ่งมีผลเกี่ยวเนื่องกับค่าสีของมะเขือเทศ ทำให้การใส่ปุ๋ยชีวภาพจากรา *T. phayaoense* ไม่มีความแตกต่างกัน เมื่อเทียบกับกรรมวิธีอื่น ๆ นอกจากนี้ Herrera-Téllez et al., 2019 รายงานว่า *Trichoderma* spp. มีการใช้อย่างแพร่หลาย ซึ่งจะคอยช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโต โดยมีการศึกษา *T. asperellum* ที่ส่งผลให้ต้นมะเขือเทศมีการเติบโตเพิ่มมากขึ้นทั้งในรากและยอดหลังจาก 40 วัน

ข้อเสนอแนะ

1. การใช้ปุ๋ย *Trichoderma* spp. ในการส่งเสริมคุณภาพ และควบคุมโรค ต้องมีการคำนวณความเข้มข้นในการใช้งานอย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากเชื้อราสาเหตุของโรค มีความต้านทานต่อการป้องกันกำจัดเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ในอนาคต

2. งานวิจัยนี้สามารถนำไปต่อยอด ในการหาวัสดุรูปแบบต่าง ๆ นำมาใช้ร่วมกับ *Trichoderma phayaoense* (L113) เพื่อลดต้นทุนในการทำปุ๋ยชีวภาพ เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโต และป้องกันกำจัดโรคของพืชได้

มหาวิทยาลัยพะเยา
UNIVERSITY OF PHAYAO

บรรณานุกรม

กลุ่มวิจัยโรคพืช สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. (2552). คู่มือโรคผัก. กรมวิชาการเกษตร. 153 หน้า.

เกษม สร้อยทอง. (2532). การใช้ *Chaetomium cupreum* ในการควบคุมโรคใบไหม้ของข้าวโพดโดยชีววิธี. วารสารโรคพืช 9(1): 28–33.

เกษม สร้อยทอง. (2551). เทคโนโลยีการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย ธรรมศาสตร์. 213 หน้า.

จักรพงศ์ หรั่งเจริญ. (2011). การ ยับยั้งการเจริญของเชื้อ *Pythium myriotylum* โดยแบคทีเรียเขตรากพืชจากระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. Burapha Science Journal, 16(1), 22–31.

จันทร์เพ็ญ ศักดิ์สิทธิพิทักษ์. (2543). ผักพื้นบ้าน: อาหารที่ไม่ควรมองข้าม. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 214–216.

จิระเดช แจ่มสว่าง. (2547). การควบคุมโรคผักโดยชีววิธี. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตร การควบคุม ศัตรูพืชโดยชีววิธีในการปลูกผักระบบไม่ใช้ดิน และภายในโรงเรือน จัดโดย สำนักงานกองทุน สนับสนุนการวิจัย (สกว.) (ชุดโครงการ–การจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน) และคณะเทคโนโลยี การเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2547 ณ. อาคารเจ้าคุณทหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง กรุงเทพฯ.

จิระเดช แจ่มสว่าง และ ดร.วรรณวิไล อินทนู. (2560). ไตรโคเดอร์มา : เชื้อรามหัศจรรย์สำหรับใช้ควบคุมโรคพืช *Trichoderma* : A miracle biocontrol agent for plant disease control. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน.

ชณิตรา โพธิคเวษฐ์, ทรงศิลป์ พจน์ชนะชัย, อภิรดี อุทัยรัตนกิจ และภาณุมาศ ฤทธิไชย. (2553). ผลของการทำ priming ต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์แตงกวา. วิทยาศาสตร์เกษตร. 41: 405–408.

ไทยเกษตรศาสตร์. (2555). โรคเหี่ยวของพืช. แหล่งที่มา : https://www.thaikasetsart.com/%E0%B9%82%E0%B8%A3%E0%B8%84%E0%B9%80%E0%B8%AB%E0% ค้นหาเมื่อ 10 มิถุนายน 2565.

