การควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อน โดยใช้ราเอนโดไฟท์และสารปรับปรุงดิน

ภาณุเดช เทียนชัย

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร
พฤษภาคม 2563
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

การควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อน โดยใช้ราเอนโดไฟท์และสารปรับปรุงดิน

ภาณุเดช เทียนชัย

วิทยานิพนธ์เสนอมหาวิทยาลัยพะเยา เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร
พฤษภาคม 2563
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

CONTROL OF *FUSARIUM* WILT IN MELON BY ENDOPHYTIC FUNGI IN COMBINATION WITH SOIL CONDITIONER

PANUDECH THIANCHAI

A Thesis Submitted to University of Phayao

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Master of Science Degree in Agricultural Science

May 2020

Copyright 2020 by University of Phayao

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อน โดยใช้ราเอนโดไฟท์และสารปรับปรุงดิน

ของ ภาณุเดช เทียนชัย

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การเกษตร

ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ดร.นครินทร์ สุวรรณราช)

..... ประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร.บุญร่วม คิดค้า)

..... กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(รองศาสตราจารย์ ดร. มนัส ทิตย์วรรณ)

..... อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไวพจน์ กันจู)

..... คณบดีคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญฤทธิ์ สินค้างาม)

เรื่อง: การควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อน โดยใช้ราเอนโดไฟท์และสารปรับปรุงดิน

ผู้วิจัย: ภาณุเดช เทียนชัย, วิทยานิพนธ์: วท.ม. (วิทยาศาสตร์การเกษตร), มหาวิทยาลัยพะเยา, 2562

อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.บุญร่วม คิดค้า รองศาสตราจารย์ ดร.มนัส ทิตย์วรรณ

คำสำคัญ ราเอนโดไฟท์, เมล่อน, สารปรับปรุงดิน

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) ที่แยกได้จากพืชสมุนไพรต้นสาบเสือ (*Chromolaena odorata* L.) และ *T. harzianum* (R24I2) ที่แยกได้จากพืชตระกูลแตงร่วมกับสารปรับปรุงดินในการควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อน ในการทดลองที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพสารปรับปรุงดินต่อการเจริญของราเอนโดไฟท์บนอาหาร PDA พบว่าสารปรับปรุงดินทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลต่อการเจริญของราเอนโดไฟท์ทั้งสองชนิด การทดลองที่ 2 การทดสอบความสามารถในการเกิดโรค พบว่าราเอนโดไฟท์ทั้ง 2 สายพันธุ์ ได้แก่ *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *T. harzianum* (R24I2) ไม่ก่อให้เกิดโรคในเมล่อน ในขณะที่ทดสอบความสามารถในการเกิดโรคของรา *Fusarium equiseti* (UP-PA002) พบว่า มีการเกิดโรคในระยะเมล็ดอยู่ในดิน 54 เปอร์เซ็นต์ การทดลองที่ 3 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *T. harzianum* (R24I2) ต่อยับยั้งรา *F. equiseti* (UP-PA002) โดยวิธี dual culture พบว่า มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง เท่ากับ 84.16 และ 80.88 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ การทดลองที่ 4 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ในการควบคุมโรคเหี่ยวในระดับโรงเรือน พบว่ากรรมวิธีที่ปลูกเชื้อ *Trichoderma* sp. (L1I3) มีจำนวนใบ จำนวนข้อ ความสูง และน้ำหนักผล มากที่สุด และมีคะแนนการเกิดโรคเฉลี่ยระดับ 1.00 การทดลองที่ 5 การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราต่อการยับยั้งการเจริญของรา *F. equiseti* (UP-PA002) ในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่าสาร etridiazole ร่วมกับ quintozene ที่ระดับความเข้มข้นตามคำแนะนำในฉลาก (normal dose) สามารถยังยั้งการเจริญของรา *F. equiseti* (UP-PA002) สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อนได้สูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ การทดลองสุดท้าย เป็นการทดสอบใช้ราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อนในระดับแปลงทดลอง พบว่าการใช้สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับราเอนโดไฟท์ (*Trichoderma* sp. L1I3) มีจำนวนใบ จำนวนข้อ และความสูง มากที่สุด และไม่มีการเกิดโรค

Title: CONTROL OF *FUSARIUM* WILT IN MELON BY ENDOPHYTIC FUNGI IN COMBINATION WITH SOIL CONDITIONER

Author: Panudech Thianchai, Thesis: M.Sc. (Agricultural Science), University of Phayao, 2019

Advisor: Assistant Professor Dr. Wipornpan Nuangmek Co-advisor Dr.Bunraum Khitka Associate Professor Dr.Manas Titayavan

Keyword Endophytic fungi, Melon, Soil Conditioner

ABSTRACT

This study aimed to evaluated the efficiency of the combination of endophytic fungi isolated from Siam weed *Eupatorium odoratum* L. (*Trichoderma* sp. L113) and *Cucurbitaceae* (*T. harzinum* R2412) and soil conditioner for control Fusarium wilt of melon (*Cucumis melo* L.) caused by *Fusarium equiseti* (UP-PA002). For experiment 1, combination test of endophytic fungi and soil condition by culture endophytic fungi on PDA added with different concentration of soil condition, showed that the supplement with soil condition in different concentration in PDA did not affect the mycelial growth of selected endophytic fungi. Experiment 2 pathogenicity test of endophytic fungi, the result showed that both selected endophytic fungi, *T. harzinum* R2412 and *Trichoderma* sp. L113 did not develop disease symptom on melon, while pathogenicity test of *F. equiseti* UP-PA002 have disease severity 54% at pre-emergence stage. Experiment 3 dual culture test of endophytic fungi (*T. harzinum* R2412 and *Trichoderma* sp. L113) for inhibited mycelial growth of *F. equiseti* UP-PA002 showed that *T. harzinum* R2412 and *Trichoderma* sp. L113 could inhibit mycelial growth of *F. equiseti* UP-PA002 at 84.16% and 80.88%, respectively. Experiment 4 the effect of endophytic fungi for control Fusarium wilt in greenhouse, found that melon plant that inoculated with *Trichoderma* sp.L113 has highest value of number of leaves, internodes, plant height and fruit weight, and the disease score was evaluated at 1.00. Experiment 5 the efficiency of fungicide to inhibit growth of *F. equiseti* (UP-PA002) *in vitro*, the result indicated that etridiazole combined with quintozene at recommended dose showed 100% growth inhibition. The last experiment was evaluated the selected endophytic fungi and soil conditioner for control wilt disease in the field. The result revealed that the combination of soil conditioner at two litter per rai with endophytic fungi (*Trichoderma* sp. L113) showed the highest value of number of leaves, internodes and plant height without wilt disease symptoms.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ทุนโครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ประจำปี 2560 (MSD60I0038) ที่ให้การสนับสนุนงบประมาณในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก ประธานคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างยิ่ง ที่กรุณามอบโอกาสทางการศึกษาต่อในระดับมหาบัณฑิต ชี้แนะแนวทางในการเรียนรู้ อบรมสั่งสอน ค่อยให้ความช่วยเหลือและดูแลเป็นอย่างดี ตลอดการศึกษาและชี้แนะแนวทางการทำวิทยานิพนธ์ รวมถึงการตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของการเขียนเล่ม จนวิทยานิพนธ์เล่นนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. มนัส ทิตย์วรรณ, อาจารย์ ดร. บุญร่วม คิดค้า และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ไวพจน์ กันจู คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตลอดจน ดร. นครินทร์ สุวรรณราช ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้แนวทางและคำแนะนำในการแก้ไขวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนเสร็จสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คณะอาจารย์ประจำหลักสูตรวิทยาศาสตร์การเกษตร นักวิทยาศาสตร์ นักวิจัย และอาจารย์ในคณะทุก ๆ ท่าน ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ และเทคนิควิธีการในการทำงานวิจัยเป็นอย่างดี ตลอดจนเจ้าหน้าที่สำนักงานเลขานุการและบุคลากรทุก ๆ ท่านที่ค่อยอำนวยความสะดวกในการติดต่อประสานงาน และคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติที่สนับสนุนสถานที่ในการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณ บริษัท เนเจอร์ เวนเจอร์ จำกัด ที่สนับสนุน สารปรับปรุงดิน ที่นำมาใช้ในงานวิจัย และให้คำแนะนำ วิธีการใช้ สารปรับปรุงดิน จนงานวิจัยเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกท่าน ที่ให้ทั้งโอกาส กำลังใจและการสนับสนุนในทุก ๆ ด้านมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้วิทยานิพนธ์เล่มนี้คงเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจ ความดีและประโยชน์ที่พึงมีขอมอบให้แด่บิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณแก่ข้าพเจ้าทุกท่าน หากแต่มีข้อผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้า ขออภัยไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ภาณุเดช เทียนชัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฏ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 1
ขอบเขตของการวิจัย 2
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 2
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3
เอนโดไฟท์ 3
วงจรชีวิตของราเอนโดไฟท์ 4
ราเอนโดไฟท์และการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี 5
ไตรโคเดอร์มา 7
กลไกการควบคุมโรคของราไตรโคเดอร์มา 8
การผสมผสานการใช้ด้วยวิธีชีวภาพในการควบคุมโรคพืช 10
เมล่อน (melon) 11
โรคเหี่ยวในเมล่อน 11
Fusarium sp. 11

ชนิดของรา *Fusarium* sp. 12
อาการของพืชที่เกิดจากการเข้าทำลายของรา *Fusarium equiseti* 13
กลไกการเข้าทำลายพืชของเชื้อรา *Fusarium* sp. 13
สารปรับปรุงดิน 14
บทบาทสารปรับปรุงดิน (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2537) 14
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 18
1. การเตรียมราเอนโดไฟท์และราก่อโรคในการทดลอง 18
2. การทดสอบประสิทธิภาพสารปรับปรุงดินต่อการเจริญของราเอนโดไฟท์ 19
3. การทดสอบการเกิดโรค (Pathogenicity test) 20
4. การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *T. harzianum* (R24I2) ต่อยับยั้งรา *F. equiseti* (UP-PA002) โดยวิธี dual culture 22
5. การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ในการควบคุมโรคเหี่ยวในระดับโรงเรือน 23
6. การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราต่อการยับยั้งการเจริญของรา *F. equiseti* สายพันธุ์ UP-PA002 สาเหตุโรคเหี่ยวของเมล่อน 26
7. การทดสอบควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อนโดยใช้ราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในแปลงทดลอง 27
บทที่ 4 ผลการวิจัย 31
1. การทดสอบประสิทธิภาพสารปรับปรุงดินต่อการเจริญของราเอนโดไฟท์ 31
2. การทดสอบการเกิดโรค (Pathogenicity test) 33
3. การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *T. harzianum* (R24I2) ต่อยับยั้งรา *F. equiseti* (UP-PA002) โดยวิธี dual culture 38
4. การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ในการควบคุมโรคเหี่ยวในระดับโรงเรือน 39
5. การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราต่อการยับยั้งการเจริญของรา *F. equiseti* สายพันธุ์ UP-PA002 สาเหตุโรคเหี่ยวของเมล่อน 52

6. การทดสอบควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อนโดยใช้ราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในแปลงทดลอง....54
บทที่ 5 บทสรุป.... 69
สรุปผลการวิจัย.... 69
อภิปรายผลการวิจัย....73
ข้อเสนอแนะ....82
บรรณานุกรม....84
ภาคผนวก.... 91
ภาคผนวก ก วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อรา....92
ภาคผนวก ข การคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นสปอร์ของรา....93
ภาคผนวก ค วิธีวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน....94
ภาคผนวก ง ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินที่ใช้ในการทดลอง.... 102
ประวัติผู้วิจัย.... 104

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงอัตราความเข้มข้นของสารปรับปรุงดิน 19

ตาราง 2 แสดงอัตราการใช้สารเคมี 27

ตาราง 3 การเจริญของราเอนโดไฟท์บนอาหารที่ผสมสารปรับปรุงดินที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ 32

ตาราง 4 การเกิดโรคเน่าของเมล่อนเกิดจากรา *F. equiseti* (UP-PA002) ทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะเมล็ดอยู่ในดิน (pre-emergence symptoms), ระยะเมล็ดงอกขึ้นมาจากดิน (post-emergence symptoms) และระยะต้นกล้า (occurrence of damping-off symptoms) 37

ตาราง 5 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. สายพันธุ์ L1I3 และ *T. harzianum* สายพันธุ์ R24I2 ต่อการควบคุมการเจริญของรา *F. Equiseti* สายพันธุ์ UP-PA002 สาเหตุโรคเหี่ยวของเมล่อน ในระดับห้องปฏิบัติการ (In vitro) 39

ตาราง 6 ความสูงของเมล่อนที่ปลูกทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนในระดับโรงเรือนหลังจากย้ายปลูกใน 41

ตาราง 7 จำนวนใบของเมล่อนที่ปลูกทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนในระดับโรงเรือน หลังจากย้ายปลูกใน โรงเรือนนาน 1-7 สัปดาห์ 42

ตาราง 8 จำนวนข้อของเมล่อนที่ปลูกทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนในระดับโรงเรือน หลังจากย้ายปลูกในโรงเรือนนาน 1-7 สัปดาห์ 43

ตาราง 9 น้ำหนักรากและลำต้นของเมล่อน ที่ปลูกราเอนโดไฟท์ในระดับโรงเรือน 45

ตาราง 10 คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของเมล่อนที่ปลูกทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนในระดับโรงเรือน หลังจากย้ายปลูกในโรงเรือนนาน 1-7 สัปดาห์ 46

ตาราง 11 แสดงลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารหลักของดินที่ใช้ปลูกเมล่อนในระดับโรงเรือน 48

ตาราง 12 คะแนนการเกิดโรคเหี่ยวในระดับโรงเรือน หลังจากปลูกเชื้อ 14 วัน 50

ตาราง 13 ชนิดของราที่แยกได้จากการสุ่มตัวอย่างต้นเมล่อนทุก 2 สัปดาห์ ในระดับโรงเรือน 51

ตาราง 14 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของรา *F. equiseti* สายพันธุ์ UP-PA002 ของสารป้องกันกำจัดเชื้อราในระดับห้องปฏิบัติการ 53

ตาราง 15 ความสูงของเมล่อนที่ปลูกทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนในแปลงทดลองหลังจากย้ายปลูก 1-7 สัปดาห์.....56

ตาราง 16 จำนวนใบของเมล่อนที่ปลูกทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนในแปลงทดลองหลังจากย้ายปลูก 1-7 สัปดาห์.....57

ตาราง 17 จำนวนข้อของเมล่อนที่ปลูกทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนในแปลงทดลองหลังจากย้ายปลูก 1-7 สัปดาห์.....58

ตาราง 18 น้ำหนักรากและน้ำหนักลำต้นของเมล่อน ที่ปลูกราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในการควบคุมโรคเหี่ยวในแปลงทดลอง.....59

ตาราง 19 คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของเมล่อนที่ปลูกทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนในแปลงทดลอง หลังจากย้ายปลูก นาน 1-7 สัปดาห์.....62

ตาราง 20 ลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารหลักของดินที่ใช้ปลูกเมล่อนในระดับแลงทดลอง 65

ตาราง 21 คะแนนการเกิดโรคเหี่ยว ในการทดสอบราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในการควบคุมโรคเหี่ยวในระดับแปลงปฏิบัติการ หลังจากปลูกเชื้อ 14 วัน.....67

ตาราง 22 ชนิดของราที่แยกได้จากการสุ่มตัวอย่างต้นเมล่อนทุก 2 สัปดาห์ ในแปลงทดลอง 68

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพ 1 แสดงลักษณะราเอนโดไฟท์ทั้ง 2 ชนิด และเชื้อสาเหตุโรคเหี่ยวที่เลี้ยงบนอาหาร PDA นาน 7 วัน..... 18

ภาพ 2 แสดงวิธีการทดสอบการควบคุมการเจริญของราสาเหตุโรคพืช ด้วยวิธี Dual culture.....22

ภาพ 3 ลักษณะโคโลนีของรา *Trichoderma* sp. L113 ที่เจริญบนอาหาร PDA ที่ผสมสารปรับปรุงดินที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ 31

ภาพ 4 ลักษณะต้นเมล่อนที่ทดสอบการเกิดโรค โดยปลูกรา *T. harzianum R24I2* และ *Trichoderma* sp. L113 นาน 7–14 วัน 33

ภาพ 5 ลักษณะอาการผิดปกติของเมล็ดเมล่อนที่ปลูกเชื้อด้วยรา *F. equiseti* (UP–PA002) ในระยะเมล็ดอยู่ในดิน (pre–emergence symptoms) 34

ภาพ 6 ลักษณะอาการผิดปกติของต้นกล้าเมล่อนที่ปลูกเชื้อด้วยรา *F. equiseti* (UP–PA002) ในระยะเมล็ดงอกขึ้นจากดิน (post–emergence symptoms).....35

ภาพ 7 ลักษณะต้นกล้าเมล่อนที่ปลูกเชื้อด้วยรา *F. equiseti* (UP–PA002) ในระยะ ต้นกล้า (Occurrence of damping–off symptoms).....36

ภาพ 8 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อยับยั้งรา *F. equiseti* (UP–PA002) โดยวิธี dual culture 38

ภาพ 9 การเจริญเติบโตของเมล่อนในระดับโรงเรือน สัปดาห์ที่ 1–7.....40

ภาพ 10 ลักษณะเมล่อนหลังการเก็บเกี่ยวอายุ 60 – 65 วัน.....44

ภาพ 11 ลักษณะอาการของต้นเมล่อนที่ทดสอบการควบคุมโรคเหี่ยว (*F. equiseti*.....49

ภาพ 12 ลักษณะโคโลนีของรา *F. equiseti* (UP–PA002) สาเหตุโรคในเมล่อนบนอาหาร PDA ที่ผสมสารป้องกันกำจัดเชื้อราจำนวน 4 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ 52

ภาพ 13 การเจริญเติบโตของเมล่อนในแปลงทดลองที่ทดสอบราเอนโดไฟท์กับสาร ปรับปรุงดิน นาน 1–7 สัปดาห์.....55

ภาพ 14 ลักษณะเมล่อนหลังการเก็บเกี่ยวในแปลงทดลอง อายุเก็บเกี่ยว 60 – 65 วัน..... 61

ภาพ 15 ลักษณะต้นเมล่อนในแปลงทดลอง จากการทดสอบการเกิดโรคเหี่ยว..... 66

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เมล่อน (melon) จัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่นิยมปลูกทั่วโลกโดยมีความสำคัญทั้งด้านอาหาร ยารักษาโรค และเวชสำอาง (Ali, and Pandey A.K., 2006) พื้นที่ปลูกเมล่อนทั่วประเทศมีทั้งหมด 1,498 ไร่ และผลผลิตรวมทั้งประเทศเหลือเพียง 4,837 ตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2562) เนื่องจากนี้ในระดับการปลูกแบบแปลงประสบปัญหาการระบาดของโรคเหี่ยว ซึ่งมีสาเหตุเกิดจากเชื้อราในดินคือ *Fusarium equiseti* พืชที่ติดเชื้อจะทำให้มีการเหี่ยวและตายลง แต่เชื้อรายังคงสามารถอาศัยอยู่ในดินได้เป็นระยะเวลาที่ยาวนานมากกว่า 3 ปี (Freeman, et al., 2002) และยิ่งไปกว่านี้ถ้าไม่มีการจัดเรื่องการให้น้ำและการปลูกพืชหมุนเวียน จะทำให้การระบาดของโรคเพิ่มมากขึ้น (Ghorbani, et al., 2008) การควบคุมโรคในแปลงปลูกแคนตาลูปนั้น เกษตรกรยังใช้สารเคมีเป็นหลัก โดยใช้ตั้งแต่ระยะต้นกล้าถึงระยะเก็บเกี่ยวเป็นประจำทุก 3–7 วัน หรือถ้ามีการระบาดของศัตรูพืชมาก ๆ เกษตรกรจะฉีดพ่นสารเคมีกำจัดศัตรูพืชทุกวันหรือวันเว้นวัน เพื่อป้องกันผลผลิต ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง นอกจากนี้การใช้สารเคมีติดต่อกันเป็นเวลานาน อาจส่งผลให้มีการตกค้างของสารพิษทั้งในผลผลิตและในสภาพแวดล้อม ซึ่งเป็นผลเสียต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค รวมถึงสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในสภาพแวดล้อม ดังนั้นการปลูกพืชหมุนเวียนที่ไม่ใช่พืชตระกูลแตงและการควบคุมทางชีวภาพเข้ามาช่วยในการควบคุม เป็นสิ่งจำเป็นที่จะช่วยลดการระบาดของโรคในดิน การควบคุมโรคพืชด้วยวิธีชีวภาพจะได้ผลดีที่สุดเมื่อมีการใช้หลายวิธีผสมผสานกันเป็นแบบบูรณาการ เช่น การใช้ร่วมกับการปรับปรุงสภาพแวดล้อม การปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อปฏิปักษ์ที่ใช้ควบคุมโรคจะให้ผลดีกว่า โดยชีววิธีสามารถใช้วิธีการปรับปรุงดินในการช่วยส่งเสริมประสิทธิภาพการควบคุมได้ดียิ่งขึ้น จึงได้ศึกษาการควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อนโดยใช้เชื้อราเอนโดไฟท์และสารปรับปรุงดิน เพื่อผลิตเกษตรแบบปลอดภัย ลดการใช้สารเคมี และลดการตกค้างของสารพิษทั้งในผลผลิตและในสภาพแวดล้อม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของราเอนโดไฟท์ที่ได้จากพืชสมุนไพรต้นสาบเสือและพืชตระกูลแตงต่อการควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อนโดยชีววิธี