นฤมล แวงคล้ายหงษ์ และชวนพิศ บุญชิตสิริกุล. (2550). ความผันแปรทางพันธุกรรมระหว่างไอโซเลทของ เชื้อราสกุล Trichoderma จากบริเวณรากของพริกและสารชีวภัณฑ์. วารสารเกษตร, 23(2), 115–121.

นุชนาฏ จงเลขา. (2561). โรคเน่าคอดิน (Damping off of seedling) ของตระกูลพริกมะเขือ. ศูนย์อารักขาพืช มูลนิธิโครงการหลวง.

ประภาษ กาวิช, วนารัตน์ นาติโน และวิไลวรรณ พัฒนาสันต์. (2563). การพัฒนาชีวภัณฑ์ไตรโคเดอร์มาชนิดเม็ด เพื่อการควบคุมโรคเหี่ยวเหลืองของมะเขือเทศ. หน่วยวิจัยศัตรูพืชและการควบคุมโดยชีววิธี คณะทรัพยากรธรรมชาติและอุตสาหกรรมการเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ จังหวัดสกลนคร.

ประไพพิศ อินเสน. (2560). สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากราเอนโดไฟท์. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย.

ภาณุเดช เทียนชัย. (2562). การควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อนโดยใช้ราเอนโดไฟท์และสารปรับปรุงดิน. คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา.

ยุทธศักดิ์ เจียมไชยศรี , อภิรัชต์ สมฤทธิ์ และ ธารทิพย์ ภาสบุตร์. (2555) การศึกษาประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดโรคพืชในการ ป้องกันกำจัดเชื้อรา *Pythium* สาเหตุโรคพืช. รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2555 สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช, กรุงเทพฯ, หน้า 1141–1144.

ร่ม สุรีย์ มนตรี ภักดี, & ส ร ั ญ ยา ณ ลำปาง. (2559). ประสิทธิภาพ ของ เชื้อ แอก ติ โน ไม ซี ส ์ ใน การ ควบคุม เชื้อรา *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Thai Agricultural Research Journal*, *34*(2), 184–195.

วรรณรีย์ คนขยัน. (2551). คู่มือนักวิชาการส่งเสริม การเกษตร(มะเขือเทศ). พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ.

วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก และรัตนาภรณ์ นครไธสง. 2557. การศึกษาการป้องกันกำจัดโรคใบจุดของผักกาดหอมในระบบการปลูกแบบไฮโดรโปนิคส์ด้วยสารสกัดสมุนไพร. วารสารนเรศวร พะเยา 7(2).

วาสนา ฤทธิ์ไธสง, วรรณวิไล อินทนู, จิระเดช แจ่มสว่าง และชวลิต ฮงประยูร. (2548). การควบคุมโรคเน่า ระดับดินและโรครากเน่าของมะเขือเทศสาเหตุจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ด้วยการใช้ เชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma* spp. ร่วมกับธาตุแคลเซียมและซิลิกอน. วิทยาสารกำาแพงแสน. 31: 8–17.

ศศิธร วุฒิวณิชย์. (2545). การควบคุมโรคพืชและแมลงศัตรูโดยชีววิธี. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุพจน์ กาเซ็ม. (2557). ชีววิธีการควบคุมโรคพืชกับการผลิตพืชอาหารปลอดภัย. ภาควิชาโรคพืช คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์. (2565). มะเขือเทศ สรรพคุณและประโยชน์ของมะเขือเทศ. แหล่งที่มา : https://www.opsmoac.go.th/surin-local_wisdom-preview-422891791839 ค้นหาเมื่อ10 มิถุนายน 2565.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2566). มะเขือเทศ: พื้นที่ปลูก เนื้อที่ เก็บเกี่ยว ผลผลิตและผลผลิตต่อไร่ รายภาค และรายจังหวัด. แหล่งที่มา: https://www.oae.go.th/assets/portals/1/files/tomato%2066.pdf ค้นหาเมื่อ 21 มีนาคม 2567.