2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในการควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ทดสอบความสามารถในการเกิดโรคโดยใช้สารแขวนลายสปอร์ราเอนโดไฟท์ 2 สายพันธุ์ ได้แก่ รา *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *Trichoderma harzianum* (R24I2) และราก่อโรค *Fusarium equiseti* สายพันธุ์ UP-PA002 ฉีดพ่นบนต้นเมล่อน พร้อมทั้งตรวจสอบอาการบนต้นเมล่อน

2. ทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราต่อการยับยั้งการเจริญของรา *F. equiseti* สายพันธุ์ UP-PA002 สาเหตุโรคเหี่ยวของเมล่อน

3. ทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ในการเจริญเติบโตของต้นเมล่อนในระดับโรงเรือน พร้อมทั้งวิเคราะห์การเจริญเติบโต และผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว

4. ทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ในการควบคุมโรคเหี่ยวในระดับโรงเรือน พร้อมทั้งตรวจสอบจำนวนประชากรของเชื้อก่อโรค และการเข้าอาศัยของราเอนโดไฟท์

5. ศึกษาการควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อน โดยใช้ราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในแปลงทดลอง พร้อมทั้งบันทึกการเกิดโรค และผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว สุ่มเก็บตัวอย่างดินเพื่อศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ ทางเคมี และปริมาณธาตุอาหาร สุ่มเก็บตัวอย่างพืชทำการแยกเชื้อกลับ เพื่อศึกษาการอยู่รอดของราเอนโดไฟท์

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้ชนิดราเอนโดไฟท์ที่มีประสิทธิภาพสามารถควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อนได้ รวมถึงเทคนิคการจัดการที่ใช้สารปรับปรุงดินเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมโรคของเชื้อราปฏิปักษ์

2. การใช้เชื้อราเอนโดไฟท์สามารถลดค่าใช้จ่ายในการใช้สารเคมีควบคุมโรคพืชได้ ทำให้เกษตรกรมีรายได้เพิ่มขึ้น

3. ได้ผลผลิตจากเมล่อนที่ปลอดสารพิษ ไม่มีสารตกค้างจากการใช้สารเคมีซึ่งเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอนโดไฟท์

เอนโดไฟท์ (endophytic fungi) จัดเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีภาวะการอยู่ร่วมกันระหว่างราที่อาศัยอยู่ร่วมกับพืช ในลักษณะที่สิ่งมีชีวิตทั้งสองประเภทต่างพึ่งพาอาศัยกันที่เรียกว่า ภาวะสมชีพ (symbiosis) ความสัมพันธ์ระหว่างราเอนโดไฟท์กับพืชเป็นแบบภาวะพึ่งพากัน (mutualism) ที่ต่างฝ่ายต่างได้ประโยชน์ โดยที่พืชกับราเอนโดไฟต์อาศัยร่วมอยู่ด้วยนั้นจะให้สารอาหารและที่อยู่อาศัยที่เหมาะสมกับราเอนโดไฟท์ ส่วนราเอนโดฟ์ก็จะสร้างสารเมทาโบไลต์ (metabolites) บางอย่างที่ช่วยปกป้องพืชไม่ให้ได้รับอันตรายจากแมลง โรค และสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม (อนุเทพ ภาสุระ, 2558) นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเรื่องราเอนโดไฟท์ที่สร้างสารระเหย (volatile organic compounds, VOCs) ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางด้านการเกษตร เช่น รา *Nodulisporium* sp. ที่แยกจากลำต้นอบเชย นำมาใช้ควบคุมโรคหลังการเก็บเกี่ยวของผลไม้ด้วยวิธีการรมควัน โดยยับยั้งการเจริญของรา *Botrytis cinerea* สาเหตุโรคผลเน่าขององุ่น และ รา *Penicillium expansum* สาเหตุโรคผลเน่าของแอปเปิ้ล (Park, et al., 2010)

(ประภัสสร รักถาวร, อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ และเชาวนี มีหวัง, 2556) มีการศึกษาพืชสมุนไพรในวงศ *Piperaceae* จากสวนปาสมุนไพรใน 6 จังหวัดของประเทศไทยมาแยกราเอนโดไฟต พบวา สามารถแยกราเอนโดไฟตได้ทั้งหมด 271 ไอโซเลท และราเอนโดไฟตที่แยกจากก้านและใบพริกไทยที่เก็บจากสวนป่าสมุนไพร ศูนย์การศึกษาพัฒนาเขาหินซ้อน อ. พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา จำนวน 3 ไอโซเลท ได้แก่ CNB 1, CNB 2 และ CNB 3 มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง รา *Aspergillus niger*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Lasiodiplodia theobromae* และ *Rhizopus stolonifer* สูงในระดับ 77.8–100 เปอร์เซ็นต์

(อารดา กำเหนิดงาม และคณะ, 2556) ศึกษาความหลากหลายของราเอนโดไฟท์จากพืช จำนวน 16 ตัวอย่าง แยกราโดยวิธี sodium hypochlorite–ethanol surface sterilization techniques บนอาหาร water agar (WA) พบราเอนโดไฟท์ จำนวน 139 สายพันธุ์ (isolates) และราที่ไม่สร้างสปอร์ จำนวน 35 สายพันธุ์ ทดสอบประสิทธิภาพของราเอนโดไฟท์ จำนวน 5 ชนิด ในการสร้างสารระเหยยับยั้งการเจริญของเส้นใยรา *Phytophthora palmivora* ในห้องปฏิบัติการ พบว่าราเอนโดไฟท์ *Nodulisporium* sp. (KUFC 7297) ที่แยกได้จากกิ่งโกงกางใบเล็ก สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยรา *P. palmivora* ได้ 100 เปอร์เซ็นต์

(ณัฐวดี บุญทองดี และคณะ, 2561) ศึกษาการออกฤทธิ์ต้านเชื้อราของราเอนโดไฟท์ที่แยกได้จากกล้วยไม้ไทย โดยแยกราเอนโดไฟท์ได้จำนวนทั้งหมด 97 ไอโซเลต แยกจากใบ 43 ไอโซเลต ลำต้น 39 ไอโซเลต และดอก 15 ไอโซเลต ซึ่งแยกได้จากกล้วยไม้ไทยจำนวน 20 ตัวอย่าง ราเอนโดไฟท์รหัส CKL19-3 แยกได้จากใบของกล้วยไม้ *Ascocentrum curvifolium* เมื่อจัดจำแนกโดยลักษณะทางสัณฐานวิทยาและชีวโมเลกุล พบว่า ราเอนโดไฟท์ *Lasiosphaeria* sp. และมีฤทธิ์ในการต้านเชื้อราก่อโรค *Cuvularia* sp. และ *Fusarium* sp. ได้อย่างดี

วงจรชีวิตของราเอนโดไฟท์

การถ่ายทอดของราเอนโดไฟท์ไปสู่พืชต้นใหม่ แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ

1. แบบ vertical transmission โดยราจะถ่ายทอดผ่านทางเมล็ดพันธุ์ เกิดขึ้นโดยราเอนโดไฟท์เข้าไปอาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของต้นพืชเจ้าบ้าน (host plant) ในระหว่างที่พืชมีการเจริญเติบโตอยู่ในช่วงพัฒนาระบบสืบพันธุ์ เช่น ในระยะพัฒนาช่อดอกและสร้างเมล็ด ทำให้ราเอนโดไฟท์สามารถเพิ่มจำนวนและถ่ายทอดเชื้อจากพืชรุ่นหนึ่งสู่พืชอีกรุ่นหนึ่งได้ ราที่มีการแพร่กระจายแบบแนวดิ่งนี้ที่พบเกือบทั้งหมดเป็นราที่ไม่ก่อให้เกิดโรคพืช (nonpathogenic fungi) และมีการสืบพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ และพบได้เฉพาะในพืชกลุ่มไม้ยืนต้นเนื้อแข็งเท่านั้น (อนุเทพ ภาสุระ, 2558)

2. แบบ horizontal transmission โดยการแพร่กระจาย ของสปอร์ไปสู่พืชต้นใหม่ (Saikkonen, et al., 2004) โดยราเอนโดไฟท์จะมีการสร้างสปอร์แบบอาศัยเพศ และสร้างส่วนเส้นใยพิเศษที่งอกออกมาจากสปอร์คือ โครงสร้างแอพเพรสซอเรียม (appressorium) สำหรับแทงเข้าไปในพืชแล้วเจริญไปพร้อม ๆ กับพืชเจ้าบ้านนั้น การถ่ายทอดแบบแนวราบนี้สามารถพบได้ทั่วไปในพืชแทบทุกชนิด (อนุเทพ ภาสุระ, 2558) ราเอนโดไฟท์ที่เป็นตัวอย่างของการศึกษาวงจรชีวิต ได้แก่ รา *Epichloë festucae* Leuchtm ซึ่งเป็นราเอนโดไฟท์ของหญ้า *Festuca rubra* L. ราสร้าง perithecial stromata บริเวณช่อดอก และปลดปล่อย ascospore เข้าสู่หญ้าต้นใหม่ที่อยู่ใกล้เคียงผ่านทางดอกของหญ้า จากนั้น เส้นใยของราเจริญไปสู่ส่วนออวุล (ovule) และเจริญพร้อมกับการพัฒนาของเมล็ดหญ้า โดยราเจริญอยู่ระหว่างชั้นแอลิวโรน (aleurone) และเปลือกเมล็ด (seed coat) จากนั้นราเจริญเข้าสู่เอ็มบริโอ (embryo) ของเมล็ด เมื่อเมล็ดงอกเป็นต้นอ่อน เส้นใยของราจะเจริญไปพร้อมกับการเจริญเติบโตของพืช โดยเจริญอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์พืช เชื้อราสามารถเจริญไปสู่ส่วนของลำต้น ใบ และส่วนของกอที่แตกใหม่ เมื่อหญ้าอยู่ในระยะที่กำลังสร้างดอก ราเจริญไปสู่ส่วนตาข้าง (lateral bud) และ

ก้านช่อดอก จากนั้นราเจริญเข้าสู่เมล็ดและถ่ายทอดเชื้อไปยังต้นใหม่ต่อไปผ่านทางเมล็ดพันธุ์ (Clay K, and Schardl C.L., 2012)

ราเอนโดไฟท์และการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี

ปัจจุบันมีการควบคุมโรคโดยชีววิธีมากขึ้น โดยนำเชื้อจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์มาใช้ทั้งควบคุมโรคและส่งเสริมการเจริญของพืช โดยพบว่า รา *Trichoderma* sp. เป็นราปฏิปักษ์ที่นำไปใช้เป็นสารชีวภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพควบคุมราโรคพืชหลายชนิด (จิระเดช แจ่มสว่าง และคณะ, 2533; สุภาพร อวรัญ และคณะ, 2537) นอกจากสามารถควบคุมโรคพืชโดยตรงแล้วรา *Trichoderma* sp. ยังสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มผลผลิตของพืชหลายชนิด (Inbar, et al.,1994; Vidic, 2011)

Trichoderma harzianum (R24I2) เป็นราเอนโดไฟท์ที่พบในพืชสมุนไพรต้นหิ่งเม่น ในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา เมื่อทำการศึกษาผลของปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาที่หมักด้วยรายอ่อยสลาย *T. harzianum* ต่อการควบคุมโรคเน่าคอดินของคะน้า โดยการทดสอบการควบคุมรา *Pythium aphanidermatum* สาเหตุโรคเน่าคอดินในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า *T. harzianum* สามารถยับยั้งการเจริญของรา *P. aphanidermatum* สาเหตุโรคเน่าคอดินได้เท่ากับ 80.61 เปอร์เซ็นต์ และการทดสอบการควบคุมโรคเน่าคอดินในระดับโรงเรือนโดยเปรียบเทียบปุ๋ย 3 ชนิด ได้แก่ ปุ๋ยอินทรีย์โรงงาน ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 และปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวา พบว่ากรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวา (อัตรา 500 กก./ไร่) ร่วมกับการปลูกรา *P. aphanidermatum* และกรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาเพียงอย่างเดียว มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเน่าคอดิน (DI) น้อยที่สุดเท่ากับ 4 และ 8 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรรมวิธีที่ใส่ปุ๋ยเคมี สูตร 46-0-0 ร่วมกับการปลูกรา *P. aphanidermatum* พบว่า คะน้ามีการเกิดโรคเน่าคอดิน (DI) มากที่สุดเท่ากับ 86 เปอร์เซ็นต์ (วรวุฒิ อ้ายดวง และคณะ, 2561)

Trichoderma sp. (L1I3) สามารถแยกราเอนโดไฟท์จากสาบเสือซึ่งเป็นพืชสมุนไพรในเขตพื้นที่มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา ราเอนโดไฟท์ชนิดนี้ เมื่อทดสอบความสามารถในการผลิตกรดอินโดอะซิติค (IAA) และกรดจิบเบอเรลลิน (GA) โดยเลี้ยงในอาหาร Potato Dextrose Broth ที่ผสม Tryptophan (0.1 กรัม/ลิตร)สามารถผลิตกรดอินโดอะซิติค ได้ตั้งแต่ 4.024-356.691 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร และยังสามารถผลิตผลรวมกรดจิบเบอเรลลิน ได้ตั้งแต่ 258.542- 625.000 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร จากนั้นนำน้ำเลี้ยงราเอนโดไฟท์มาทดสอบการงอกของเมล็ดข้าวขาวดอกมะลิ 105 พบว่า รา *T. lentiforme* (L1I3) ที่แยกได้จากสาบเสือ มีอัตราการงอกของเมล็ดข้าวสูงสุด เท่ากับ 66.66 เปอร์เซ็นต์ (วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก และคณะ,

2558) โดยมีงานวิจัยหลายชิ้นรับรองว่าไตรโคเดอร์มาสามารถป้องกันโรคพืชชนิดต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งโรคพืชที่อยู่ใต้ดิน เช่น โรคเหี่ยว โรคเมล็ดเน่า หัวหรือรากเน่า และโคนเน่า เป็นต้น และโรคที่เกิดบนส่วนของพืชที่อยู่เหนือดิน ได้แก่ กิ่ง ผล ใบ และดอก (อภิรัชต์ สมฤทธิ์ และคณะ, 2553)

(วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก และคณะ, 2557) ศึกษาผลของรา *Trichoderma* sp. ต่อการเจริญเติบโต และการควบคุม โรคแคนตาลูปในแปลง พบว่า ต้นแคนตาลูปที่ใส่รา *Trichoderma* sp. รองก้นหลุมก่อนปลูก มีการเจริญเติบโตทางลำต้นมากที่สุด โดยมีความสูงและ จำนวนข้อเท่ากับ 143.07 เซนติเมตร และ 27.90 ข้อ ตามลำดับ ส่วนผลการเกิดโรคพบว่าในแปลงที่ใส่ราไตรโคเดอร์มา ไม่พบการเกิดโรคราน้ำค้างและโรคเหี่ยว ในขณะที่แปลงที่ไม่ใส่ราไตรโคเดอร์มาพบการเกิดราน้ำค้าง และโรคเหี่ยว ร้อยละ 26.70 และร้อยละ 80.00 ตามลำดับ

(ครองใจ โสมรักษ์ และ อังคณา เทียนกล่ำ, 2559) ศึกษาประสิทธิภาพของราไตรโคเดอร์มาชนิดสดในการควบคุมโรคราสนิมขาวของผักบุ้ง พบว่า การใช้ราไตรโคเดอร์มาชนิดสดสามารถควบคุมโรคราสนิมขาวในผักบุ้งได้ โดยพบร้อยละการเกิดโรคราสนิมขาว ร้อยละ 5.00 ในแปลงที่ปลูกโดยการใส่ ปุ๋ยหมักผสมราไตรโคเดอร์มาก่อนปลูก ส่วนแปลงที่ไม่ใช้ราไตรโคเดอร์มา (ควบคุม) พบร้อยละการเกิดโรคราสนิมขาว มากที่สุด คือ ร้อยละ 16.25 และมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) นอกจากนี้การใช้ราไตรโคเดอร์ มาทุกวิธีมีผลต่อความสูงและผลผลิตของผักบุ้ง เมื่อครบ 35 วันหลังปลูก พบว่า การพ่นราไตรโคเดอร์มาช่วยให้ต้นผักบุ้งมี ความสูงที่สุด คือ 31.9 เซนติเมตร โดยผักบุ้งที่ใช้ราไตรโคเดอร์มา ให้ผลผลิตระหว่าง 2.47 –2.67 กิโลกรัม/ตารางเมตร ส่วนทรีตเม้นต์ที่ไม่ใช้ราไตรโคเดอร์มาให้ผลผลิต 2.37 กิโลกรัม/ตารางเมตร

(สนอง ทองปาน, 2553) ศึกษาผลการใช้สารชีวภาพจากรา *Trichoderma* spp. เพื่อควบคุมโรครากเน่าและโคนเน่าของต้นราชินีหินอ่อน *Scindapsus aureus* ที่เกิดจากรา *Phytophthora parasitica* โดยให้สารชีวภาพจากรา *Trichoderma* spp. ให้โดยวิธีการฉีดพ่นทางใบและลำต้น 7 วัน/ ครั้ง ตลอด 3 เดือน ที่ระดับความเข้มข้น 2.0, 3.0, 4.0 และ 5.0 มิลลิลิตรต่อลิตรตามลำดับ พบว่า ต้นราชินีหินอ่อนที่ได้รับสารชีวภาพจากรา *Trichoderma* spp. จากการฉีดพ่นทางใบ มีผลต่อการป้องกันโรคโคนเน่าและรากเน่าได้ดีที่สุด ที่ความเข้มข้น 4.0 มิลลิลิตร/ลิตร

(ธิติ ทองคำงาม และคณะ, 2556) ศึกษาการประเมินความสามารถในการเป็นราปฏิปักษ์ในสภาพห้องปฏิบัติการของ *Trichderma* ไอโซเลท รา *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lactucae* สาเหตุโรคเหี่ยวของผักสลัดที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์ ด้วยวิธีการ dual-culture test

พบว่ารา *Trichoderma* spp. ทุกไอโซเลทที่นำมาทดสอบ มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญของรา *F. oxysporum* (F 221-R และ F 422-G) ได้ ซึ่งจะเห็นเด่นชัดที่สุด จำนวน 3 ไอโซเลท คือ T 515-1, T515-2 และ T 515-3 มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 53.4-73.1 เปอร์เซ็นต์ วิธี volatile metabolite test พบว่า รา *Trichoderma* spp. ทุกไอโซเลทที่นำมาทดสอบสามารถสร้างสารระเหยได้ แต่มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งค่อนข้างต่ำอยู่ในช่วง 25.2-44.8 เปอร์เซ็นต์ และวิธี detached leaf assay พบว่า รา *Trichoderma* spp. มีศักยภาพและคุณสมบัติในการลดความรุนแรงของโรคบนใบของผักสลัดที่เกิดจากเชื้อสาเหตุ 3 ชนิด คือรา *F. oxysporum* 3 ไอโซเลท F 114-B, F 221-R, F 422-G, รา *Curvularia* sp. และรา *Alternaria* sp. ได้ 50-80 เปอร์เซ็นต์ Gava and Pinto (2016) ทำการประเมินความสามารถของ *Trichoderma* spp. ต่อการควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อนในแปลงปฏิบัติการ ในการทดสอบครั้งแรกได้ทำการประเมินการใช้ *T. harzianum* LCB47, *T. viride* LCB48, *T. koningii* LCB49, และ *T. polysporum* LCB50 ต่อการควบคุมโรคเหี่ยวที่อยู่ในดินตามธรรมชาติ โดยกรรมวิธีที่ใช้ *T. polysporum* LCB50 มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวสูงที่สุด (44.85 เปอร์เซ็นต์) และให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 43% ในการทดสอบครั้งที่สอง *T. polysporum* LCB50 ได้นำใช้ในกระบวนการเพาะเมล็ดและทำซ้ำอีกครั้งหลังปลูก 15 วัน โดยใช้น้ำหมัก 2 อัตราส่วนคือ 25 mL pL^{-1} (LC25) และ 50 mL pL^{-1} (LC50) ให้พืชเป็นรายสัปดาห์ ตามกระบวนการปลูกพืช การทดสอบนี้ใช้ *T. polysporum* LCB50 ($P<0.05$) สามารถควบคุมโรคเหี่ยวได้ (32.2 เปอร์เซ็นต์) และให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ในกรรมวิธีที่ใช้ *T. polysporum* LCB50 + (LC50) ซึ่งในเชิงการค้าสามารถเพิ่มผลผลิตได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ จากผลที่ได้ การประยุกต์ใช้ *T. polysporum* LCB50, (LC50) และ อินทรียวัตถุต่างๆ สามารถนำไปใช้ในการป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวได้