อภิรัชต์ สมฤทธิ์, พัฒนา สนธิรัตน, นิยม ไข่มุกข์ และ ธารทิพย ภาสบุตร. (2545). รวบรวมและจำแนกชนิดเชื้อราสกุล Fusarium สาเหตุโรคชนิดต่างๆ ของพืชเศรษฐกิจ. รายงานผลงานวิจัยประจำปีกลุ่มงานวิทยาไมโค กองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรม วิชาการเกษตร จตุจักร กรุงเทพฯ.

อรพรรณ วิเศษสังข์ และจุมพล สาระนาค. (2558). โรคพืชผักและการป้องกันกำจัด. เคหการเกษตร. หน้า 26-44.

ออลล์เกษตร. (2559). โรคในมะเขือเทศ. แหล่งที่มา : https://www.allkaset.com/contents/%E0%B9%82%E0%B8%A3%E0%B8%84%E0%B9%83%E0%B8%99% ค้นหาเมื่อ 10 มิถุนายน 2565.

อังคณา โรจน์ประจักษ์ และอมรศรี ขุนอินทร์. (2564). ศักยภาพของสปอร์แขวนลอย เชื้อรา *Trichoderma* spp. ในการควบคุมการฟัก และการพัฒนาของ กลุ่มไข่ไส้เดือนฝอยสาเหตุรากปม ในมะเขือเทศ. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า : 39(3) : 198-205.

Abdalla, M. Y. (1986). Isolation and characterization of species and races of Colletotrichum occurring on alfalfa, The Ohio State University.

Aegerter, B. J., Gordon, T. R., and Davis, R. M. (2000). "Occurrence and pathogenicity of fungi associated with melon root rot and vine decline in California." Plant disease **84**(3): 224-230.

Benítez, T., Rincón, A. M., Limón, M. C., and Codon, A. C. (2004). "Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains." International microbiology **7**(4): 249-260.

Clarke, B. B., White Jr, J. F., Hurley, R. H., Torres, M. S., Sun, S., and Huff, D. R. (2006). "Endophyte-mediated suppression of dollar spot disease in fine fescues." Plant

Dingle, J. and P. A. Mcgee (2003). "Some endophytic fungi reduce the density of pustules of Puccinia recondita f. sp. tritici in wheat." Mycological Research **107**(3): 310–316.

Dos Santos, G. F., Locatelli, G. O., Coêlho, D. A., Botelho, P. S., De Amorim, M. S., De Vasconcelos, T. C. L., and Bueno, L. A. (2015). "Factorial design, preparation and characterization of new beads formed from alginate, polyphosphate and glycerol gelling solution for microorganism microencapsulation." Journal of Sol–Gel Science and Technology **75**: 345–352.

Elad, Y., Chet, I., and Henis, Y. (1981). "Biological control of Rhizoctonia solani in strawberry fields by *Trichoderma harzianum*." Plant and Soil **60**: 245–254.

Etebarian, H. R., Scott, E. S., and Wicks, T. J. (2000). "*Trichoderma harzianum* T39 and T. virens DAR 74290 as potential biological control agents for Phytophthora erythroseptica." European Journal of Plant Pathology **106**: 329–337.

Gonzalez–Pérez, E., Ortega–Amaro, M.A., Salazar–Badillo, F.B., Bautista, E., Douterlungne, D., Jiménez–Bremont, J.F. (2018). "The Arabidopsis–*Trichoderma* interaction reveals that the fungal growth medium is an important factor in plant growth induction." Scientific reports **8**(1): 1–14.

Gull, C., Labuschagne, N. and Botha, W.J. (2004). "*Pythium* species associated with wilt and root rot of hydroponically grown crops in South Africa." African Plant Protection **10**(2): 109–116.

Harman, G. E., Howell, C. R., Viterbo, A., Chet, I., and Lorito, M. (2004). "*Trichoderma* species—opportunistic, avirulent plant symbionts." Nature reviews microbiology **2**(1): 43–56.