ไตรโคเดอร์มา

ราไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma* spp.) เป็นราปฏิปักษ์หรือเป็นศัตรูต่อราก่อโรคพืชหลายชนิด มีสีเขียว เจริญเติบโตได้ดีในดิน บนเศษซากพืช ซากสิ่งมีชีวิต และซากอินทรีย์วัตถุตามธรรมชาติ ชอบสภาพดินที่ชื้นแต่ไม่แฉะ สามารถเป็นปรสิต (parasite) โดยการพันรัดเส้นใยราสาเหตุโรคพืชแล้วสร้างเอนไซม์ เช่น ไคติเนส (chitinase) เบต้า-1,3 กลูคาเนส (β-1,3 glucanase) และเซลลูเลส (cellulose) ย่อยสลายผนังเส้นใยของโรคพืช จากนั้นจึงแทงเส้นใยเข้าไปเจริญอยู่ภายในเส้นใยโรคพืช ทำให้สูญเสียความมีชีวิตลง นอกจากนี้ยังมีความสามารถสูงในการแข่งขัน (competition) กับเชื้อโรคพืชด้านการใช้อาหาร เจริญเติบโตสร้างเส้นใยและสปอร์ได้อย่างรวดเร็ว บางสายพันธุ์สามารถสร้างสารปฏิชีวนะ (antibiotics) เพื่อยับยั้งหรือทำ

ลายเส้นใยของเชื้อโรคจนเกิดการเหี่ยวสลายและตายได้ (ศูนย์ส่งเสริมเทคโนโลยีการเกษตรด้านอารักขาพืช จังหวัดขอนแก่น, 2562

กลไกการควบคุมโรคของราไตรโคเดอร์มา

ราไตรโคเดอร์มาเป็นราที่มีคุณสมบัติและศักยภาพสูงในการใช้ควบคุมราสาเหตุโรคพืช และประสบผลสำเร็จในการผลิตเพื่อการค้า เนื่องจากสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็ว สร้างสปอร์ได้ปริมาณสูงมาก สามารถแข่งขันกับเชื้อโรคพืชหรือจุลินทรีย์ที่มีอยู่รอบข้างได้ดี ปรับตัวเองให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ทนทานต่อสารเคมีในดินได้ดี สามารถเจริญร่วมกับรากพืชและช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช (Benitez, et al., 2006; Vinale, et al., 2006; จิระเดช แจ่มสว่าง, 2547)

1. การควบคุมศัตรูพืช ราเอนโดไฟท์เป็นเชื้อราที่อยู่ภายในกิ่ง ใบและส่วนต่าง ๆ ของพืช โดยไม่ทำให้พืชเกิดอาการเป็นพิษและเป็นโรคพืช การศึกษาวิจัยเรื่องราเอนโดไฟท์เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการควบคุมโรคพืชทางชีววิธีจึงมีผู้สนใจศึกษากันมาก พืชที่นำมาศึกษาควรเป็นพืชที่เจริญในพื้นที่ที่ปลอดจากมลภาวะและสารพิษ (Worapong, et al., 2001) พบว่าราเอนโดไฟท์ *Muscoder albus* จากอบเชย *Cinnamonmum zeylanicum* สามารถสร้างสารระเหยที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของราสาเหตุโรคพืชหลายชนิดได้แก่ *Sclerotinia sclerotiorum, R. solani* และแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* (เลขา มาโนช และคณะ, 2552ข) ที่นำสารระเหยที่ได้จากรา *M. albus* ไปใช้เป็นยาฆ่าแมลงในการกำจัดตัวอ่อนและตัวเต็มวัยผีเสื้อในหัวมันฝรั่ง ในโรงเก็บมันฝรั่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ (เลขา มาโนช และคณะ, 2552ก) ซึ่งพบว่ามีการนำราเอนโดไฟท์ *M. albus* มาเลี้ยงบนเมล็ดแคนตาลูป เพื่อให้ราสร้างสารระเหยในการควบคุม *Meloidogyne chitwoodi* และ *M. Hapha* ไส้เดือนฝอยสาเหตุโรคพืชในห้องปฏิบัติการและในโรงเรือนปลูกพืชทดลองที่ประเทศสหรัฐอเมริกาได้อีกด้วย นอกจากนี้ (สายสมร ลำยอง และคณะ, 2541) อ้างอิงใน Arkansas (1992) พบว่า ราเอนโดไฟท์สามารถยับยั้งการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอยและทำให้พืชสามารถเจริญเติบโตได้ในระยะที่นานกว่าและไม่ต้องใช้ปุ๋ยมาก

(เลขา มาโนช และคณะ, 2552ก) พบว่า ราเอนโดไฟท์ที่ไม่สร้างโครงสร้างของสปอร์ สร้างเฉพาะเส้นใยเท่านั้น (sterile mycelium) ที่แยกได้จากอุตพิษ (*Typhonium trilobatum*) สามารถยับยั้งกรเจริญเติบโตของราสาเหตุโรคพืชได้หลายชนิดได้แก่ *Colletotrichum lagenerium, Phytopthora cinnamomi, P. palmivora, Pythium ultimum, Rhizoctania solani* และ *Sclerotinia sclerotiorum*

2. ลดการเกิดราที่ทำให้เกิดโรคเน่าหลังการเก็บเกี่ยว Jeffers (1991) ได้ศึกษาการเกิดราในแต่ละฤดูในใบและผลของแคนเบอร์รี่ที่ไม่มีอาการโรค และที่พ่นฆ่ารา captofol, chlorothalonil และ mancozeb จำนวน 3 ครั้ง ในช่วงห่างกัน 14 วัน เพื่อป้องกันโรคหลังการเก็บเกี่ยว สามารถแยกราได้จากส่วนของใบและผลที่เก็บตัวอย่างตลอดปี หลังจากทำการฆ่าเชื้อที่ผิวและพบเชื้อเพียง 7 ชนิดที่เป็นเชื้อสาเหตุของโรค ได้แก่ *Apostrasseria lunata, Botryoshaeria vacciniaa, Glomerella cinglulata, Godroni acassandrae* และ *Physalospara vaccinii* ที่มีสัณฐานต่างกัน 2 ชนิด *Phythoptora* sp. และ *Pyrenobotrys campacia* และอีก 3 ชนิด ที่มีความเป็นไปได้ที่จะทำให้เกิดโรคเชื้อ *B. vaccinii* และ *P. vaccinii* พบในความถี่สูงและพบเสมอ สัดส่วนของใบและผลที่แยกได้นั้นจะสูงขึ้นตามเวลาที่ฤดูกาลผ่านไป ในตัวอย่างที่ใช้ยาฆ่าเชื้อราก็ไม่พบความแตกต่างของราเอนโดไฟท์ ในช่วงของฤดูที่ศึกษาทั้งใบและผลการใช้ยาฆ่าเชื้อราก็ไม่พบความแตกต่างของ ราเอนโดไฟท์ ในช่วงของฤดูที่ศึกษาทั้งใบและผล การใช้ยาฆ่าเชื้อราช้าไป 2-6 สัปดาห์ จะเพิ่มจำนวนในใบและผลการให้ยาในช่วงเกือบสิ้นสุดของฤดูกาลจะลดจำนวนโคโลนีของราเอนโดไฟท์ราสาเหตุโรคพืชและ *B. vaccinii* ในใบและผล แต่ราอื่นไม่มีผลสรุปว่าการใช้ยาฆ่าเชื้อราในช่วง 10 สัปดาห์ หลังตาดอกแตกจะลดการเกิดราในใบและผลของแคนเบอร์รี่ได้ดีกว่าการให้ในระยะก่อนนี้ นอกจากนี้ยังมีราเอนโดไฟท์ที่สร้างสารระเหย และสามารถผลิตสารใช้เป็น biofumigant ในการควบคุมหลังการเก็บเกี่ยว เช่น *Penicillium digitatum* และ *Geotrichumcitri-aurantii* ของมะนาวหลังการเก็บเกี่ยวได้ (Merciera, J. and Milanick, J.L. 2005; Wan, et al., 2008)

3. การสร้างฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโต ราเอนโดไฟท์สามารถกระตุ้นการเจริญโดยต้นพืชที่มีราเอนโดไฟท์อยู่จะมีการเจริญเติบโตมากกว่าต้นพืชที่ไม่มีเอนโดไฟท์ โดยช่วยทำให้พืชดูดซับธาตุอาหารได้มากขึ้น ตัวอย่างเช่นการสร้าง Indole-3-acetic acid (IAA) และ Indole-3-acetonitrile ซึ่งจะพบใน *Aureobasidium pullplan, Epicoccum purpurascens* ส่วน cytokinin ที่ผลิตโดย *Hypoxylon serpens* ที่แยกจากยาสูบ จะช่วยเร่งกระบวนการออกดอกของโฮสท์ (Fisher, et al., 1984)

ราเอนโดไฟท์สามารถผิดฮอร์โมนพืช เช่น จิบเบอลิลิน และออกซิน เพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชอาศัย (Rodriguez, et al., 2012; Waqas, et al., 2012) พบว่าราเอนโดไฟท์ *Phoma glomerata* LWL2 และ *Penicillium* sp. LWL3 สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตแคนตาลูปในสภาพแล้งได้ ในขณะที่ (Chen, et al., 2010) พบว่า รา *Fusarium* DL26 และ *Pyrenochaeta* DL351 สามารถกระตุ้นการเจริญของพืชได้และ (Khan, et al., 2012) พบว่าราเอนโดไฟท์ *Phaecilomeces formosus* LHL10 ทำให้แตงกวาที่อยู่ในสภาพดินเค็ม สามารถ

กระตุ้นการเจริญทำให้ต้นเจริญโต โดยมีปลายยอดยืดยาวมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุมที่ไม่ได้ปลูกเชื้อ

4. การสร้างสารปฏิชีวนะ ราเอนโดไฟท์หลายชนิดสร้างสารปฏิชีวนะในขณะเพาะเลี้ยง ซึ่งมีผลต่อต้าแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุโรคคนและพืช (Fisher, et al., 1984) ซึ่งมีรายงานผลการทดสอบ พบว่า ราเอนโดไฟท์มากกว่า 30% ของทั้งหมดที่ทำการคัดเลือกสร้างสารต้านเชื้อราและยังอธิบายถึงสารปฏิชีวนะที่มีฤทธิ์กว้างของ *Cryptosporiopsis* sp. ซึ่งเป็นเชื้อราเอนโดไฟท์ที่แยกได้จาก *Vaccinium myrtillus* และ พบว่า *Coniothyrium* sp. และ*Microsphaeropsis* sp. เกือบทุกชนิด จะสร้างสารปฏิชีวนะจำนวนมาก

การผสมผสานการใช้ด้วยวิธีชีวภาพในการควบคุมโรคพืช

หลักการในการจัดการโรคพืชด้วยวิธีชีวภาพจะได้ผลดีที่สุดเมื่อมีการใช้หลายวิธีผสมผสานกันเป็นแบบบูรณาการ เช่น การใช้ร่วมกับการปรับปรุงสภาพแวดล้อม การปรับปรุงสภาพแวดล้อมให้เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของเชื้อปฏิปักษ์ที่ใช้ควบคุมโรคจะให้ผลดีกว่าสภาพแวดล้อมที่ไม่ได้ปรับปรุง เช่น การนำเชื้อปฏิปักษ์ไปเก็บไว้ในที่ร่มไม่ให้ถูกแสงแดดจัด เชื้อปฏิปักษ์จะได้ไม่ตาย หรือมีการปรับปรุงสภาพความเป็นกรด–ด่าง (pH) ของดินเพื่อให้เชื้อปฏิปักษ์อยู่ในดินได้เป็นเวลานาน (นิพนธ์ ทวีชัย, 2550)

การนำเชื้อปฏิปักษ์ไปใช้ควบคุมโรคพืชมีหลายวิธีโดยการใช้เชื้อปฏิปักษ์เพื่อควบคุมโรคที่จะเกิดขึ้นบริเวณผิวรากจะมีวิธีการใช้เชื้อปฏิปักษ์ที่แตกต่างจากการใช้เชื้อปฏิปักษ์เพื่อควบคุมโรคที่จะเกิดขึ้นบริเวณผิวพืชที่อยู่เหนือดิน

การใช้เชื้อปฏิปักษ์เพื่อควบคุมโรคพืชบริเวณผิวรากมีวิธีการดังนี้

1. การคลุกเมล็ดพืชที่ใช้เพาะปลูกกับเชื้อปฏิปักษ์

2. การราดเชื้อปฏิปักษ์ที่ละลายในน้ำจำนวนมากลงดินเพื่อให้เชื้อปฏิปักษ์ไปสัมผัสกับรากของพืช

3. การคลุกผสมเชื้อปฏิปักษ์กับดินเพื่อให้เชื้อปฏิปักษ์ลงไปสัมผัสกับรากของพืช

4. การนำรากไปจุ่มในสารละลายเชื้อปฏิปักษ์จะทำให้เชื้อปฏิปักษ์สัมผัสกับรากของพืชได้อย่างทั่วถึง

การใช้เชื้อปฏิปักษ์เพื่อควบคุมโรคพืชบริเวณผิวพืชที่อยู่เหนือดินมีวิธีการดังนี้

1. การทาเชื้อปฏิปักษ์ตรงบริเวณแผลที่ส่วนของลำต้นและกิ่งก้านของพืช

2. การพ่นเชื้อปฏิปักษ์ที่ทำเป็นสารแขวนลอยให้ทั่วต้นพืชซึ่งมีหลักการปฏิบัติเหมือนการพ่นสารเคมีเพื่อกำจัดโรคพืช (นิพนธ์ ทวีชัย, 2553)

เมล่อน (melon)

เมล่อน (melon) มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cucumis melo* L. อยู่ในวงศ์ Cucurbitaceae มีถิ่นกำเนิดในแถบร้อนของทวีปแอฟริกา จึงไม่ชอบอากาศหนาวเย็นจัด แต่ชอบอากาศอบอุ่น แต่ไม่ร้อนจัด อุณหภูมิที่เหมาะสำหรับการปลูกแตงอยู่ที่ 25–30 องศาเซลเซียส ในเวลากลางวัน และ 18–20 องศาเซลเซียส ในเวลากลางคืน ดังนั้นฤดูกาลที่เหมาะสมสำหรับการปลูกเมล่อนในประเทศไทยจึงเป็นปลายฤดูฝนหรือฤดูฝนหนาว หากเมล่อนกระทบกับอากาศหนาวเย็นจะทำให้ชะงักการเจริญเติบโตได้ตั้งแต่ระยะต้นกล้า การออกดอกติดผลจะล่าช้า และถ้าอากาศยิ่งหนาวจัด ต่ำกว่า 15 องศาเซลเซียส ต้นเมล่อนจะหยุดการเจริญเติบโต ในทำนองกลับกันต้นเมล่อนก็ไม่ชอบอากาศที่ร้อนจัดเกินไป ถ้าอุณหภูมิเกินกว่า 30 องศาเซลเซียส เมล่อนมักจะสร้างแต่ดอกตัวผู้ ไม่มีดอกตัวเมีย หรือถ้ามีดอกตัวเมียแต่จะร่วงง่ายไม่ติดผล ค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) ของดินควรอยู่ที่ 6.0–6.5 ถ้ามีค่าต่ำกว่านี้แสดงว่าดินมีสภาพเป็นกรด ต้องทำการปรับค่าความเป็นกรด–ด่างของดินให้สูงขึ้นด้วยปูนขาว มิฉะนั้นจะเสี่ยงต่อการเกิดโรคเน่าของระบบรากในดิน ซึ่งเป็นเหตุผลสำคัญที่ไม่แนะนำให้ปลูกเมล่อนซ้ำในพื้นที่เดิมในฤดูติดกัน ควรปลูกพืชในวงศ์อื่นคั่น 1–2 ฤดู ก่อนที่จะกลับมาปลูกในที่เดิมอีกครั้ง ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยง การระบาดของโรคทางดิน เช่น โรคเหี่ยว ที่อาจสะสมอยู่จากการปลูกในฤดูที่ผ่านมา (Allkaset., 2562)

โรคเหี่ยวในเมล่อน

โรคเหี่ยวในเมล่อน เกิดจากเชื้อรา (*Fusarium* wilt) ลักษณะอาการของโรค คือ เชื้อสาเหตุเข้าสู่ต้นพืชทางราก ในระยะต้นอ่อนใบเลี้ยงจะเหี่ยว เปลี่ยนเป็น สีเหลือง พืชแสดงอาการเหี่ยวเฉาจากส่วนยอดลงมา ส่วนของเถาของต้นที่โตแล้วจะแสดงอาการ ใบล่างเหลือง โดยอาการเริ่มต้นแสดงหลายอย่างเช่น ต้นแตก เกิดอาการเน่าที่โคนและซอกใบ ถ้าเกิด อาการเน่า และพบราสีขาวบริเวณรอยแตก จากนั้นพืชจะแสดงอาการเหี่ยวและตาย (อารักษ์ ธีรพน, 2559)

***Fusarium* sp.**

เป็นราที่อาศัยในดินพบได้ทั่วไป เป็นพวกที่เข้าทำลายและทำให้เกิดโรคทางระบบท่อลำเลียงของพืช ซึ่งระบาดทำความเสียหายแก่ พืชไร่ พืชหัว พืชผัก ไม้ดอกไม้ประดับ และไม้ผล ทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว แต่โรคที่พบว่า รา *Fusarium* sp. ทำความเสียหายให้กับพืชมากที่สุดคือโรคเหี่ยว (*Fusarium* wilt disease) กับพืชล้มลุก และพืชผักหลาย ๆ ชนิด มีการระบาด

ทำความเสียหายให้กับผลผลิตพืชเพิ่มมากขึ้น โดยเฉพาะกับพืชตระกูลแตง ที่มีการขยายพื้นที่ปลูกเพื่อจำหน่ายในประเทศ และส่งออกจำหน่ายยังต่างประเทศ (อภิรัชต์ สมฤทธิ์ และคณะ, 2553)

ชนิดของรา *Fusarium* sp.

ในต่างประเทศมีรายงานการเขาทำลายของรา *Fusarium* sp. ในพืชตระกูลแตงหลายชนิดด้วยกัน เชน *F. oxysporum* และ *F. equiseti* สาเหตุโรค *Fusarium* wilt นอกจากนั้นยังมีราสกุล *Fusarium* เป็นสาเหตุโรคผลเนา คือ รา *F. graminum* Corda, *F. graminearum* Schwabe, F. *acuminatum* Ellis & Everh. sensu Gordon, *F. avenaceum* (Fr.:Fr.) Sacc., *F. culmorum* (W. G. Sm.) Sacc., *F. moniliforme* J. Sheld. แม้ที่ผ่านได้มีรายงานการศึกษาโรคที่เกิดจากเชื้อ *Fusarium* ในประเทศไทยบ้างแล้ว แต่ก็เป็นข้อมูลที่สารมารถอธิบายได้เพียงบางสวนหรือช่วงระยะเวลาหนึ่งเทานั้น ส่วนในประเทศไทยที่การรวบรวมและเก็บตัวอย่างพืชเป็นโรคที่คาดวามีสาเหตุจากรา *Fusarium* พื้นที่เพาะปลูกพืชของเกษตรกรตามภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย เมื่อนำตัวอย่างพืชเป็นโรคมาแยกราบริสุทธิ์บนอาหาร WA สามารถจำแนกได้เป็นรา *Fusarium* จำนวน 68 ไอโซเลท และเมื่อจำแนกชนิดของราบริสุทธิ์ทั้งหมด โดยอาศัย ลักษณะของสัณฐานวิทยา ลักษณะโคโลนีบนอาหาร PDA, CLA และ KCL สามารถจำแนกได้รา *Fusarium* ได้แก่ *F. solani, F. moniliforme, F. proliferatum, F. semitectum*, *F. oxysporum* และ *F. equiseti* สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อน (อภิรัชต์ สมฤทธิ์ และคณะ, 2553) และ (Nuangmek, et al., 2019) ได้รายงานครั้งแรกในไทยว่าพบโรคผลเน่าในแคนตาลูปในจังหวัดพะเยา ที่มีเชื้อสาเหตุมาจาก *F. equiseti* โดยแยกจากแคนตาลูปที่มีแผลเน่า ส่วน (ภาณุเดช เทียนชัย และคณะ, 2561) ทดสอบความสามารถในการก่อโรคเน่าในระยะกล้าของรา *F. equiseti* (UP- PA002) และทดสอบประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดเชื้อรา 4 ชนิด ได้แก่ copper hydroxide, metalaxyl, pyraclostrobin และ etridiazole+quintozene ต่อการยับยั้งการเจริญของรา *F. equiseti* (UP-PA002) ในระดับห้องปฏิบัติการ โดยเลี้ยงราก่อโรคบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) ที่ผสมสารป้องกันกำจัดเชื้อรา ที่ระดับความเข้มข้นแตกต่างกัน 3 ระดับได้แก่ half dose (ครึ่งของระดับที่แนะนำในฉลาก), normal dose (ระดับที่แนะนำในฉลาก) และ over dose (2 เท่า ของระดับที่แนะนำในฉลาก) และยังพบว่า รา *F. equiseti* (UP- PA002) สามารถก่อโรคกับแคนตาลูป ในระยะ Pre-emergence symptoms (ระยะที่เมล็ดอยู่ในดิน) ได้สูง 54 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ในระยะ Post-emergence symptoms และ Occurrence of damping-off symptoms ไม่พบการเกิดโรคเหี่ยวในแคนตาลูป

อาการของพืชที่เกิดจากการเข้าทำลายของรา *Fusarium equiseti*

ที่เกิดจากรา *F. equiseti* ต้นเมล่อนที่ถูกเชื้อเข้าทำลายในระยะแรกจะสังเกตเห็นอาการเหี่ยวขึ้นกับใบอ่อนที่อยู่ปลายเถาเพียง 2–3 ใบก่อน โดยใบเหล่านั้นจะเฉา เนื้อใบอ่อนเหี่ยวและห่อลง ต่อมาเมื่อเป็นมากขึ้นใบอื่นจะแสดงอาการเหี่ยวเหลือง ในที่สุดก็จะเหี่ยวฟุบลงทั้งต้นหรือทั้งเถาภายในเวลา 1–2 อาทิตย์ หากต้นแตงเกิดโรคขณะออกลูกหรือให้ผลแล้วลูกที่มีอยู่ก็จะแสดงอาการเหี่ยวอ่อนนุ่มตามไปด้วย ในแตงอ่อนแอต่อโรคบางพันธุ์ (susceptible) เช่น แตงกวา แตงร้าน แตงโม แคนตาลูป เมื่อถูกเชื้อเข้ามาทำลายจะแสดงอาการเหี่ยวทั้งเถาและตายในเวลาอันรวดเร็ว ส่วนในพวกที่มีความต้านทานอยู่บ้างเมื่อเกิดโรคอาจเกิดอาการเหี่ยวขึ้นอย่างช้า ๆ และไม่เหี่ยวถาวร คือจะเหี่ยวเฉพาะกลางวันที่มีอากาศร้อน มีการระเหยน้ำมาก พอกลางคืนก็จะตั้งตัวสดอย่างเดิม แต่พวกนี้จะเจริญเติบโตช้าหรือแคระแกร็น (ไทยเกษตรศาสตร์, 2556 สื่อออนไลน์) นอกจากนี้ยังพบว่ารา *F. equiseti* (UP–PA002) สามารถเข้าทำลายผลของเมล่อน โดยลักษณะอาการจากจุดฉ่ำน้ำเล็ก ๆ ซึ่งแผลที่เกิดขึ้นจะลุกลามอย่างรวดเร็ว ทำให้ผลแตกและเนื้อเน่าเละ (Nuangmek, et al. 2019)

กลไกการเข้าทำลายพืชของเชื้อรา *Fusarium* sp.

แบ่งเป็น 4 รูปแบบ ได้แก่

1. ราสร้างสารพิษ (toxin) ได้แก่ กรดฟิวซาริก, กรดดีไฮโดรฟิวริก และไลโคมาราสมิน ไปทำให้ความสามารถในการดูดซึมน้ำของเยื่อหุ้มเซลล์หรือผนังเซลล์ของไซเล็มเปลี่ยนแปลงไป

2. เกิดการอุดตันในระบบทางเดินของน้ำเนื่องจาก

2.1 มีเส้นใยและสปอร์ของราอุดตันอยู่ในเวสเซล

2.2 สารละลายเซลลูโลสและเพกตินของเซลล์บริเวณข้างเคียงเวสเซลูกทำลายโดยเอนไซม์จากราและเข้าไปอุดตันภายในเวสเซล

2.3 เซลล์ของราเรงคิมาแนวรัศมี สร้างเซลล์เป็นติ่งเข้าไปในเวสเซล เรียกลักษณะนี้ว่า ไทโลส

3. ราสร้างเอนไซม์ชนิดเพกโทไลติกและเซลลูโลไลติก มีผลทำให้เยื่อหุ้มเซลล์และผนังเซลล์ของเวสเซลอ่อนแอ เกิดยุบตัวเสียรูปทรง และลดขนาดลงกว่าเดิมเซลล์บริเวณข้างเคียงเวสเซลูกทำลาย

4. ราสร้างออกซิน มากเกินไป ทำให้ผนังเวสเซลบางและเสียรูปทรง ไซเล็มพาเรงคิมาแบ่งตัวมากเป็นผลให้ผนังเซลล์ไม่แข็งแรงและแตกยุบง่าย (Elvira, 2008)

สารปรับปรุงดิน

สารปรับปรุงดิน (soil conditioners) สารปรับปรุงดินเป็นสารที่ได้จากธรรมชาติ สารสังเคราะห์ หรือสารเคมี ทั้งในรูปสารประกอบอินทรีย์หรือสารประกอบอนินทรีย์ที่มีการปรุงแต่ง หรือไม่มีการปรุงแต่ง หรืออาจอยู่ในรูปของผลพลอยได้จากการประกอบการต่าง ๆ โดยทั่วไปในการใช้สารปรับปรุงดินนั้นมักมีวัตถุประสงค์ และตัวสารปรับปรุงดินเองก็มีสมบัติเหมาะสมต่อการแก้ปัญหาสมบัติทางกายภาพของดินมากกว่าการปรับปรุงสมบัติทางเคมีและความอุดมสมบูรณ์ของธาตุอาหารพืชในดิน ดังนั้นสารปรับปรุงดินส่วนมากจึงไม่ใช่สารบำรุงดินที่จะมีผลต่อการเพิ่มพูนธาตุอาหารพืชโดยตรง แต่บางชนิดก็อาจมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการปรับปรุงสมบัติทางกายภาพของดิน และบำรุงความอุดมสมบูรณ์ของดินไปพร้อมกัน เช่น สารปรับปรุงดินในรูปของสารอินทรีย์ที่เป็นผลพลอยได้ทางการเกษตรและอยู่ในรูปที่สลายตัวง่ายและเร็ว มีธาตุอาหารพืชสูง เช่น กากเมล็ดนุ่น กากเมล็ดฝ้ายกากละหุ่ง กระดูกป่น ฯลฯ หรือเป็นสารอินทรีย์ฯ ที่มีธาตุอาหารพืชต่ำแต่มีการใช้ในปริมาณมากเช่น เปลือกมันค้างปี กากอ้อย กากส่าเหล้า เป็นต้น (ปิยะ ดวงพัตรา, 2553)

บทบาทสารปรับปรุงดิน (ทัศนีย์ อัตตะนันทน์, 2537)

สารปรับปรุงดิน ควรมีความหมายแคบกว่า กล่าวคือเป็นสารใดก็ตามที่ใส่ลงไปในดินแล้ว ทำให้สภาพทางเคมี กายภาพ และชีวภาพของดิน เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพืช อาจมีธาตุอาหารพืชปนอยู่ในสารนั้น แต่วัตถุประสงค์ที่ใช้ไม่เน้นการเพิ่มเติมธาตุอาหารพืช สารปรับปรุงดินมีหลายชนิด สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1. สารปรับปรุงสภาพทางเคมี สภาพทางเคมีของดินได้แก่ ความเป็นกรด–ด่าง และความเค็ม เป็นต้น ซึ่งถ้าอยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะสม พืชก็ไม่สามารถเจริญเติบโตเป็นปกติได้ หรือเจริญเติบโตไม่ถึงศักยภาพที่ควรจะเป็น สารประกอบที่ใช้ปรับปรุงสภาพทางเคมี คือ

1.1 ปูน เป็นสารประกอบพวกคาร์บอเนตและไฮดรอกไซด์ของแคลเซียมและแม็กนีเซียม เมื่อใส่ลงไปในดินก็จะทำปฏิกิริยาสะเทินความเป็นกรดของดิน ทำให้ระดับความเป็นกรด–ด่างของดินอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม

1.2 ยิบซัม ($CaSO_4.2H_2O$) เป็นสารประกอบที่นิยมใช้แก้ปัญหาดินที่มีโซเดียมสูง

1.3 สารประกอบที่มีจุลธาตุต่าง ๆ สารประกอบที่มีธาตุอาหารพวกเหล็ก สังกะสี หรือจุลธาตุอื่น ๆ นั้น นิยมใส่ให้กับดินที่เป็นด่าง

2. สารปรับปรุงสภาพทางกายภาพ สภาพทางกายภาพของดิน ได้แก่ คุณสมบัติด้านความโปร่ง ความร่วนซุย หรือความแน่นทึบมีผลโดยตรงต่อการถ่ายเทอากาศและการอุ้มน้ำของดิน

3. สารปรับปรุงดินในการรักษาความชื้น

3.1 สารอุ้มน้ำ (high water absorbing polymer) คือสารประกอบที่มีโมเลกุลใหญ่เกิดจากการรวมตัวกันของสารประกอบ polymer กับ cross linker สารประกอบที่เกิดขึ้นใหม่นี้มีคุณสมบัติที่อุ้มน้ำได้ดี

3.2 Calcined clay โดยการเผาดินเหนียวที่ 1,500–1,800 องศาฟาเรนไฮต์ และทำให้เย็นลงอย่างรวดเร็ว ในการให้ความร้อนและทำให้เย็นลงโดยรวดเร็ว ดินเหนียวจะเสียการคงรูปแต่ยังมีช่องว่างและมีโครงสร้างแบบสามมิติ

3.3 Isolite เป็น diatomaceous earth ที่ทนความร้อนทำให้ไม่แตกหักง่าย มีลักษณะเป็นรูพรุนซึ่งจะกักเก็บน้ำไว้ได้

3.4 Zeolites (ซีโอไลท์) เป็นแร่อะลูมิโนซิลิเกตชนิดหนึ่ง ที่มีโซเดียมและแคลเซียมเป็นองค์ประกอบ เป็นแร่ทุติยภูมิที่เกิดในช่องว่างของหินอัคนีที่เป็นด่าง ซีโอไลท์มีการเรียงตัวของโครงสร้างอยู่ในรูปลักษณะของวงแหวน ก่อให้เกิดช่องว่างภายในเป็นจำนวนมาก ซึ่งสามารถดูดซับอนุภาคของธาตุต่าง ๆ ตลอดจนโมเลกุลของสารอินทรีย์และน้ำ มีความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกสูง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(APS Publications, 2019) รายงานครั้งแรกของรา *Fusarium equiseti* ที่ทำให้เกิดโรคโคนเน่าในแตงกวา ในพื้นที่หุบเขาของประเทศจอร์แดน โดยราจะทำให้โคนต้นเกิดสีเหลืองและเหี่ยวแห้ง พบในเดือนเมษายนปี 2561 โรคนี้ส่งผลต่อการปลูกแตงกวาในโรงเรือนประมาณ 80% โดยทำการเก็บตัวอย่างของรากและลำต้นที่ติดเชื้อ เลี้ยงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน พบว่ามีเส้นใยสีขาวขึ้นบริเวณเนื้อเยื่อพืช เมื่อส่องภายใต้กล้องลักษณะสปอร์เรียวยาว จากนั้นนำราที่ได้ไปปลูกทดสอบกับต้นแตงกวา อาการเริ่มแรกพบว่า 20 วันหลังจากการปลูกเชื้อ พบว่า *F. equiseti* ทำให้ใบมีสีเหลืองเหี่ยวแห้งและตาย ยิ่งไปกว่านั้นเมื่อทำการแยกเชื้อกลับจากรากและลำต้นที่ติดเชื้อ ทำให้ทราบว่าเป็นรายงานครั้งแรกของรา *F. equiseti* ที่ทำให้เกิดโรคในแตงกวาที่ในพื้นที่ปลูกหุบเขาในประเทศจอร์แดน เชื้อก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจอย่างมีนัยสำคัญ

(Nuangmek, et al., 2019) รายงานการพบผลเน่าบนแคนตาลูปที่เกิดจาก รา *Fusarium equiseti* (isolale) ครั้งแรกในประเทศไทย พบในเดือนมิถุนายน 2559 ในพื้นที่จังหวัดพะเยา โดยทำการแยกเชื้อจากแคนตาลูที่เกิดแผลเน่า ซึ่งพบว่า เชื้อสาเหตุเกิดจาก รา *F. equiseti* (isolale) โดยลักษณะทางสัณฐานวิทยาและการวิเคราะห์วิวัฒนาการของลำดับรวมโดยถอดรหัสของไรโบโซม ดีเอ็นเอ และแปลรหัสในขั้นต่อสายยีน 1–alpha and β–tubulin และทำการปลูกเชื้อที่แยกได้ลงบนผลแคนตาลูปในระดับแปลงปฏิบัติการ พบว่าลักษณะอาการของโรคนั้นคล้าย ๆ กัน โดยผลแคนตาลูปมีลักษณะช้ำและมีรอยแตก เมื่อผ่าครึ่งพบว่าเนื้อนั้นเน่าเละและฉ่ำน้ำ

(มาลัยพร เชื้อบัณฑิต และคณะ, 2546) ศึกษาความหลากหลายชนิดของราปฏิปักษ์ *Trichoderma* spp. ในการควบคุมราสาเหตุโรค *Fusarium* wilt ของมะเขือเทศและพืชตระกูลแตงโดยนำราที่แยกได้จากดินจำนวน 186 ไอโซเลท มาทดสอบศักยภาพในการยับยั้งการเจริญของราสาเหตุโรคเหี่ยวของมะเขือเทศและพืชตระกูลแตงในห้องปฏิบัติการ พบว่าราจำนวน 20 ไอโซเลท เป็นรา *Trichoderma* spp. ซึ่งสามารถยับยั้งการเจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ของเชื้อ *F. oxysporum* สาเหตุโรคเหี่ยวมะเขือเทศ *F. oxysporum* สาเหตุโรคเหี่ยวของแตงเทศ และ *F. oxysporum* สาเหตุโรคเหี่ยวของแตงกวาได้ โดยเส้นใยของรา *Trichoderma* spp. จะเจริญปกคลุมเส้นใยของราสาเหตุโรคเหี่ยวจนไม่สามารถเจริญต่อไปได้อีก ภายในระยะเวลา 7 วัน หลังจากการปลูกเชื้อ

(เจษฎา คตสำโรง, 2556) ศึกษาประสิทธิภาพและพัฒนาการปลูกข้าวอินทรีย์แบบนาหว่านด้วยหัวเชื้อราอัดเม็ดราชมงคลธัญบุรีร่วมกับสารปรับปรุงดินชีวภาพขี้แดดนาเกลือ พบว่าปริมาณผลผลิตข้าวเฉลี่ยชุดการทดลองที่ 6 ใส่หัวเชื้อราอัดเม็ดราชมงคลธัญบุรีร่วมกับสารปรับปรุงดินชีวภาพขี้แดดนาเกลือ ให้ผลผลิตสูงสุด 1, 515.2 กิโลกรัม/ไร่ รวมถึงค่าเฉลี่ยของความสูงของลำต้น ความยาวราก การแตกกอ น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง ของต้นข้าว ชุดการทดลองที่ 6 มีค่าสูงที่สุด จากการศึกษาสรุปได้ว่าการพัฒนาการปลูกข้าวอินทรีย์แบบนาหว่านด้วยหัวเชื้อราอัดเม็ดราชมงคลธัญบุรีร่วมกับสารปรับปรุงดินชีวภาพขี้แดดนาเกลือ สามารถเพิ่มผลผลิตข้าวให้เพิ่มสูงขึ้นมากกว่าการใช้ปุ๋ยเคมี ซึ่งสามารถเป็นประโยชน์กับการปลูกข้าวของเกษตรกรในอนาคต

(กัทลีวัลย์ สุขช่วย และ อนงค์ พยัคฆัยหพล, 2543) ทดสอบปฏิกิริยาการเป็นปฏิปักษ์ระหว่างราไตรโคเดอร์มา 20 สายพันธุ์ ต่อรา *Fusarium* sp. สาเหตุโรคเหี่ยวของมะเขือเทศในสภาพห้องปฏิบัติการ ผลการทดลองพบว่า รา *Trichoderma* ทุกสายพันธุ์สามารถเจริญเติบโตได้เร็วกว่ารา Fusarium sp. และสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเส้นใยรา *Fusarium* sp. ใน

สภาพอุณหภูมิห้องได้มากกว่า 42% เมื่ออายุ 7 วันหลังการทดสอบ ในจำนวนดังกล่าวมี 8 สายพันธุ์ที่แสดงปฏิกิริยาการเป็นปฏิปักษ์ต่อรา *Fusarium* sp. โดยสามารถยับยั้งเชื้อรา *Fusarium* sp. ได้ 100% ที่อายุ 7 วันหลังการเลี้ยงร่วมกันบนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA

(กัทลีวัลย์ สุขช่วย และ อนงค์ พยัคฆัยหพล, 2546) การทดสอบประสิทธิภาพของรา *Trichoderma* 19 ไอโซเลต (isolates) ตอการยับยั้งการเจริญของเสนใยรา *Sclerotium rolfsii* สาเหตุโรคโคนเนาของมะเขือเทศ ในระดับหองปฏิบัติการ ณ สถาบันวิจัยและฝกอบรมการเกษตรลำปาง พบวา มีรา *Trichoderma* 8 ไอโซเลต ที่สามารถยับยั้งเสนใยรา *S. rolfsii* ได้ในระดับสูงมาก โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง 75% หลังการทดสอบที่อายุ 3 วัน

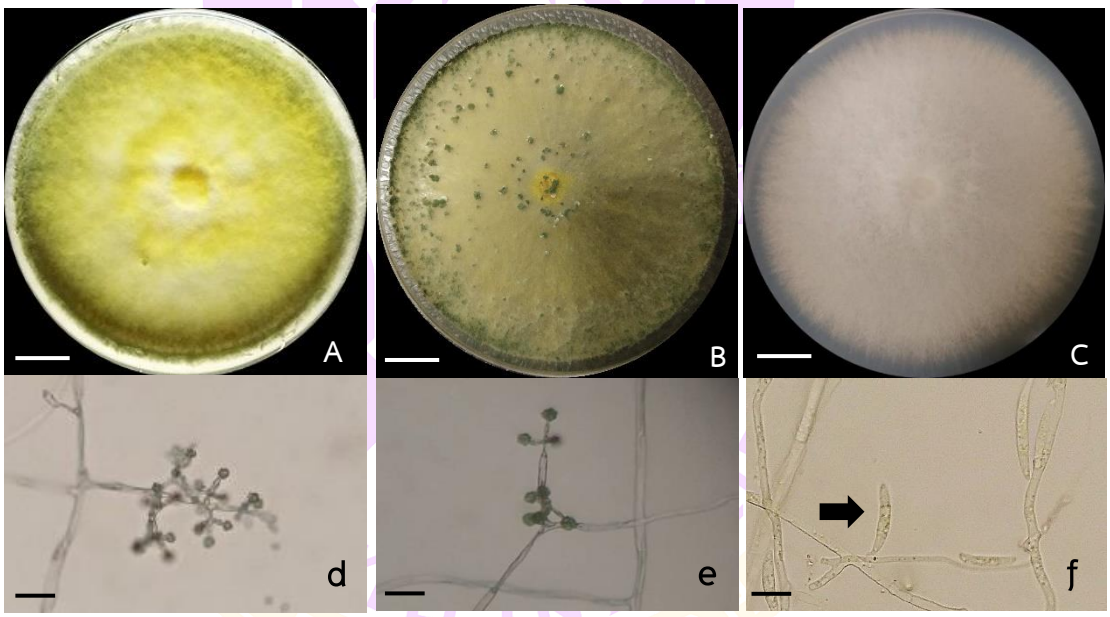
(Li, et al., 2019) จากการศึกษา *Trichoderma* 3 สายพันธุ์คือ *T. asperellum* 525, *T. harzianum* 610 และ *T. pseudokoningii* 886 ในการยับยั้ง รา *Fusarium oxysporum* พบว่า *Trichoderma* ทั้ง 3 สายพันธุ์ สามารถยับยั้งโรคเหี่ยวเขียวของแตงกวาถึง 78% นอกจากนี้ในการปลูกรา *Trichoderma* ทั้ง 3 สายพันธุ์ยังส่งเสริมคุณภาพและผลผลิตของแตงกวาอย่างมีนัยสำคัญ *Trichoderma* 866 มีประสิทธิภาพสูงสุดโดยมีประสิทธิภาพในการควบคุมโรค 78.64% และแตงกวาให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น 33% แสดงให้เห็นว่า *Trichoderma* ยับยั้งการเกิดโรคของแตงกวาและส่งเสริมการเจริญเติบโตของแตงกวา

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมราเอนโดไฟท์และราก่อโรคในการทดลอง

ราเอนโดไฟท์ จำนวน 2 สายพันธุ์ ได้แก่ *Trichoderma* sp. สายพันธุ์ L1I3 และ *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ R24I2 ที่แยกได้จากพืชสมุนไพรที่ทดสอบแล้วว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคเหี่ยวในระดับห้องปฏิบัติการ จากห้องปฏิบัติการโรคพืชสาขาเกษตรศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา (ภาพ 1A และ 1B) และราก่อโรค *Fusarium equiseti* (UP-PA002) (ภาพ 1C) เลี้ยงบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) และบ่มที่อุณหภูมิห้องนาน 7-14 วัน