Herrera–Téllez, Verónica I., Cruz–Olmedo, Ana K., Plasencia, Javier., Gavilanes–Ruíz, Marina., Arce–Cervantes, Oscar., Hernández–León, Sergio. and Saucedo–García, Mariana. (2019). "The protective effect of *Trichoderma asperellum* on tomato plants against *Fusarium oxysporum* and Botrytis cinerea diseases involves inhibition of reactive oxygen species production." International journal of molecular sciences **20**(8): 2007.

Irtwange, S. V. (2006). "Application of biological control agents in pre–and postharvest operations." Agricultural Engineering International: CIGR Journal.

Kaewchai, S. (2009). "Mycofungicides and fungal biofertilizers." Fungal Divers **38**: 25–50.

Khetan, S.K. (2000). Microbial pest control, CRC Press.

Konappa, N., Krishnamurthy, S., Arakere, U.C., Chowdappa, S., and Ramachandrappa, N.S. (2020). "Efficacy of indigenous plant growth–promoting rhizobacteria and *Trichoderma* strains in eliciting resistance against bacterial wilt in a tomato." Egyptian Journal of Biological Pest Control **30**: 1–13.

Maruyama, C. R., Bilesky–José, N., de Lima, R., and Fraceto, L. F. (2020). "Encapsulation of *Trichoderma harzianum* preserves enzymatic activity and enhances the potential for biological control." Frontiers in bioengineering and biotechnology **8**: 225.

Morita, S., Azuma, M., Aoba, T., Satou, H., Narisawa, K., and Hashiba, T. (2003). "Induced systemic resistance of Chinese cabbage to bacterial leaf spot and Alternaria leaf spot by the root endophytic fungus, Heteroconium chaetospira." Journal of general plant pathology **69**: 71–75.

Narisawa, Ohki, and Hashiba. (2000). "Suppression of clubroot and Verticillium yellows in Chinese cabbage in the field by the root endophytic fungus, Heteroconium chaetospira." Plant Pathology **49**(1): 141–146.

Nuangmek, W., Kumla, J., Lumyong, S., and Suwannarach, N. (2021). Evaluation of a newly identified endophytic fungus, *Trichoderma phayaoense* for plant growth promotion and biological control of gummy stem blight and wilt of muskmelon. Frontiers in Microbiology, 12, 634772.

Ownley, B. H., Griffin, M. R., Klingeman, W. E., Gwinn, K. D., Moulton, J. K., and Pereira, R. M. (2008). "Beauveria bassiana: endophytic colonization and plant disease control." Journal of invertebrate pathology **98**(3): 267–270.

Pal, K. K., and Gardener, B. M. (2006). "Biological control of plant pathogens."

Paulitz, T. C. and R. R. Bélanger (2001). "Biological control in greenhouse systems." Annual review of phytopathology **39**(1): 103–133.

Rodriguez, R. J., White Jr, J. F., Arnold, A. E., and Redman, A. R. A. (2009). "Fungal endophytes: diversity and functional roles." New phytologist **182**(2): 314–330.

Sibounnavong, P., Keoudone, C., Soytong, K., Divina, C. C., and Kalaw, S. P. (2010). "A new mycofungicide Emericella nidulans against tomato wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici in vivo."

Singh, J. and Kalamdhad, A. S. (2013). "Effects of lime on bioavailability and leachability of heavy metals during agitated pile composting of water hyacinth." Bioresource technology **138**: 148–155.

Skidmore, A. M., and Dickinson, C. H. (1976). "Colony interactions and hyphal interference between Septoria nodorum and phylloplane fungi." Transactions of the British Mycological Society **66**(1): 57–64.

Tang, W., Yang, H., and Ryder, M. (2001). "Research and application of *Trichoderma* spp. in biological control of plant pathogen." Bio-Exploitation of filamentous fungi: 403–435.

Vinale, F., Marra, R., Scala, F., Ghisalberti, E. L., Lorito, M., and Sivasithamparam, K. (2006). "Major secondary metabolites produced by two commercial Trichoderma strains active against different phytopathogens." Letters in applied microbiology **43**(2): 143–148.