ภาพ 1 แสดงลักษณะราเอนโดไฟท์ทั้ง 2 ชนิด และเชื้อสาเหตุโรคเหี่ยวที่เลี้ยงบนอาหาร PDA นาน 7 วัน

หมายเหตุ: [A, d = รา *Trichoderma* sp. (L1I3), B, e = รา *Trichoderma harzianum* (R24I2) และ C, f = *Fusarium equiseti* (UP-PA002) (บาร์: A–C = 1.5 เซนติเมตร และ d – f = 10 ไมโครเมตร)] * ภาพ f ที่ลูกศรชี้ คือ conidia ของรา *F. equiseti* (UP-PA002)

2. การทดสอบประสิทธิภาพสารปรับปรุงดินต่อการเจริญของราเอนโดไฟท์

ทดสอบประสิทธิภาพสารปรับปรุงดินต่อการเจริญของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) (เป็นราที่ให้ผลดีที่สุดในการทดสอบในโรงเรือน จากการทดสอบทั้ง 2 สายพันธุ์ ได้แก่ รา *Trichoderma* sp. L1I3 และรา *T. harzianum* R24I2) ด้วยวิธี poisoned food technique โดยเลี้ยงราบนอาหาร PDA ที่ผสมสารปรับปรุงดิน ที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกัน (ตาราง 1) ได้แก่ control (น้ำกลั่น), half dose, normal dose, over dose, over dose ×2, และ over dose ×3 ตามลำดับ เพื่อหาปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสมที่สุดในการอยู่ร่วมกันของราเอนโดไฟท์และสารปรับปรุงดิน โดยบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomize design: CRD) จำนวน 4 กรรมวิธี ๆ ละ 3 ซ้ำ บันทึกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของราเปรียบเทียบกับชุดควบคุมซึ่งเป็น อาหาร PDA ที่ไม่ได้ผสมสารปรับปรุงดิน เพื่อคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การเจริญเติบโตจากสูตรด้านล่าง

% inhibition = [(DC–DT) / DC] × 100 (Finney, 1978)

เมื่อ DC = ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีราเอนโดไฟท์ในจานควบคุม

DT = ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีราเอนโดไฟท์ในจานทดสอบ

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

ตาราง 1 แสดงอัตราความเข้มข้นของสารปรับปรุงดิน

ช่วง pH ตามฉลากแนะนำ	อัตราความเข้มข้นของสารปรับปรุงดิน (ลิตรต่อไร่)				
	half dose	normal dose	over dose	over dose x2	over dose x3
น้อยกว่า 4.5	7.5	15	30.0	60.0	120.0
4.5–5.0	5.0	10.0	20.0	40.0	80.0
5.1–6.0	2.5	5.0	10.0	20.0	40.0
6.0 ขึ้นไป	1.0	2.0	4.0	8.0	16.0

3. การทดสอบการเกิดโรค (Pathogenicity test)

3.1 การทดสอบการเกิดโรคของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *T. harzianum* (R24I2) ในเมล่อน

นำเมล็ดพันธุ์เมล่อน (พันธุ์พอท ออเร้นจ์ ของบริษัท เพื่อนเกษตรกร จำกัด) แช่ในน้ำอุ่นนาน 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาห่อด้วยผ้าชุบน้ำ และปิดผ้ารักษาความชื้นไว้ประมาณ 1–2 วัน เมื่อเมล็ดเริ่มแทงรากออกมา จึงนำไปหยอดในถาดเพาะชำหลุมละ 1 เมล็ด โดยใช้ขุยมะพร้าวที่ร่อนเอาเส้นใยออกไปแล้วผสมกับปุ๋ยคอกและทรายหยาบที่ร่อนเอาเม็ดกรวดออกไปแล้วและฆ่าเชื้อแล้ว ในอัตรา 1:1:1 โดยปริมาตร เมื่อต้นกล้ามีใบจริงและมีความสูงประมาณ 5 เซนติเมตร จึงนำไปใช้ในการทดลอง จากนั้นนำราเอนโดไฟท์ทั้ง 2 สายพันธุ์ ได้แก่ *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *T. harzianum* (R24I2) มาทดสอบความสามารถในการเกิดโรค โดยนำสารแขวนลอยสปอร์ของรา ความเข้มข้น 1.0×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร โดยตรวจนับด้วย haemacytometer ทำการปลูกราเอนโดไฟท์โดยการรดสารแขวนลอยสปอร์ราเอนโดไฟท์ 20 มิลลิลิตรต่อต้น ตรวจสอบอาการบนต้นพืชและประเมินความรุนแรงของการเกิดโรคหลังจากปลูกเชื้อ 7–14 วัน ทำการทดลอง 10 ซ้ำ ๆ ละ 5 ต้น โดยมีเกณฑ์คะแนนความรุนแรงการเกิดโรค 0–4 ตามวิธีของ (Abdalla, 1986; Aegerter, et al., 2000)

0	คือ	ไม่เกิดโรค
1	คือ	แสดงอาการเหี่ยว 1–25 เปอร์เซ็นต์
2	คือ	แสดงอาการเหี่ยว 26–50 เปอร์เซ็นต์
3	คือ	แสดงอาการเหี่ยว 51–75 เปอร์เซ็นต์
4	คือ	แสดงอาการเหี่ยว 76–100 เปอร์เซ็นต์

3.2 การทดสอบการเกิดโรคของราสาเหตุโรค *Fusarium equiseti* สายพันธุ์ UP–PA002 ในเมล่อน

3.2.1 การเตรียมวัสดุเพาะและการเพาะเมล็ด ใช้ขุยมะพร้าวที่ร่อนเอาเส้นใยออกไปแล้วผสมกันกับปุ๋ยคอกและทรายหยาบที่ร่อนเอาเม็ดกรวดออกไปแล้วและฆ่าเชื้อแล้ว ในอัตรา 1:1:1 โดยปริมาตร หลุมละ 1 เมล็ด

3.2.2 การทดสอบความสามารถในการเกิดโรคในระยะเมล็ดอยู่ในดิน (pre–emergence symptoms) โดยนำเมล็ดพันธุ์เมล่อน (พันธุ์พอท ออเร้นจ์ ของบริษัท

เพื่อนเกษตรกร จำกัด) มาแช่ในสารแขวนลอยสปอร์ของรา *F. equiseti* (UP-PA002) ความเข้มข้น 1.0×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร นาน 2 ชั่วโมง และในชุดควบคุมแช่เมล็ดในน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ จากนั้นนำไปเพาะในถาดเพาะชำขนาด 104 หลุม ที่บรรจุดินผสม หลังจากเพาะนาน 5 วัน ทำการตรวจนับเมล็ดที่งอกและไม่งอก และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค จากสูตร Disease incidence: DI (%) = (จำนวนต้นที่เกิดโรค/จำนวนต้นทั้งหมด) × 100 (กานต์ จิตสุวรรณรักษ์ และ อนันต์ วงเจริญ, 2559) โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 2 กรรมวิธี ๆ ละ 5 ซ้ำ ๆ ละ 20 เมล็ด ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 แช่เมล็ดในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 แช่เมล็ดในสารแขวนลอยสปอร์ของรา *F. equiseti* (UP-PA002)

3.2.3 การทดสอบโรคในระยะที่เมล็ดงอกขึ้นมาจากดิน (post-emergence symptoms) เมื่อต้นกล้างอกขึ้นมาจากดิน จนมีใบเลี้ยงจำนวนสองใบ ทำการถอนออกมาล้างด้วยน้ำสะอาด และทำแผลโดยการใช้กรรไกรที่ฆ่าเชื้อแล้วตัดปลายราก นำไปแช่ในสารแขวนลอยสปอร์ของรา *F. equiseti* (UP-PA002) ความเข้มข้น 1.0×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร นาน 30 นาที (อภิรัชต์ สมฤทธิ์ และคณะ, 2545) นำไปปลูกลงในถุงเพาะขนาด 3×6 นิ้ว เป็นเวลา 3-5 วัน ทำการบันทึกผลเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค จากสูตร Disease incidence: DI (%) = จำนวน (ต้นที่เกิดโรค/จำนวนต้นทั้งหมด) × 100 (กานต์ จิตสุวรรณรักษ์ และ อนันต์ วงเจริญ, 2559) โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 2 กรรมวิธี ๆ ละ 5 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 แช่ต้นกล้าในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 แช่ต้นกล้าในสารแขวนลอยสปอร์ของรา *F. equiseti* (UP-PA002)

3.2.4 การทดสอบโรคในระยะต้นกล้า (occurrence of damping-off symptoms) โดยนำเมล็ดพันธุ์เมล่อนมาแช่ในน้ำอุ่นนาน 2 ชั่วโมง จากนั้นนำไปหยอดในถาดเพาะขนาด 104 หลุม (ใช้ดินเช่นเดียวกับ 1.1) หลุมละ 1 เมล็ด เมื่อต้นกล้าอายุครบ 14 วัน (มีใบจริงเกิดขึ้น 1 ใบ) ทำการถอนออกมาล้างด้วยน้ำสะอาด และทำแผลโดยการใช้กรรไกรที่ฆ่าเชื้อแล้วตัดบริเวณปลายราก นำไปแช่ในสารแขวนลอยสปอร์ของรา *F. equiseti* (UP-PA002) ความเข้มข้น 1.0×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร นาน 30 นาที (อภิรัชต์ สมฤทธิ์ และคณะ, 2545) นำไปปลูกลงในถุงเพาะขนาด 3×6 นิ้ว เป็นเวลา 3-5 วัน โดยวางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 2 กรรมวิธีๆ ละ 5 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 แช่ต้นกล้าในน้ำกลั่น (ชุดควบคุม)

กรรมวิธีที่ 2 แช่ต้นกล้าในสารแขวนลอยสปอร์ของรา *F. equiseti* (UP-PA002)

ทำการบันทึกผลโดยสังเกตลักษณะการเกิดโรคเหี่ยวของต้นกล้าเมล่อน และประเมินเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค ตามวิธีของ Abdalla และ Aegerter et al., (Abdalla, 1986; Aegerter, et al., 2000) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค จากสูตร Disease incidence: DI (%) = (จำนวนต้นที่เกิดโรค/จำนวนต้นทั้งหมด) × 100

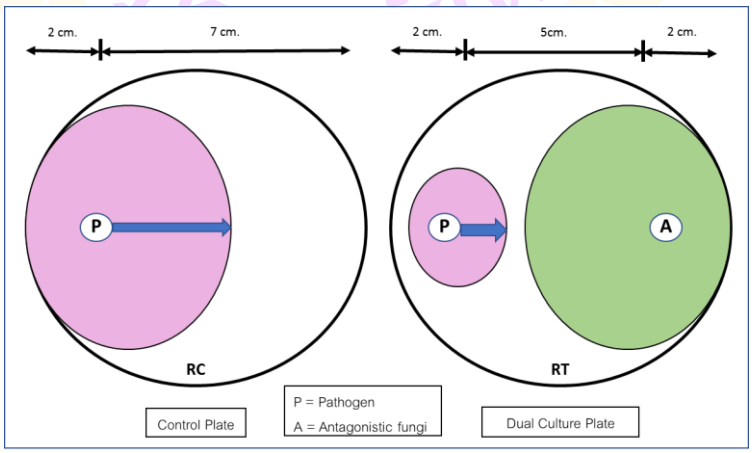
4. การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *T. harzianum* (R24I2) ต่อยับยั้งรา *F. equiseti* (UP-PA002) โดยวิธี dual culture

นำราเอนโดไฟท์ทั้ง 2 สายพันธุ์ มาทดสอบการยับยั้งการเจริญของรา *F. equiseti* (UP-PA002) สาเหตุโรคเหี่ยวของเมล่อน ด้วยวิธี dual culture (Skidmore and Dickinson, 1976) โดยใช้ cork borer ที่ลนไฟฆ่าเชื้อแล้ว เจาะบริเวณขอบโคโลนีของรา *F. equiseti* (UP-PA002) วางห่างจากขอบจานอาหาร PDA 2 ซม. นำราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *T. harzianum* (R24I2) เจาะบริเวณขอบโคโลนีเช่นเดียวกับรา *F. equiseti* (UP-PA002) วางในแนวตรงข้ามชิ้นวุ้นรา *F. equiseti* (UP-PA002) โดยห่างจากขอบจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ซั่วโมง (ภาพ 2) ส่วนชุดควบคุมวางรา *F. equiseti* (UP-PA002) ห่างจากขอบจานอาหารเลี้ยงเชื้อ 2 ซั่วโมง เพียงอย่างเดียว บ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้อง นาน 7 วัน จากนั้นวัดรัศมีการเจริญของเส้นใยรา *F. equiseti* (UP-PA002) ในจานทดสอบและจานควบคุม และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของราสาเหตุโรคพืช (percent inhibition of radial growth; PIRG) ดังนี้ (ปิลันธนา ฐาปนพงษ์วรกุล และ ศราวิชญ์ สายมงคล, 2558)

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของราสาเหตุโรคพืช (PIRG) = [(RC-RT) / RC)] × 100

เมื่อ RC = ค่าเฉลี่ยความยาวรัศมีของโคโลนีราโรคพืชในจานควบคุม

RT = ค่าเฉลี่ยความยาวรัศมีของโคโลนีราโรคพืชในจานทดสอบ



ภาพ 2 แสดงวิธีการทดสอบการควบคุมการเจริญของราสาเหตุโรคพืช ด้วยวิธี Dual culture

5. การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ในการควบคุมโรคเหี่ยวในระดับโรงเรือน

5.1 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน

5.1.1 การเพาะกล้า

นำเมล็ดพันธุ์เมล่อน (ใช้พันธุ์ พอจ ออเร้นจ์ ของบริษัท เพื่อนเกษตรกร) มาแช่ในน้ำอุ่นนาน 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาห่มด้วยผ้าชุบน้ำ และปิดผ้ารักษาความชื้นไว้ประมาณ 1–2 วัน เมื่อเมล็ดเริ่มแทงรากออกมา จึงนำไปหยอดในถาดเพาะชำหลุมละ 1 เมล็ด โดยใช้ขุยมะพร้าวที่ร่อนเอาเส้นใยออกไปแล้วผสมกันปุ๋ยคอกและทรายหยาบที่ร่อนเอาเม็ดกรวดออกไปแล้วและฆ่าเชื้อแล้ว ในอัตรา 1:1:1 โดยปริมาตร เมื่อต้นกล้ามีใบจริงและมีความสูงประมาณ 5 เซนติเมตร จึงนำไปใช้ในการทดลอง

5.1.2 การเตรียมสารแขวนลอยสปอร์ราเอนโดไฟท์

ทำการเลี้ยงราเอนโดไฟท์ทั้ง 2 สายพันธุ์ ในอาหาร potato dextrose agar (PDA) บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน เมื่อเชื้อรามีการสร้างสปอร์ ทำการเตรียมสารแขวนลอยสปอร์ของราให้มีความเข้มข้น 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร โดยตรวจนับด้วย haemacytometer

5.1.3 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน

นำต้นกล้าเมล่อนที่เตรียมไว้มาปลูกในถุงเพาะขนาด 8×16 นิ้ว จำนวน 1 ต้น/ถุง ในวัสดุปลูกที่ประกอบด้วย ดิน มูลวัว ขุยมะพร้าว แกลบดำ ทราย และใบไม้หมักในอัตราส่วน 2:1:1:1:1 ผสมให้เข้ากัน แล้วนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งแรงดัน จากนั้นนำสารแขวนลอยราเอนโดไฟท์ที่ได้เทลงที่โคนต้นกล้าในแต่ละกรรมวิธี ต้นละ 20 มิลลิลิตร จำนวน 2 ครั้ง ได้แก่ ครั้งที่ 1 เมื่อต้นเมล่อนอายุ 1 สัปดาห์ และครั้งที่ 2 ห่างจากครั้งแรก 1 สัปดาห์ ให้น้ำวันละ 1 ครั้ง และให้ปุ๋ยสูตร 15–15–15 วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design: CRD จำนวนทั้งหมด 4 กรรมวิธี ๆ ละ 10 ซ้ำ ๆ ละ 10 ต้น ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)

กรรมวิธีที่ 2 ปลูกรา *T. harzianum* (R24I2)

กรรมวิธีที่ 3 ปลูกรา *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 4 ปลูกรา *T. harzianum* (R24I2) + *Trichoderma* sp. (L1I3)

การบันทึกผลการทดลอง

(1) การเจริญเติบโต ได้แก่ จำนวนใบจริง จำนวนข้อ ความสูง น้ำหนักรากและลำต้น

(2) ผลผลิต ชั่งน้ำหนัก เส้นผ่านศูนย์กลาง เส้นรอบวง ความหนาเนื้อ และความแน่นเนื้อ

(3) คุณภาพทางเคมีของผลเมล่อน ได้แก่ ปริมาณวิตามินซี (L-Ascorbic acid, LAA และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids, TSS)

(4) วิเคราะห์คุณสมบัติของดิน โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินทั้งก่อนปลูกและหลังปลูกมาศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ความชื้น pH ค่าการนำไฟฟ้า อินทรียวัตถุ และปริมาณธาตุอาหารหลักได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ฟอสเฟตทั้งหมด (Total P_2O_5) และโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)

5.2 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ในการควบคุมโรคเหี่ยว

5.2.1 การเพาะกล้า

นำเมล็ดพันธุ์เมล่อน (ใช้พันธุ์ พอจ ออเร้นจ์ ของบริษัท เพื่อนเกษตรกร) มาแช่ในน้ำอุ่นนาน 30 นาที ถึง 1 ชั่วโมง จากนั้นนำมาห่อด้วยผ้าชุบน้ำ และปิดผ้ารักษาความชื้นไว้ประมาณ 1-2 วัน เมื่อเมล็ดเริ่มแทงรากออกมา จึงนำไปหยอดในถาดเพาะชำหลุมละ 1 เมล็ด โดยใช้ขุยมะพร้าวที่ร่อนเอาเส้นใยออกไปแล้วผสมกันปุ๋ยคอกและทรายหยาบที่ร่อนเอาเม็ดกรวดออกไปแล้วและฆ่าเชื้อแล้ว ในอัตรา 1:1:1 โดยปริมาตร เมื่อต้นกล้ามีใบจริงและมีความสูงประมาณ 5 เซนติเมตร จึงนำไปใช้ในการทดลอง

5.2.2 การเตรียมสารแขวนลอยสปอร์ราเอนโดไฟท์

ทำการเลี้ยงราเอนโดไฟท์ทั้ง 2 สายพันธุ์ ในอาหาร potato dextrose agar (PDA) บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน เมื่อรามีการสร้างสปอร์ ทำการเตรียมสารแขวนลอยสปอร์ของราให้มีความเข้มข้น 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร โดยตรวจนับด้วย haemacytometer

5.2.3 การเตรียมสารแขวนลอยสปอร์รา *F. equiseti* (UP-PA002)

ทำการเลี้ยงรา *F. equiseti* (UP-PA002) ในอาหาร potato dextrose agar (PDA) บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน เมื่อรามีการสร้างสปอร์ ทำการเตรียมสารแขวนลอยสปอร์ของราให้มีความเข้มข้น 1×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร โดยตรวจนับด้วย haemacytometer

5.2.4 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ในการควบคุมโรคเหี่ยว

นำต้นกล้าเมล่อนที่เตรียมไว้มาปลูกในถุงเพาะขนาด 8×16 นิ้ว จำนวน 1 ต้น/ถุง ในวัสดุปลูกที่ประกอบด้วย ดิน มูลวัว ขุยมะพร้าว แกลบดำ ทราย และใบไม้หมัก

ในอัตราส่วน 2:1:1:1:1 ผสมให้เข้ากัน แล้วนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งแรงดัน จากนั้นนำสารแขวนลอยราเอนโดไฟท์ที่ได้เทใส่ลงโคนต้นกล้าในแต่ละกรรมวิธี ต้นละ 20 มิลลิลิตร โดยทำการปลูกราเอนโดไฟท์ 2 ครั้ง ได้แก่ครั้งที่ 1 เมื่อต้นเมล่อนอายุ 1 สัปดาห์ และครั้งที่ 2 ห่างจากครั้งแรก 1 สัปดาห์ ให้น้ำวันละ 1 ครั้ง และให้ปุ๋ยสูตร 15-15-15 จากนั้นทำการปลูกเชื้อสาเหตุ *F. equiseti* (UP-PA002) ความเข้มข้น 1×10^{6} สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 20 มิลลิลิตร ลงในดินเมื่อต้นกล้าอายุ 1 เดือน วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design: CRD จำนวนทั้งหมด 5 กรรมวิธีๆ ละ 10 ซ้ำๆ ละ 10 ต้น ได้แก่

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)

กรรมวิธีที่ 2 ปลูกรา *F. equiseti* (UP-PA002)

กรรมวิธีที่ 3 ปลูกรา *T. harzianum* (R24I2) + *F. Equiseti* (UP-PA002)

กรรมวิธีที่ 4 ปลูกรา *Trichoderma sp.* (L1I3) + *F. Equiseti* (UP-PA002)

กรรมวิธีที่ 5 ปลูกรา *T. harzianum* (R24I2) + *Trichoderma sp.* (L1I3) + *F. equiseti* (UP-PA002)