Viterbo, A. D. A., Wiest, A. R. I. C., Brotman, Y., Chet, I. L. A. N., and Kenerley, C., (2007). "The 18mer peptaibols from *Trichoderma* virens elicit plant defence responses." Molecular Plant Pathology **8**(6): 737–746.

Vukelic, I., Radic, D., Pecinar, I., Levic, S., Djikanovic, D., Radotic, K., and Pankovic, D. (2024). "Spectroscopic Investigation of Tomato Seed Germination Stimulated by *Trichoderma* spp." Biology **13**(5): 340.

Waller, F., Achatz, B., Baltruschat, H., Fodor, J., Becker, K., Fischer, M., and Kogel, K. H. (2005). The endophytic fungus Piriformospora indica reprograms barley to salt-stress tolerance, disease resistance, and higher yield. Proceedings of the National Academy of Sciences, 102(38), 13386-13391.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก วิธีการเตรียมสูตรอาหารเลี้ยงเชื้อ

อาหารเลี้ยงเชื้อ Potato dextrose agar (PDA)

Potato dextrose broth	26.5	กรัม
Agar	20	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร
Chloramphenicol	0.05	กรัม

ชั่ง Potato dextrose broth, Agar และ Chloramphenicol ตามปริมาณที่กำหนด ทำการต้มน้ำกลั่นปริมาตร 750 มิลลิลิตร จนน้ำเดือด แล้วใส่สารที่ชั่งไว้ลงไป ทำการคนให้ละลายจนส่วนผสมทั้งหมดละลายเข้าด้วยกัน แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปเพื่อปรับปริมาตร ให้ถึง 1000 มิลลิลิตร จากนั้นเทอาหารลงในขวดรูปขวดแก้ว (Duran Laboratory Bottle) ขนาด 500 มิลลิลิตร ขวดละประมาณ 300 มิลลิลิตร และนำไปนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 20 นาที

ภาคผนวก ข วิธีการประเมินคุณภาพ และส่วนประกอบทางเคมีของมะเขือเทศ

1. เปอร์เซ็นต์การงอก

เริ่มนับจำนวนเมล็ดที่งอกตั้งแต่วันที่สองที่เริ่มเพาะเมล็ด นับทุก ๆ วัน นาน 5 วัน และนำไปคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด จากสูตร

$$\text{เปอร์เซ็นต์การงอก} = \frac{\text{จำนวนเมล็ดที่งอก}}{\text{จำนวนเมล็ดทั้งหมด}} \times 100$$

2. ความสูงต้น

วัดความสูงของต้นมะเขือเทศ โดยวัดจากส่วนที่อยู่เหนือวัสดุปลูกจนถึงปลายยอด โดยใช้ตลับเมตร โดยทำการเก็บข้อมูลในวันสุดท้ายของการทดลอง หน่วยเป็นเซนติเมตร

3. ชั่งน้ำหนักแห้งของต้นมะเขือเทศ

หลังเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยนำรากมาล้างให้สะอาด ระมัดระวังอย่าให้รากขาด จากนั้นตัดบริเวณส่วนเหนือดิน และส่วนของรากแยกออกจากกัน แล้วนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นชั่งน้ำหนักแห้งส่วนที่อยู่เหนือดิน และน้ำหนักแห้งส่วนรากของกล้าไม้แต่ละต้น และนำมาคำนวณดังนี้

$$\text{ECM dependency} = \frac{(\text{Biomass of ECM plant} - \text{Biomass of non ECM plant}) \times 100}{\text{Biomass of ECM plant}}$$

4. การวิเคราะห์ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (Total soluble solids; TSS)

โดยนำน้ำคั้นมะเขือเทศที่ได้จากการปั่นเนื้อรวมกันจนละเอียดหยดลงบนเครื่อง บริกซ์รีแฟรกโตมิเตอร์ (Brix Refractometer) รุ่น PAL – 1 จากนั้นบันทึกค่าที่อ่านได้ มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์

5. การวิเคราะห์ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Titratable acidity; TA)