การบันทึกผลการทดลอง

การประเมินความรุนแรงการเกิดโรค ทำการประเมินอาการการเกิดโรคของต้นเมล่อนทุกวัน โดยมีเกณฑ์คะแนนความรุนแรงการเกิดโรค 0-4 ตามวิธีของ Abdalla (1986) และ (Aegerter, et al., 2000)

0 คือ ไม่เกิดโรค

1 คือ แสดงอาการเหี่ยว 1-25 เปอร์เซ็นต์

2 คือ แสดงอาการเหี่ยว 26-50 เปอร์เซ็นต์

3 คือ แสดงอาการเหี่ยว 51-75 เปอร์เซ็นต์

4 คือ แสดงอาการเหี่ยว 76-100 เปอร์เซ็นต์

5.3 การศึกษาจำนวนประชากรของเชื้อก่อโรคและการเข้าอาศัยของราเอนโดไฟท์ (re-isolation)

ทำการสุ่มตัวอย่างต้นเมล่อนทุก 2 สัปดาห์ กรรมวิธีละ 3 ต้น มาแยกเชื้อกลับเพื่อตรวจสอบจำนวนประชากรเชื้อก่อโรคและราเอนโดไฟท์ โดยนำตัวอย่างเมล่อนในส่วนต่าง ๆ (ราก ลำต้น และใบ) มาทำการฆ่าเชื้อที่ผิวด้วยวิธี triple surface sterilization และตัด

ชิ้นส่วนของพืชขนาดประมาณ 1 ตารางเซนติเมตร วางชิ้นส่วนบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) ที่มีส่วนผสมของ roes bengal 30 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้อง เมื่อเส้นใยของราเจริญออกมาจากเนื้อเยื่อของพืช ทำการแยกเชื้อให้บริสุทธิ์โดยวิธี hyphal tip isolation และเก็บราเอนโดไฟท์ที่แยกได้ในอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA จำแนกชนิดโดยศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Arnold, et al., 2000)

6. การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราต่อการยับยั้งการเจริญของรา *F. equiseti* สายพันธุ์ UP-PA002 สาเหตุโรคเหี่ยวของเมล่อน

การทดสอบประสิทธิภาพและอัตราการใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อราแต่ละชนิดต่อการยับยั้งรา *F. equiseti* (UP-PA002) สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อน โดยใช้สารป้องกันกำจัดเชื้อราจำนวนทั้งหมด 4 ชนิด ได้แก่ copper hydroxide, metalaxyl, pyraclostrobin และ etridiazole+quintozene โดยเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อ potato dextrose agar (PDA) ผสมกับสารป้องกันกำจัดเชื้อราแต่ละชนิด ที่ระดับความเข้มข้นที่แตกต่างกันจำนวน 3 ระดับ ได้แก่ half dose (ความเข้มข้นครึ่งเท่าของที่แนะนำในฉลาก), normal dose (ความเข้มข้นที่แนะนำในฉลาก) และ over dose (ความเข้มข้น 2 เท่า ของที่แนะนำในฉลาก) โดยคำนวณความเข้มข้นของสารจากปริมาณเนื้อสารสำคัญของสารป้องกันกำจัดเชื้อราแต่ละชนิดต่อปริมาณน้ำที่ใช้ผสม (ตาราง 2) จากนั้นใช้ cork borer ที่ลนไฟฆ่าเชื้อแล้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร เจาะลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อบริเวณปลายเส้นใยของรา *F. equiseti* (UP-PA002) ที่เจริญอยู่บนอาหาร PDA อายุ 7 วัน จากนั้นใช้เข็มเขี่ยมาวางไว้ตรงกลางจานอาหารเลี้ยงเชื้อที่ผสมสารป้องกันกำจัดเชื้อราแต่ละชนิด โดยใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ PDA ที่ไม่ผสมสารป้องกันกำจัดเชื้อราเป็นชุดควบคุม (วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก และคณะ, 2560) นำไปบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน บันทึกรัศมีโคโลนีของเชื้อราเปรียบเทียบกับชุดควบคุม และบันทึกความผิดปกติของเส้นใยเชื้อราที่เจริญบนอาหารเลี้ยงเชื้อ (สุณีรัตน์ สีมะเดื่อ และคณะ, 2556) โดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomize design: CRD) จำนวน 5 กรรมวิธี ๆ ละ 5 ซ้ำ และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของราสาเหตุโรคพืช (percent inhibition of radial growth; PIRG) ดังนี้ (ปิลันธนา ฐาปนพงษ์วรกุล และศราวิชญ์ สายมงคล, 2558)

เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของราสาเหตุโรคพืช (PIRG) = [(RC-RT) / RC)] × 100

เมื่อ RC = ค่าเฉลี่ยความยาวรัศมีของโคโลนีราโรคพืชในจานควบคุม

RT = ค่าเฉลี่ยความยาวรัศมีของโคโลนีราโรคพืชในจานทดสอบ

ตาราง 2 แสดงอัตราการใช้สารเคมี

ชื่อสารเคมี	อัตราการใช้
copper hydroxide	30 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร
metalaxyl	20 กรัม ต่อน้ำ 20 ลิตร
pyraclostrobin	20 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร
etridiazole+quintozene	50 มิลลิลิตร ต่อน้ำ 20 ลิตร

7. การทดสอบควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อนโดยใช้ราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในแปลงทดลอง

7.1 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน

คัดเลือกราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) เนื่องจากให้ผลดีจากการทดสอบในระดับโรงเรือนมาศึกษาต่อ ทดลองในพื้นที่แปลงปฏิบัติการของคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ทำการเตรียมดินโดยการไถดะเพื่อตากดินนาน 5–10 วัน จากนั้นไถแปเพื่อให้ดินละเอียดพร้อมปลูก เตรียมแปลงปลูกขนาด 2.0×0.5 เมตร จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างดินในแปลงปลูก วิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด–ด่าง เมื่อทราบค่าความเป็นกรด–ด่าง เตรียมสารปรับปรุงดินและรดสารปรับปรุงดินของแต่ละความเข้มข้น (ตาราง 1) โดยใช้บัวรดน้ำรดลงในแปลงที่เตรียมไว้ให้ทั่วทั้งแปลง นำต้นกล้าเมล่อนที่มีอายุ 14 วัน ปลูกลงไปในแปลงที่เตรียมไว้ นำสารแขวนลอยราเอนโดไฟท์ ความเข้มข้น 2.5×10^{6} สปอร์ต่อมิลลิลิตร เทใส่ลงโคนต้นกล้าในแต่ละกรรมวิธี ปริมาณ 20 มิลลิลิตรต่อต้น วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (randomized complete block design: RCBD) จำนวนทั้งหมด 8 กรรมวิธี

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)

กรรมวิธีที่ 2 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ ครึ่งของระดับคำแนะนำ (half dose)

กรรมวิธีที่ 3 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ตามระดับคำแนะนำ (normal dose)

กรรมวิธีที่ 4 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ หนึ่งเท่าของระดับคำแนะนำ (over dose)

กรรมวิธีที่ 5 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 6 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3)
กรรมวิธีที่ 7 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3)
กรรมวิธีที่ 8 *Trichoderma* sp. (L1I3)

การบันทึกผลการทดลอง

(1) **การเจริญเติบโต ได้แก่** จำนวนใบจริง จำนวนข้อ ความสูง น้ำหนักรากและลำต้น

(2) **ผลผลิต** ชั่งน้ำหนัก เส้นผ่านศูนย์กลาง เส้นรอบวง ความหนาเนื้อ และความแน่นเนื้อ

(3) **คุณภาพทางเคมีของผลเมล่อน** ได้แก่ ปริมาณวิตามินซี (L-Ascorbic acid, LAA) และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด (Total soluble solids, TSS)

(5) **วิเคราะห์คุณสมบัติของดิน** โดยสุ่มเก็บตัวอย่างดินทั้งก่อนปลูกและหลังปลูกมาศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพและเคมี ได้แก่ ความชื้น pH ค่าการนำไฟฟ้า อินทรียวัตถุ และปริมาณธาตุอาหารหลักได้แก่ ไนโตรเจนทั้งหมด (Total N) ฟอสเฟตทั้งหมด (Total P_2O_5) และโพแทสเซียมทั้งหมด (Total K_2O)

7.2 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในการควบคุมโรคเหี่ยว

คัดเลือกราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) เนื่องจากให้ผลดีจากการทดสอบในระดับโรงเรือนมาศึกษาต่อ ทดลองในพื้นที่แปลงปฏิบัติการของคณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยา ทำการเตรียมดินโดยการไถดะเพื่อตากดินนาน 5-10วัน จากนั้นไถแปเพื่อให้ดินละเอียดพร้อมปลูก เตรียมแปลงปลูกขนาด 2.0×0.5 เมตร จากนั้นทำการสุ่มตัวอย่างดินในแปลงปลูก วิเคราะห์หาค่าความเป็นกรด-ด่าง เมื่อทราบค่าความเป็นกรด-ด่าง เตรียมสารปรับปรุงดินและรดสารปรับปรุงดินของแต่ละความเข้มข้น (ตาราง 1) โดยใช้บัวรดน้ำรดลงในแปลงที่เตรียมไว้ให้ทั่วทั้งแปลง นำต้นกล้าเมล่อนที่มีอายุ 14 วัน ปลูกลงไปในแปลงที่เตรียมไว้ นำสารแขวนลอยราเอนโดไฟท์ ความเข้มข้น 2.5×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร เทใส่ลงโคนต้นกล้าในแต่ละกรรมวิธี ปริมาณ 20 มิลลิลิตรต่อต้น จนต้นเมล่อนมีอายุ 1 เดือน ทำการปลูกเชื้อสาเหตุ *F. equiseti* (UP-PA002) ความเข้มข้น 2×10^6 สปอร์ต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 20 มิลลิลิตรต่อต้น วางแผนการทดลองแบบสุ่มบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design: RCBD) จำนวนทั้งหมด 9 กรรมวิธี

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)

กรรมวิธีที่ 2 *F. equiseti* (UP–PA002)

กรรมวิธีที่ 3 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ ครึ่งของระดับคำแนะนำ (half dose) + *F. equiseti* (UP–PA002)

กรรมวิธีที่ 4 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ตามระดับคำแนะนำ (normal dose) + *F. equiseti* (UP–PA002)

กรรมวิธีที่ 5 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ หนึ่งเท่าของระดับคำแนะนำ (over dose) + *F. equiseti* (UP–PA002)

กรรมวิธีที่ 6 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3) + *F. equiseti* (UP–PA002)

กรรมวิธีที่ 7 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3) + *F. equiseti* (UP–PA002)

กรรมวิธีที่ 8 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3) + *F. equiseti* (UP–PA002)

กรรมวิธีที่ 9 *Trichoderma* sp. (L1I3) + *F. equiseti* (UP–PA002)

การบันทึกผลการทดลอง

การประเมินดัชนีความรุนแรงการเกิดโรค

ทำการประเมินอาการการเกิดโรคของต้นเมล่อนทุกวัน โดยมีเกณฑ์คะแนนความรุนแรงการเกิดโรค 0–4 ตามวิธีของ (Abdalla, 1986) และ (Aegerter, et al., 2000)

0 คือ ไม่เกิดโรค

1 คือ แสดงอาการเหี่ยว 1–25 เปอร์เซ็นต์

2 คือ แสดงอาการเหี่ยว 26–50 เปอร์เซ็นต์

3 คือ แสดงอาการเหี่ยว 51–75 เปอร์เซ็นต์

4 คือ แสดงอาการเหี่ยว 76–100 เปอร์เซ็นต์

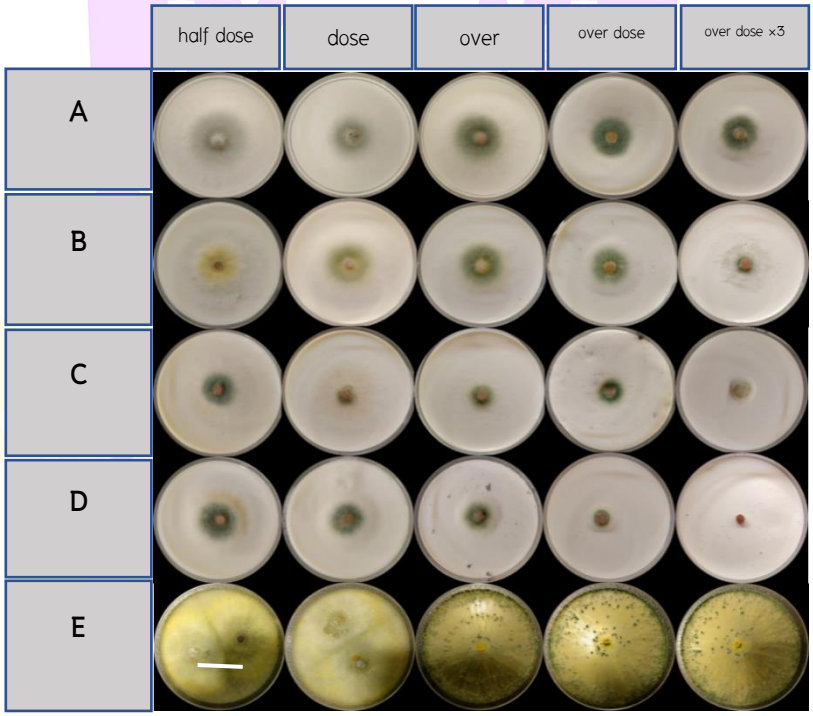
วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

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

บทที่ 4
ผลการวิจัย

1. การทดสอบประสิทธิภาพสารปรับปรุงดินต่อการเจริญของราเอนโดไฟท์

จากการทดสอบประสิทธิภาพการอยู่ร่วมกันของราเอนโดไฟท์และสารปรับปรุงดิน พบว่า กรรมวิธีที่ 4 ช่วง pH 6.0 ขึ้นไป ที่ระดับความเข้มข้น ครึ่งของระดับคำแนะนำ (half dose) มีการเจริญของเส้นใยมากที่สุดเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 3 ช่วง pH 5.1–5.0 มีการเจริญของเส้นใยเท่ากับ 97 เปอร์เซ็นต์ และยิ่งอัตราการใช้สารปรับปรุงดินร่วมกับราเอนโดไฟท์ในปริมาณที่น้อย จะทำให้ราเอนโดไฟท์เจริญได้ดี แต่ก็พบว่า การใช้สารปรับปรุงดินในประมาณที่มาก ๆ ไม่ส่งผลต่อการเจริญของราเอนโดไฟท์แต่จะเจริญได้ช้ากว่า ซึ่งราเอนโดไฟท์และสารปรับปรุงดินสามารถอยู่ร่วมกันได้ (ตาราง 3 และภาพ 3)



ภาพ 3 ลักษณะโคโลนีของรา *Trichoderma* sp. L1I3 ที่เจริญบนอาหาร PDA ที่ผสมสารปรับปรุงดินที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

หมายเหตุ: [A= ช่วง pH น้อยกว่า 4.5, B= ช่วง pH 4.5–5.0, C= ช่วง pH 5.1–6.0, D= ช่วง pH 6.0 ขึ้นไป และ E= ชุดควบคุม (บาร์: 1.5 เซนติเมตร)]

ตาราง 3 การเจริญของราเอนโดไฟท์บนอาหารที่ผสมสารปรับปรุงดินที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

กรรมวิธี	การเจริญเติบโตของราเอนโดไฟท์ (%)				
	half dose	Normal dose	over dose	over dose x2	over dose x3
กรรมวิธีที่ 1 pH น้อยกว่า 4.5	83.00±7.37 b	55.50±4.81 c	40.50±3.26 d	21.50±4.18 c	0.00±0.00 c
กรรมวิธีที่ 2 pH 4.5-5.0	85.50±7.58 b	81.00±7.20 b	52.50±1.77 c	46.00±4.54 b	8.00±2.10 b
กรรมวิธีที่ 3 pH 5.1-6.0	97.00±4.11 a	86.00±3.79 b	70.00±10.75 b	51.00±1.37 b	50.50±2.10 a
กรรมวิธีที่ 4 pH 6.0 ขึ้นไป	100.00±0.00 a	96.7.00±1.15 a	93.50±3.79 a	82.00±9.59 a	53.50±3.35 a
F-test	*	**	**	**	**
CV (%)	6.21	5.97	9.35	11.46	7.99

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความสำคัญ 0.01 และ 0.05, ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

2. การทดสอบการเกิดโรค (Pathogenicity test)

2.1 การทดสอบการเกิดโรคของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *T. harzianum* (R24I2) ในเมล่อน

จากการทดสอบความสามารถในการเกิดโรคของราเอนโดไฟท์ในเมล่อน พบว่า หลังจากปลูกเชื้อ 7–14 วัน ราเอนโดไฟท์ทั้ง 2 สายพันธุ์ ได้แก่ *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *T. harzianum* (R24I2) ไม่ก่อให้เกิดโรคในเมล่อน โดยต้นเมล่อนมีอาการปกติ (ภาพ 4)

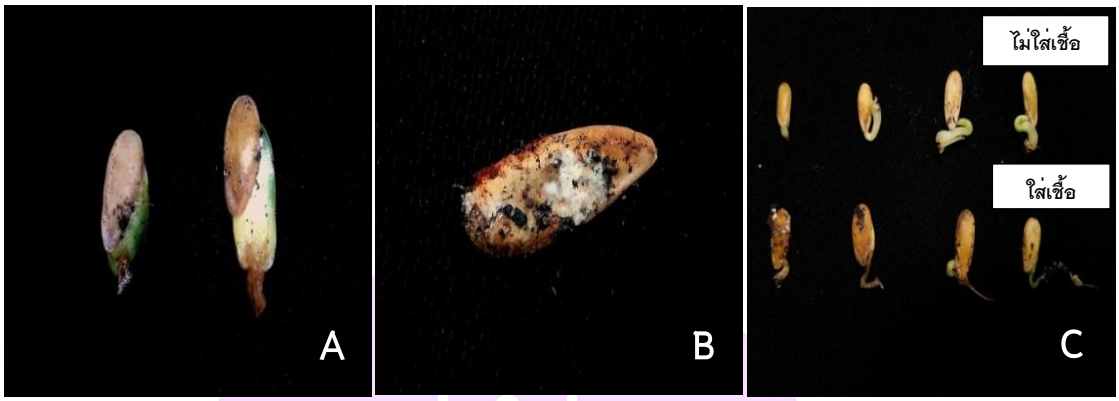
ภาพ 4 ลักษณะต้นเมล่อนที่ทดสอบการเกิดโรค โดยปลูกรา *T. harzianum* R24I2 และ *Trichoderma* sp. L1I3 นาน 7–14 วัน

หมายเหตุ: [A=Control, B=*T. harzianum* (R24I2), C=*Trichoderma* sp.(L1I3), D= *T. harzianum* (R24I2) + *Trichoderma* sp. (L1I3)]

2.2 การทดสอบการเกิดโรคของราสาเหตุโรค *Fusarium equiseti* (UP–PA002) ในเมล่อน

2.2.1 การทดสอบความสามารถในการเกิดโรคในระยะเมล็ดอยู่ในดิน (pre–emergence symptoms)

จากการทดสอบการเกิดโรคในระยะเมล็ดอยู่ในดิน หลังจากเพาะเมล็ดนาน 5 วัน พบว่า เมล็ดเมล่อนที่แช่แขวนลอยสปอร์รา *F. equiseti* (UP–PA002) มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 54 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมที่แช่ด้วยน้ำกลั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 4) และ พบว่าเมล็ดเมล่อนที่แช่แขวนลอยสปอร์รา *F. equiseti* (UP–PA002) เมล็ดมีการงอกที่ไม่สมบูรณ์ มีการเจริญของเชื้อราบนเมล็ด และรากมีการถูกทำลายของรา *F. equiseti* (UP–PA002) (ภาพ 5)



ภาพ 5 ลักษณะอาการผิดปกติของเมล็ดเมล่อนที่ปลูกเชื้อด้วยรา *F. equiseti* (UP-PA002) ในระยะเมล็ดอยู่ในดิน (pre-emergence symptoms)

หมายเหตุ: [A = เมล็ดที่งอกไม่สมบูรณ์, B = มีการเจริญของราบนเมล็ด, C = รากมีการถูกทำลายของราในกรรมวิธีที่ใส่เชื้อ]

2.2.2 การทดสอบโรคในระยะที่เมล็ดงอกขึ้นมาจากดิน (post-emergence symptoms)

จากการทดสอบการเกิดโรคในระยะเมล็ดงอกขึ้นมาจากดิน หลังจากปลูกลงในถุงเพาะ นาน 5 วัน ไม่พบการเกิดโรคในระยะนี้ (ตาราง 4) แต่พบว่า เมื่อถอนต้นกล้าออกมา รากของเมล่อนที่แช่แขวนลอยสปอร์รา *F. equiseti* (UP-PA002) มีการแตกรากที่น้อย รากไม่สมบูรณ์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ภาพ 6)

ภาพ 6 ลักษณะอาการผิดปกติของต้นกล้าเมล่อนที่ปลูกเชื้อด้วยรา *F. equiseti* (UP-PA002) ในระยะเมล็ดงอกขึ้นจากดิน (post-emergence symptoms)