ชั่งมะเขือเทศที่ปั่นละเอียด น้ำหนัก 1 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 มิลลิลิตร จากนั้นนำไปวัดค่าความเป็นกรดด่างด้วยเครื่อง pH Meter บันทึกค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น นำไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 0.1 นอร์มัล จนสารละลายมีความเป็นกรดด่างเท่ากับ 8.2 บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ นำปริมาตรของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไปคำนวณหาปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ (Horwitz, 1975) จากสูตร

$$\%TA = \frac{(\text{ml NaOH})(\text{N NaOH})(\text{meq.wt.acid}) \times 100}{\text{Weight of sample (g)}}$$

กำหนดให้

ml NaOH	คือ	ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไทเทรตกับสารละลายตัวอย่าง (มิลลิลิตร)
N NaOH	คือ	ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีหน่วยเป็นนอร์มัล (N)
meq.wt.acid	คือ	คือ 1 มิลลิกรัมสมมูลของน้ำหนักกรดซิตริก เท่ากับ 0.064
Weight of sample	คือ	น้ำหนักของตัวอย่างที่นำมาใช้ไทเทรต (กรัม)

6. การวิเคราะห์ปริมาณคลอโรฟิลล์

ชั่งมะเขือเทศที่ปั่นละเอียด 1 กรัม นำมาบดในโกร่งบด จากนั้นเติมสารละลายแอซีโตน ความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ตั้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที แล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.1 ปรับปริมาตรเป็น 20 มิลลิลิตร แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง (OD) ที่ความยาวคลื่น 645 และ 663 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายแอซีโตนความเข้มข้น 80 เปอร์เซ็นต์ เป็น Blank นำค่า OD ที่วัดได้มาคำนวณปริมาณคลอโรฟิลล์ มีหน่วยเป็นมิลลิกรัมต่อ 100 กรัมน้ำหนักสด (Rangana, 1986) จากสูตร

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ เอ} = [12.7(\text{OD } 663) - 2.69(\text{OD } 645)] \times \frac{V}{1000 \times W}$$

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ บี} = [22.9(OD\ 645) - 4.68(OD\ 663)] \times \frac{V}{1000 \times W}$$

$$\text{ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด} = [20.2(OD\ 645) - 8.02(OD\ 663)] \times \frac{V}{1000 \times W}$$

โดยที่ V คือ ปริมาตรสุดท้ายของสารละลายที่นำมาหาปริมาณคลอโรฟิลล์

W คือ น้ำหนักของมะเขือเทศที่นำมาหาปริมาณคลอโรฟิลล์

OD คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่อ่านได้จากค่าความยาวคลื่นแสงที่ 645 และ663 นาโมตร

7. การวัดค่าสีของผลมะเขือเทศ

วัดสีของผลมะเขือเทศด้วยเครื่องวัดสี (Chroma meter) โดยการวัดผลมะเขือเทศจากตัวอย่างจำนวน 5 ลูก บันทึกค่าในระบบ C.I.E. LAB คือค่า L*, a*, b*, chroma และ hue angle (°) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. L* = The lightness factor (value)
   L* เป็นค่าที่บอกถึงความสว่างของสี
   เมื่อมีค่าเข้าใกล้ 100 แสดงว่าวัตถุมีความสว่างมาก จนเป็นสีขาวหรือสีจาง เมื่อมีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าวัตถุมีสีเข้มหรือสีคล้ำ
2. a*, b* = The chromaticity coordinates (hue angle, chroma)
   a* ถ้ามีค่าเป็นบวกแสดงว่าวัตถุมีสีแดง ถ้ามีค่าเป็นลบแสดงว่าวัตถุมีสีเขียว
   b* ถ้ามีค่าเป็นบวกแสดงว่าวัตถุมีสีเหลือง ถ้ามีค่าเป็นลบแสดงว่าวัตถุมีสีน้ำเงิน
   ทั้งนี้ค่า a* และ b* มีค่าอยู่ระหว่าง –60 ถึง +60
   เมื่อค่า a* และค่า b* มีค่าเป็นศูนย์ หมายถึง วัตถุเป็นสีเทา
3. chroma (C*) เป็นค่าที่แสดงความเข้มของสี
   มีค่าเข้าใกล้ 0 เมื่อวัตถุมีสีจาง (เทา) และมีค่าเข้าใกล้ 60 เมื่อวัตถุมีสีที่เข้มขึ้น
   ทั้งนี้ค่า chroma สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$\text{chroma } (C^*) = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$$