หมายเหตุ: [A = =ชุดควบคุม, B = แช่สารแขวนลอยสปอร์ของรา *F. equiseti* (UP-PA002)]

2.2.3 การทดสอบโรคในระยะต้นกล้า (occurrence of damping-off symptoms)

จากการทดสอบการเกิดโรคในระยะต้นกล้าหลังจากต้นกล้ามีใบจริงออกมา ไม่พบการเกิดโรคในระยะนี้เช่นเดียวกับการทดสอบในระยะที่เมล็ดงอกขึ้นมาจากดิน (post-emergence symptoms) (ตาราง 4) ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีช่วงเก็บข้อมูลระยะสั้นจึงยังไม่แสดงอาการ (ภาพ 7)

ภาพ 7 ลักษณะต้นกล้าเมล่อนที่ปลูกเชื้อด้วยรา *F. equiseti* (UP–PA002) ในระยะต้นกล้า (Occurrence of damping–off symptoms)

หมายเหตุ: [A = ชุดควบคุม, B = แช่สารแขวนลอยสปอร์ของรา *F. equiseti* สายพันธุ์ (UP–PA002)]

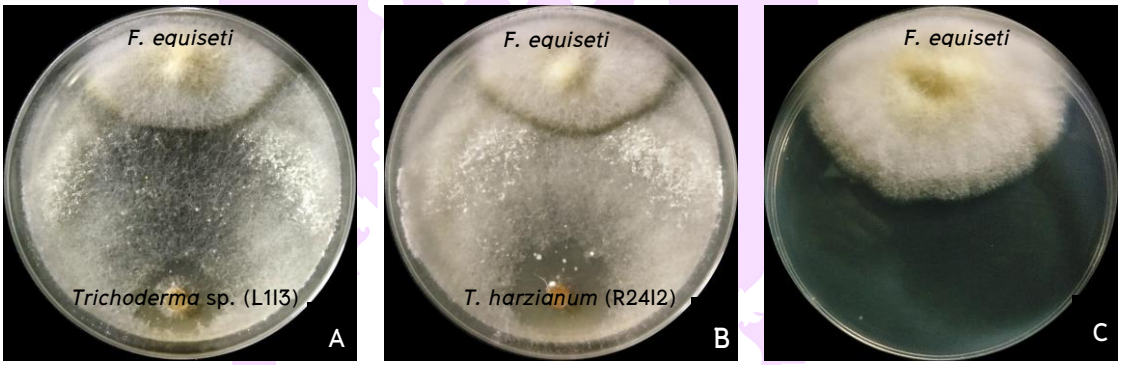
ตาราง 4 การเกิดโรคเน่าของเมล่อนเกิดจากรา *F. equiseti* (UP-PA002) ทั้ง 3 ระยะ ได้แก่ ระยะเมล็ดอยู่ในดิน (pre-emergence symptoms), ระยะเมล็ดงอกขึ้นมาจากดิน (post-emergence symptoms) และระยะต้นกล้า (occurrence of damping-off symptoms)

กรรมวิธี	การเกิดโรคเหี่ยว (%)		
	pre-emergence symptoms (ระยะเมล็ดอยู่ในดิน)	post-emergence symptoms (ระยะเมล็ดงอกขึ้นจากดิน)	occurrence of damping-off symptoms (ระยะของต้นกล้า)
1 Control	2.00±2.74 a	0.00±0.00	0.00±0.00
2 *F. equiseti* (UP-PA002)	54.00±17.82 b	0.00±0.00	0.00±0.00
F-test	*	ns	ns
CV (%)	23.53	0	0

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความสำคัญ 0.05, ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

3. การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *T. harzianum* (R24I2) ต่อยับยั้งรา *F. equiseti* (UP-PA002) โดยวิธี dual culture

จากการทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *T. harzianum* (R24I2) ต่อการควบคุมการเจริญของรา *F. equiseti* (UP-PA002) สาเหตุโรคเหี่ยวของเมล่อน ในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า *Trichoderma* sp. L1I3 มีเปอร์เซ็นต์ในการควบคุมการเจริญของรา *F. equiseti* (UP-PA002) มากที่สุด เท่ากับ 84.16% รองลงมาคือ *T. harzianum* R24I2 ที่มีเปอร์เซ็นต์การควบคุมเท่ากับ 80.88% โดยราเอนโดไฟท์ทั้ง 2 สายพันธุ์ มีกลไกการควบคุมการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรคเหี่ยวของเมล่อน แบบแข่งขันการเจริญเติบโต (ภาพ 8, ตาราง 5)



ภาพ 8 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อยับยั้งรา *F. equiseti* (UP-PA002) โดยวิธี dual culture

หมายเหตุ: [A= *Trichoderma* sp. (L1I3), B= *T. harzianum* (R24I2), C= *F. equiseti* (UP-PA002) (control) (บาร์: A – C = 2 เซนติเมตร)]

ตาราง 5 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. สายพันธุ์ L1I3 และ *T. harzianum* สายพันธุ์ R24I2 ต่อการควบคุมการเจริญของรา *F. Equiseti* สายพันธุ์ UP-PA002 สาเหตุโรคเหี่ยวของเมล่อน ในระดับห้องปฏิบัติการ (In vitro)

ราเอนโดไฟท์	เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง
Trichoderma sp. (L1I3)	84.16±0.95 a
T. harzianum (R24I2)	80.88±0.95 b
F-test	*
CV (%)	1.15

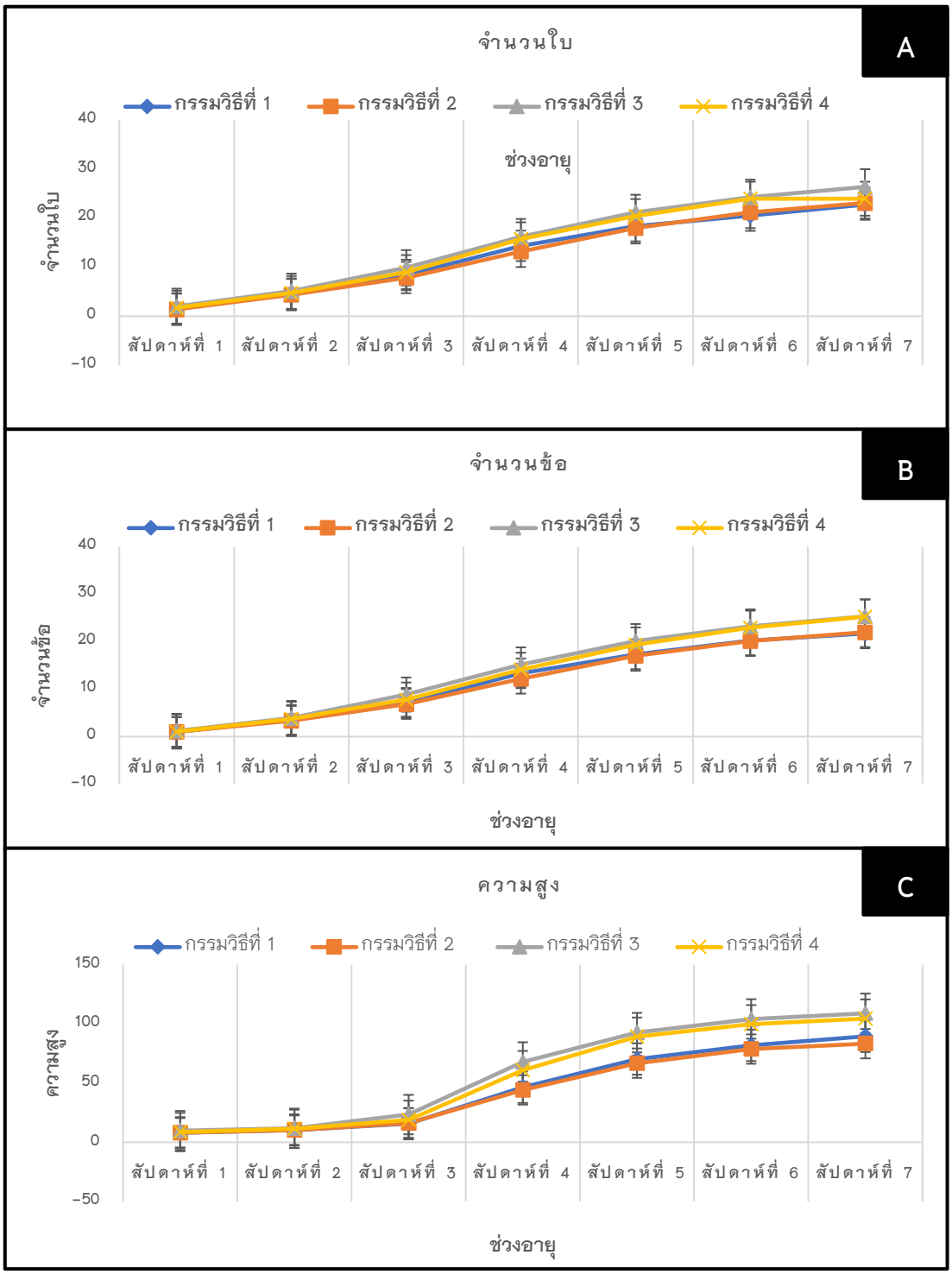
หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติโดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความสำคัญ 0.01, ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4. การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ในการควบคุมโรคเหี่ยวในระดับโรงเรือน

4.1 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน

4.1.1 การเจริญเติบโต

จากการทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนในระดับโรงเรือน เมื่อทำการวัดความสูง นับจำนวนใบ และจำนวนข้อ จนถึงสัปดาห์ที่ 7 พบว่า ในกรรมวิธีที่ 3 *Trichoderma* sp. (L1I3) มีความสูง จำนวนใบ และจำนวนข้อ มากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 108.99 เซนติเมตร, 26.33 ใบ และ 25.33 ข้อ ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพ 9, ตาราง 6-8)



ภาพ 9 การเจริญเติบโตของเมล่อนในระดับโรงเรือน สัปดาห์ที่ 1-7

หมายเหตุ: (A= ความสูง, B= จำนวนใบ, C= จำนวนข้อ)

ตาราง 6 ความสูงของเมล่อนที่ปลูกทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนในระดับโรงเรือนหลังจากย้ายปลูกในโรงเรือนนาน 1-7 สัปดาห์

Treatment	ความสูง (ซม.)						
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7
กรรมวิธีที่ 1	8.00±1.25 b	10.40±1.32	15.73±5.43 b	46.53±7.17 bc	70.40±6.88 b	81.94±6.18 b	89.53±4.83 bc
กรรมวิธีที่ 2	8.07±1.28 b	10.27±1.09	16.27±4.98 b	44.27±14.34 c	66.87±13.53 b	78.80±13.90 b	83.33±14.14 c
กรรมวิธีที่ 3	9.80±0.56 a	11.80±0.56	23.40±4.68 a	67.87±11.90 a	92.67±8.38 a	104.27±9.10 a	108.99±9.68 a
กรรมวิธีที่ 4	8.60±0.72 ab	11.33±1.60	19.00±3.70 ab	61.00±13.85 ab	89.27±15.71 a	99.80±14.07 a	104.53±14.51 ab
F-test	*	ns	*	*	**	**	**
CV (%)	11.65	11.00	25.49	22.15	14.66	12.41	11.89

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความสำคัญ 0.01 และ 0.05, ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)

กรรมวิธีที่ 2 ปลูกเชื้อ *T. harzianum* (R24I2)

กรรมวิธีที่ 3 ปลูกเชื้อ *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 4 ปลูกเชื้อ *T. harzianum* (R24I2) + *Trichoderma* sp. (L1I3)

ตาราง 7 จำนวนใบของเมล่อนที่ปลูกทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนในระดับโรงเรือน หลังจากย้ายปลูกในโรงเรือนนาน 1-7 สัปดาห์

Treatment	จำนวนใบ (ใบ)						
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7
กรรมวิธีที่ 1	1.60±0.28 ab	4.60±0.49	8.40±1.01	14.33±1.27 ab	18.34±1.25 b	20.47±0.65 b	22.73±0.83 b
กรรมวิธีที่ 2	1.40±0.37 b	4.40±0.93	7.87±2.14	13.20±2.23 b	18.00±2.21 b	21.13±2.10 b	23.07±1.98 b
กรรมวิธีที่ 3	2.00±0.23 a	5.07±0.43	9.86±1.50	16.20±1.39 a	21.13±0.99 a	24.20±1.26 a	26.33±1.11 a
กรรมวิธีที่ 4	1.73±0.36 ab	4.73±0.36	8.99±1.12	15.67±1.53 a	20.40±1.42 a	23.93±0.99 a	23.93±1.28 a
F-test	*	ns	ns	*	**	**	**
CV (%)	**18.79**	**12.69**	**17.2**	**11.09**	**7.89**	**6.07**	**5.55**

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความสำคัญ 0.01 และ 0.05, ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)

กรรมวิธีที่ 2 ปลูกเชื้อ *T. harzianum* (R24I2)

กรรมวิธีที่ 3 ปลูกเชื้อ *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 4 ปลูกเชื้อ *T. harzianum* (R24I2) + *Trichoderma* sp. (L1I3)

ตาราง 8 จำนวนข้อของเมล่อนที่ปลูกทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนในระดับโรงเรือน หลังจากย้ายปลูกในโรงเรือนนาน 1-7 สัปดาห์

Treatment	จำนวนข้อ (ข้อ)						
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7
กรรมวิธีที่ 1	1.00±0.00 b	3.53±0.56	7.13±1.28	13.33±1.27 ab	17.33±1.25 b	20.27±0.83 b	21.73±0.83 b
กรรมวิธีที่ 2	1.00±0.00 b	3.33±0.82	6.87±2.14	12.20±2.23 b	17.00±2.21 b	20.13±2.10 b	22.00±1.94 b
กรรมวิธีที่ 3	1.20±0.18 a	3.93±0.55	8.86±1.50	15.20±1.39 a	20.13±0.99 a	23.20±1.26 a	25.33±1.11 a
กรรมวิธีที่ 4	1.07±0.15 ab	3.73±0.36	7.80±1.31	14.07±1.92 ab	19.40±1.42 a	22.93±0.99 a	25.27±1.28 a
F-test	*	ns	ns	*	**	**	**
CV (%)	10.94	16.34	20.82	12.75	8.31	6.4	5.73

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความสำคัญ 0.01 และ 0.05 ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)

กรรมวิธีที่ 2 ปลูกเชื้อ *T. harzianum* (R24I2)

กรรมวิธีที่ 3 ปลูกเชื้อ *Trichoderma* sp. (L1I3)

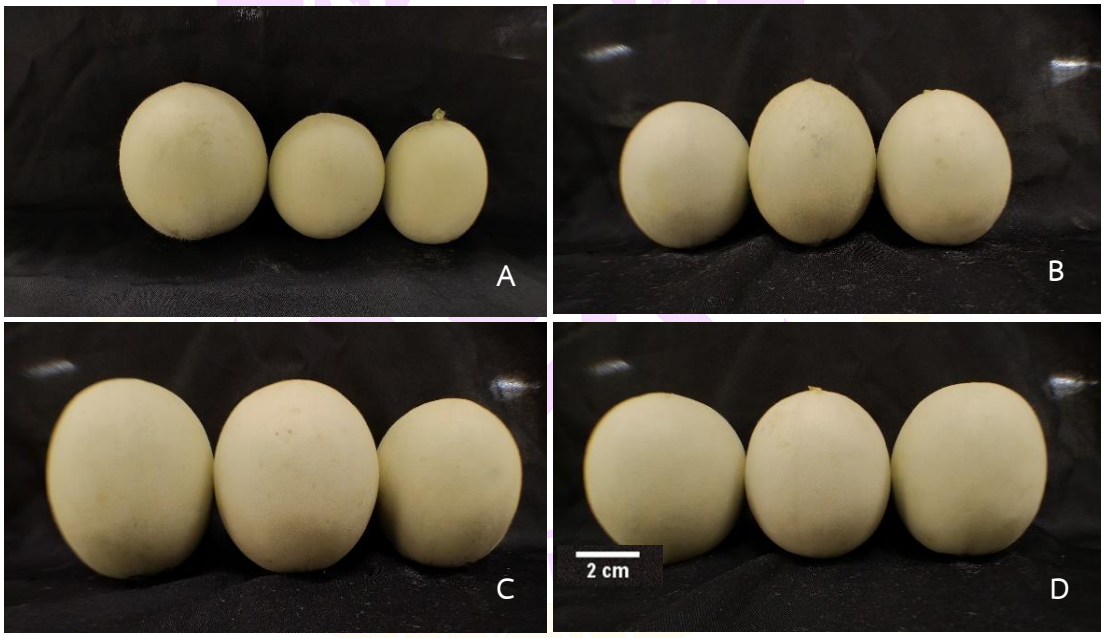
กรรมวิธีที่ 4 ปลูกเชื้อ *T. harzianum* (R24I2) + *Trichoderma* sp. (L1I3)

4.1.2 น้ำหนักลำต้นและน้ำหนักราก

จากการชั่งน้ำหนักรากสด น้ำหนักรากแห้ง น้ำหนักลำต้นสด และน้ำหนักลำต้นแห้งของเมล่อน พบว่า น้ำหนักรากสดและต้นแห้งของเมล่อนในกรรมวิธีที่ 3 *Trichoderma* sp. (L1I3) มีน้ำหนักมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 16.11 กรัม และ 68.55 กรัม ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 9)

4.1.3 ผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวและคุณภาพทางเคมี

การเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อเมล่อนถึงอายุการเก็บเกี่ยว พบว่า น้ำหนักผล เส้นผ่านศูนย์กลาง เส้นรอบวง ของเมล่อนในกรรมวิธีที่ปลูกเชื้อ *Trichoderma* sp. (L1I3) มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด เท่ากับ 357.82 กรัม, 8.90 เซนติเมตร, และ 28.30 เซนติเมตร ตามลำดับ และมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพ 10, ตาราง 10)



ภาพ 10 ลักษณะเมล่อนหลังการเก็บเกี่ยวอายุ 60 – 65 วัน

หมายเหตุ: [A= กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม, B= กรรมวิธีที่ 2 *T. harzinum* (R24I2), C= กรรมวิธีที่ 3 *Trichoderma* sp. (L1I3), D= กรรมวิธีที่ 4 *T. harzinum* (R24I2) + *Trichoderma* sp. (L1I3) (บาร์: A–D = 2 เซนติเมตร

ตาราง 9 น้ำหนักรากและลำต้นของเมล่อน ที่ปลูกราเอนโดไฟท์ในระดับโรงเรือน

กรรมวิธี	น้ำหนักรากและลำต้น (g)			
	น้ำหนักรากสด	น้ำหนักรากแห้ง	น้ำหนักต้นสด	น้ำหนักต้นแห้ง
1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)	6.96±1.80 bc	1.81±1.41	245.77±25.68	60.03±2.84 ab
2 *T. harzianum* (R24I2)	11.16±3.08 ab	2.10±0.43	246.70±56.88	59.52±7.06 ab
3 *Trichoderma* sp. (L1I3)	16.11±4.85 a	2.48±0.69	344.88±57.04	68.55±4.35 a
4 *T. harzianum* (R24I2) + *Trichoderma* sp. (L1I3)	11.93±4.43 ab	1.90±0.70	266.40±81.62	52.71±10.11 b
F-test	**	ns	ns	*
CV (%)	15.12	15.82	23.81	12.43

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความสำคัญ 0.01 และ 0.05 ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ตาราง 10 คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของเมล่อนที่ปลูกทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนในระดับโรงเรือน หลังจากย้ายปลูกในโรงเรือนนาน 1-7 สัปดาห์

กรรมวิธี	คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลผลิตเมล่อน						
	น้ำหนักผล (kg)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)	เส้นรอบวง (cm)	ความหนาเนื้อ (cm)	ความแน่นเนื้อ (N/mm)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Brix)	ปริมาณกรดที่ไตรเตรทได้ (TA)
กรรมวิธีที่ 1	235.02±17.25 c	7.47±0.47 c	24.93±0.75 c	2.20±0.20	7.12±0.51	7.03±0.06	0.38±0.12 a
กรรมวิธีที่ 2	289.24±11.48 b	7.93±0.06 bc	26.17±0.76 bc	2.13±0.23	8.31±0.13	5.73±1.10	0.49±0.08 ab
กรรมวิธีที่ 3	357.82±15.43 a	8.90±0.10 a	28.30±0.26 a	2.40±0.00	8.22±0.45	6.33±0.58	0.51±0.11 ab
กรรมวิธีที่ 4	304.14±23.78 b	8.30±0.44 b	27.17±1.76 ab	2.40±0.10	8.01±0.10	6.50±1.32	1.02±0.74 ab
F-test	**	**	**	ns	ns	ns	*
CV (%)	6.62	4.48	4.35	7.87	4.92	15.87	30.24

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan' New Multiple Range Test) ที่ระดับความสำคัญ 0.01 และ 0.05, ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)

กรรมวิธีที่ 2 ปลูกเชื้อ *T. harzianum* (R24I2)