4. ค่า hue angle (H°) ใช้แสดงช่วงสีของวัตถุมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 360 องศา คือ

ค่าระหว่าง 0–45 องศา แสดง สีม่วงแดงถึงสีส้มแดง

ค่าระหว่าง 45–90 องศา แสดง สีส้มแดงถึงสีเหลือง

ค่าระหว่าง 90–135 องศา แสดง สีเหลืองถึงสีเหลืองเขียว

ค่าระหว่าง 135–180 องศา แสดง สีเหลืองเขียวถึงสีเขียว

ค่าระหว่าง 180–225 องศา แสดง สีเขียวถึงสีน้ำเงินเขียว

ค่าระหว่าง 225–270 องศา แสดง สีน้ำเงินเขียวถึงสีน้ำเงิน

ค่าระหว่าง 270–315 องศา แสดง สีน้ำเงินถึงสีม่วง

ค่าระหว่าง 315–360 องศา แสดง สีม่วงถึงสีม่วงแดง

ทั้งนี้ค่า hue angle สามารถคำนวณได้จากสมการ

hue angle (H°) = arctangent (b^*/a^*) เมื่อ $a^* > 0$ และ $b^* \geq 0$

= 180° + arctangent (b^*/a^*) เมื่อ $a^* < 0$

= 360° + arctangent (b^*/a^*) เมื่อ $a^* > 0$ และ $b^* < 0$

8. วัดปริมาณไลโคปีน

วิธีการมาตรฐานในการประมาณค่าไลโคปีนคือ ใช้spectrophotometric การดูดกลืนแสงของไลโคปีนสกัดในปิโตรเลียมอีเทอร์ (40 มล.) ถูกบันทึกไว้ที่ความยาวคลื่นที่แตกต่างกันสามช่วงแสง ได้แก่ 445, 472, 502. พิจารณาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่ 472 นาโนเมตร เหมาะสำหรับไลโคปีนในปิโตรเลียมอีเทอร์ปริมาณไลโคปีน(มก.) จากสูตร

$$\text{Lycopene (mg)} = \frac{A \times dil \times ml \times 10}{E^{1\%}_{1cm}}$$

โดยที่ A คือ การดูดกลืนแสงของสารละลายในคิวเวต 1 ซม.

dil คือ ปัจจัยการเจือจาง

ml คือ ปริมาณของตัวอย่างทั้งหมด (มล.)

$E^{1\%}_{1cm}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสูญเสียจำเพาะของไลโคปีนในปิโตรเลียมอีเทอร์ เท่ากับ 3450

มหาวิทยาลัยพะเยา
UNIVERSITY OF PHAYAO

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายอภิวิชญ์ คำเงิน
วัน เดือน ปี เกิด	1 มีนาคม 2541
สถานที่เกิด	จังหวัด พะเยา
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2564 – ปัจจุบัน ระดับปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์การเกษตร คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา จ. พะเยา พ.ศ. 2559-2563 ปริญญาตรี สาขาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จ.เชียงใหม่
ที่อยู่ปัจจุบัน	165/1 หมู่ที่ 6 ต.แม่กา อ.เมือง จ.พะเยา 56000
ผลงานตีพิมพ์	อภิวิชญ์ คำเงิน, นครินทร์ สุวรรณราช และ วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก, 2565, ผลของราเอนโดไฟท์ Trichoderma phayaoense (L1I3) ต่อการกระตุ้นการงอกของเมล็ดมะเขือเทศ 10 สายพันธุ์, วารสารแก่นเกษตร, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.