กรรมวิธีที่ 3 ปลูกเชื้อ *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 4 ปลูกเชื้อ *T. harzianum* (R24I2) + *Trichoderma* sp. (L1I3)

4.1.4 การศึกษาลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารหลักของดินที่ใช้ปลูกเมล่อนในระดับโรงเรือน

จากการการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารหลักของดินที่ใช้ปลูกเมล่อนในระดับโรงเรือน ซึ่งดินที่ใช้ในการปลูกเป็นดินผสม มีส่วนผสมคือ ดิน ขี้วัว ขุยมะพร้าว แกลบดำ ทราย ใบไม้หมัก ในอัตราส่วนคือ 2:1:1:1:1:1 ส่วน พบว่า ความเป็นกรด–ด่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า ของกรรมวิธีที่ 3 ที่มีการปลูกราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) มีค่าเฉลี่ยดีที่สุดที่เมล่อนต้องการเท่ากับ 8.01 และ 1.23 เดซิซีเมตร/เมตร ตามลำดับ ส่วนปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่า กรรมวิธีที่ 4 ที่ปลูกราเอนโดไฟท์ทั้ง 2 สายพันธุ์ มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.16 มิลลิกรัม/กิโลกรัม แต่เมื่อเทียบกับดินก่อนปลูก พบว่า มีมากกว่าถึง 2.89 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในขณะที่ อินทรียวัตถุ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด และปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด พบว่า ทั้งดินก่อนปลูกและดินหลังปลูกไม่มีความแตกต่างกัน (ตาราง 11)

ตาราง 11 แสดงลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารหลักของดินที่ใช้ปลูกเมล่อนในระดับโรงเรือน

	กรรมวิธี	กรด-ด่าง	ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนต์/เมตร)	อินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	โพแทสเซียมทั้งหมด (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)
ดินหลังปลูก	กรรมวิธีที่ 1	8.39±0.01 ab	1.38±0.03 ab	1.25±0.00	0.91±0.48	1.07±0.00 bc	0.03±0.03
	กรรมวิธีที่ 2	8.42±0.02 a	1.55±0.01 a	1.26±0.01	0.86±0.15	1.13±0.05 abc	0.01±0.00
	กรรมวิธีที่ 3	8.01±0.16 c	1.23±0.27 bc	1.20±0.02	0.88±0.22	1.13±0.03 ab	0.01±0.01
	กรรมวิธีที่ 4	8.39±0.05 ab	1.14±0.03 c	1.25±0.01	0.92±0.23	1.16±0.00 a	0.01±0.00
ดินก่อนปลูก		8.28	1.43	1.24	0.86	1.07	0.01
	F-test	*	*	ns	ns	*	ns
	CV (%)	0.9	9.53	0.91	21.34	2.89	37.02

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความสำคัญ 0.05, ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)

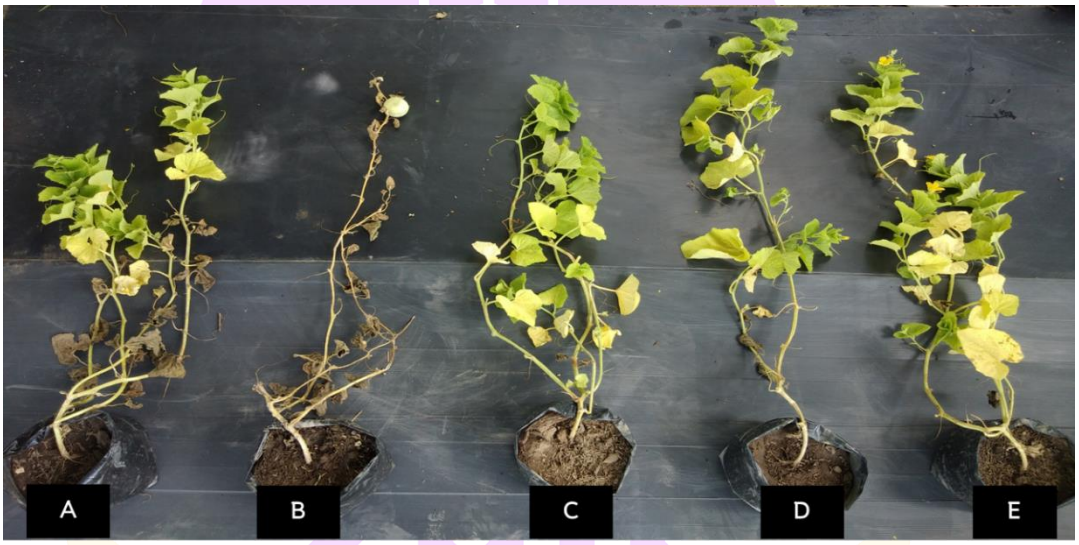
กรรมวิธีที่ 2 ปลูกเชื้อ *T. harzianum* (R24I2)

กรรมวิธีที่ 3 ปลูกเชื้อ *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 4 ปลูกเชื้อ *T. harzianum* (R24I2) + *Trichoderma* sp. (L1I3)

4.2 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ในการควบคุมโรคเหี่ยว

จากการทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ในการควบคุมโรคเหี่ยวในระดับโรงเรือนในทางด้านการเกิดโรค พบว่า ในกรรมวิธีที่ 4 ปลูกรา *Trichoderma* sp. (L1I3) และกรรมวิธีที่ 5 *T. harzianum* (R24I2) + *Trichoderma* sp. (L1I3) มีการเกิดโรคน้อยที่สุด โดยมีคะแนนการเกิดโรคเฉลี่ย ระดับ 1.00 รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 3 *T. harzianum* (R24I2) + *F. equiseti* (UP-PA002) ซึ่งน้อยกว่า กรรมวิธีที่ 2 ที่ปลูกรา *F. equiseti* (UP-PA002) สาเหตุโรคเหี่ยวเพียงอย่างเดียว เกิดโรคถึงระดับ 4.00 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตาราง 12 และภาพ 11)



ภาพ 11 ลักษณะอาการของต้นเมล่อนที่ทดสอบการควบคุมโรคเหี่ยว (*F. equiseti* UP-PA002) ในแต่ละกรรมวิธี

หมายเหตุ: [(A= ชุดควบคุม, B= *F. equiseti* (UP-PA002), C= *T. harzianum* ปลูกรา *F. equiseti* (UP-PA002), D= *Trichoderma* sp. (L1I3) ปลูกรา *F. Equiseti* (UP-PA002), E= *T. harzianum* + *Trichoderma* sp. (L1I3) ปลูกรา *F.equiseti* (UP-PA002)]

ตาราง 12 คะแนนการเกิดโรคเหี่ยวในระดับโรงเรือน หลังจากปลูกเชื้อ 14 วัน

กรรมวิธี	คะแนนการเกิดโรค
กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)	0.0±0.00 c
กรรมวิธีที่ 2 ปลูกเชื้อ *F. Equiseti* (UP-PA002)	4.0±0.00 a
กรรมวิธีที่ 3 ปลูกเชื้อ *T. harzianum* (R24I2) + *F. Equiseti* (UP-PA002)	1.0±0.35 b
กรรมวิธีที่ 4 ปลูกเชื้อ *Trichoderma* sp. (L1I3) + *F. Equiseti* (UP-PA002)	1.0±0.00 b
กรรมวิธีที่ 5 ปลูกเชื้อ *T. harzianum* (R24I2) + *Trichoderma* sp. (L1I3) + *F. equiseti* (UP-PA002)	1.0±0.00 b
F-test	**
CV (%)	9.96

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความสำคัญ 0.01, ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

4.3 การศึกษาจำนวนประชากรของราก่อโรคและการเข้าอาศัยของราเอนโดไฟท์ (re-isolation)

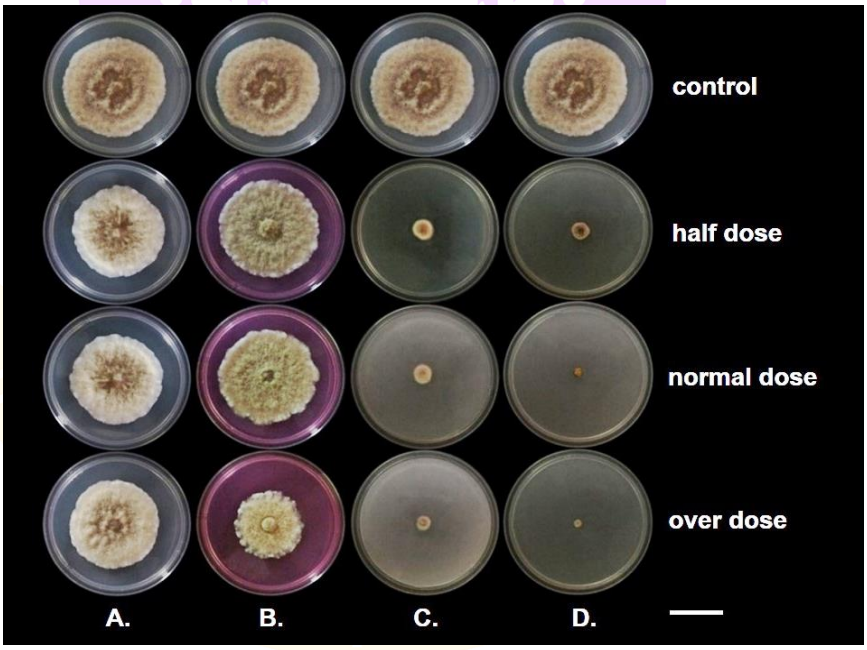
ทำการสุ่มตัวอย่างต้นเมล่อนทุก 2 สัปดาห์ กรรมวิธีละ 3 ต้น มาแยกเชื้อกลับเพื่อตรวจสอบการเข้าอาศัยของราก่อโรคและราเอนโดไฟท์ในเมล่อนในระดับโรงเรือน โดยอาศัยลักษณะของสัณฐานวิทยา พบว่า ในทุกกรรมวิธีและทุก 2 สัปดาห์ มีการเข้าอาศัยของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. ส่วนราก่อโรค พบว่า ในกรรมวิธีที่ 2 มีการเข้าอาศัยในทุก 2 สัปดาห์ และในกรรมวิธีที่ 3 และ 4 มีการเข้าอาศัยในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 6 ในขณะที่กรรมวิธีที่ 1 (ชุดควบคุม) ที่ไม่ได้ปลูกราก่อโรคและราเอนโดไฟท์ พบว่ามีการเข้าอาศัยของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (ตาราง 13)

ตาราง 13 ชนิดของราที่แยกได้จากการสุ่มตัวอย่างต้นเมล่อนทุก 2 สัปดาห์ ในระดับโรงเรือน

กรรมวิธี	ราที่พบจากการแยกเชื้อกลับ (re-isolation)		
	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์
1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)	*Trichoderma* sp.	*Trichoderma* sp.	*Trichoderma* sp.
2 *T. harzianum* (R24I2)	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.
3 *Trichoderma* sp. (L1I3)	*Trichoderma* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.
4 *T. harzianum* (R24I2) + *Trichoderma* sp. (L1I3)	*Trichoderma* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.

5. การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราต่อการยับยั้งการเจริญของรา *F. equiseti* สายพันธุ์ UP-PA002 สาเหตุโรคเหี่ยวของเมล่อน

การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อรา ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยรา *F. equiseti* (UP-PA002) บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ในแต่ละระดับความเข้มข้น พบว่าสาร etridiazole+quintozene ที่ระดับความเข้มข้นตามคำแนะนำในฉลาก (normal dose) สามารถยับยั้งการเจริญของรา *F. equiseti* (UP-PA002) สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อนได้สูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ความเข้มข้นครึ่งเท่าของระดับความเข้มข้นที่แนะนำในฉลาก มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง 89.35% (ภาพ 12, ตาราง 14) รองลงมาคือการใช้สาร pyraclostrobin ที่ระดับความเข้มข้นตามคำแนะนำในฉลาก และความเข้มข้น 2 เท่า ของความเข้มข้นที่แนะนำในฉลาก มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งเท่ากับ 91.84 และ 94.27 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในขณะที่ความเข้มข้นครึ่งเท่าของระดับความเข้มข้นที่แนะนำในฉลาก มีเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง 81.08% (ตาราง 14)



ภาพ 12 ลักษณะโคโลนีของรา *F. equiseti* (UP-PA002) สาเหตุโรคในเมล่อนบนอาหาร PDA ที่ผสมสารป้องกันกำจัดเชื้อราจำนวน 4 ชนิด ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ

หมายเหตุ: [A = copper hydroxide, B = metalaxyl, C = pyraclostrobin และ D = etridiazole+quintozene (บาร์เท่ากับ 3 เซนติเมตร)]

ตาราง 14 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของรา *F. equiseti* สายพันธุ์ UP-PA002 ของสารป้องกันกำจัดเชื้อราในระดับ*ห้องปฏิบัติการ*

กรรมวิธี	Percent Inhibition (%)		
	half dose	Normal dose	over dose
1 Control (PDA)	0.00±0.00 e	0.00±0.00 e	0.00±0.00 e
2 copper hydroxide	15.81±0.78 c	20.51±1.89 c	21.97±2.11 d
3 metalaxyl	5.45±1.11 d	8.06±1.75 d	38.51±0.87 c
4 pyraclostrobin	81.08±1.76 b	91.84±1.83 b	94.27±1.57 b
5 etridiazole+quintozene	89.35±1.36 a	100.00±0.00 a	100.00±0.00 a
F-test	*	*	*
CV (%)	3.04	3.21	2.43

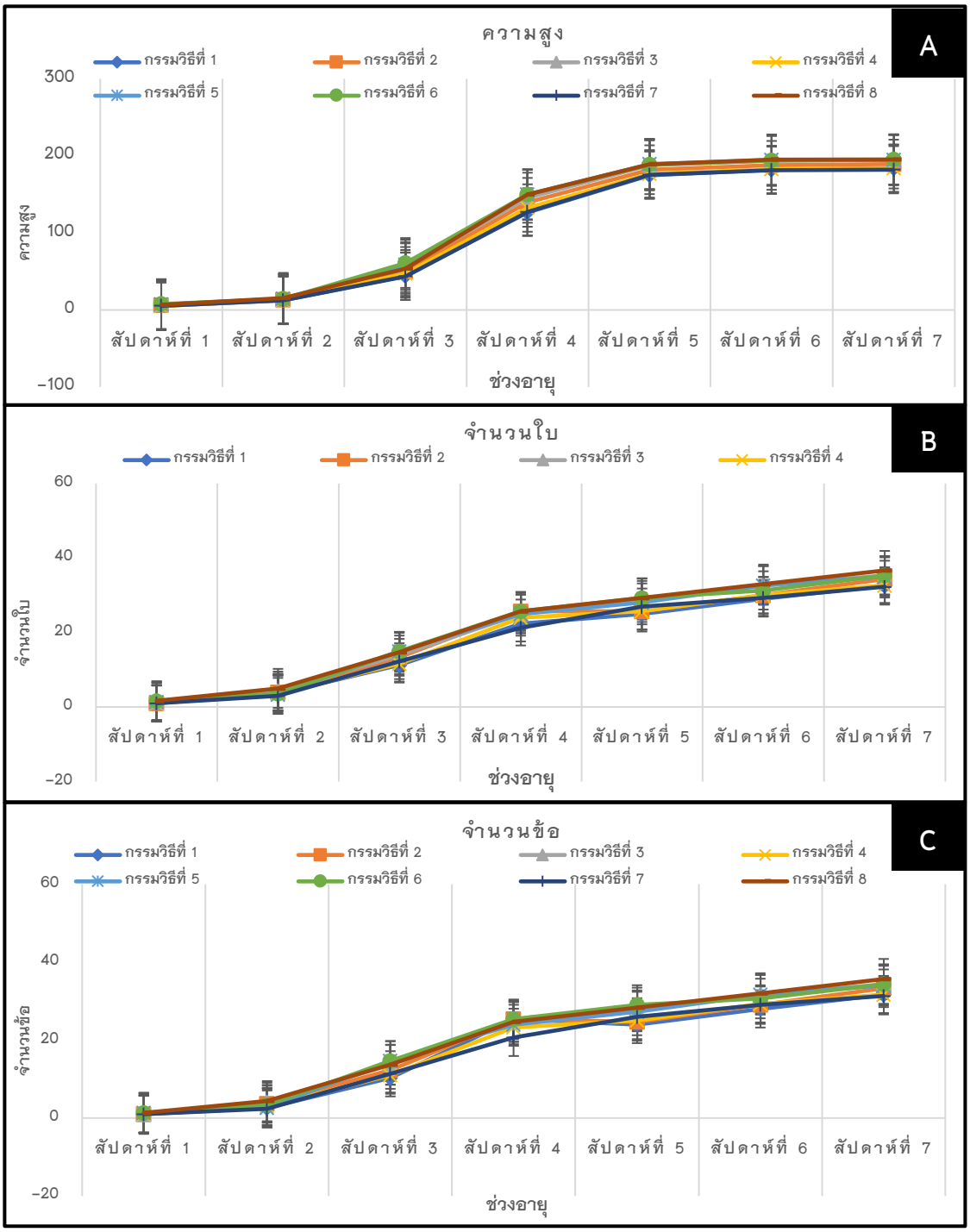
หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan' New Multiple Range Test) ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน, * = ที่ระดับความสำคัญ 0.05

6. การทดสอบควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อนโดยใช้ราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในแปลงทดลอง

6.1 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน

6.1.1 การเจริญเติบโต

โดยเลือกกรรมวิธีที่ดีที่สุดจากการทดสอบในระดับโรงเรือนมาศึกษาต่อ และกรรมวิธีที่ดีที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 3 *Trichoderma* sp. (L1I3) จากการทดสอบการควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อนโดยใช้ราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในแปลงทดลอง วัดการเจริญเติบโตจนถึงสัปดาห์ที่ 7 พบว่า ความสูงของเมล่อนในกรรมวิธีที่ 8 *Trichoderma* sp. (L1I3) มีความสูง นับจำนวนใบ และจำนวนข้อ มากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 195.33 เซนติเมตร, 36.67 ใบ และ35.67 ข้อ ตามลำดับ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 6 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับราเอนโดไฟท์ ที่มีความสูง นับจำนวนใบ และจำนวนข้อ เท่ากับ 195.00 เซนติเมตร, 35.33 ใบ และ 34,33 ข้อ ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพ 13, ตาราง 15–17)



ภาพ 13 การเจริญเติบโตของเมล่อนในแปลงทดลองที่ทดสอบราเอนโดไฟท์กับสารปรับปรุงดิน นาน 1-7 สัปดาห์

หมายเหตุ: (A= ความสูง, B= จำนวนใบ, C= จำนวนข้อ)

ตาราง 15 ความสูงของเมล่อนที่ปลูกทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนในแปลงทดลองหลังจากย้ายปลูก 1-7 สัปดาห์

กรรมวิธี	ความสูง (cm)						
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7
กรรมวิธีที่ 1	5.33±0.58 bc	12.67±0.58 b	44.00±3.46 b	126.67±9.07 c	175.00±6.24 b	181.67±7.09 b	184.00±6.24 b
กรรมวิธีที่ 2	6.00±0.00 abc	13.33±0.58 ab	50.00±4.36 ab	139.67±4.62 ab	182.00±3.61 ab	187.67±5.03 ab	189.33±4.04 ab
กรรมวิธีที่ 3	6.33±0.58 abc	14.33±1.53 ab	55.67±4.04 ab	145.67±2.52 a	187.67±3.06 a	193.67±2.08 a	194.67±1.15 a
กรรมวิธีที่ 4	5.00±0.00 c	13.30±0.58 ab	47.00±2.65 ab	132.30±5.86 bc	176.67±3.06 b	182.30±4.51 b	183.67±3.51 b
กรรมวิธีที่ 5	7.00±1.00 ab	14.00±1.00 ab	58.67±6.66 a	150.00±4.00 a	189.33±3.06 a	194.67±4.51 a	194.67±4.51 a
กรรมวิธีที่ 6	7.67±1.15 a	14.00±2.00 ab	61.00±5.57 a	149.67±7.02 a	188.67±5.69 a	193.67±5.51 a	195.00±5.29 a
กรรมวิธีที่ 7	5.33±0.58 bc	12.67±0.58 b	43.67±0.58 b	127.33±2.89 c	175.30±3.79 b	181.30±2.08 b	182.00±3.00 b
กรรมวิธีที่ 8	6.67±1.53 abc	15.33±2.08 a	53.67±9.29 ab	149.67±8.74 a	189.33±7.64 a	195.00±5.57 a	195.33±5.69 a
F-test	**	*	*	**	*	*	*
CV (%)	14.54	9.3	10.06	4.33	2.63	2.56	2.35

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความสำคัญ 0.01 และ 0.05, ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)

กรรมวิธีที่ 2 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ ครึ่งของระดับคำแนะนำ (half dose)

กรรมวิธีที่ 3 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ตามระดับคำแนะนำ (normal dose)

กรรมวิธีที่ 4 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ หนึ่งเท่าของระดับคำแนะนำ (over dose)

กรรมวิธีที่ 5 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L113)

กรรมวิธีที่ 6 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L113)

กรรมวิธีที่ 7 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L113)

กรรมวิธีที่ 8 *Trichoderma* sp. (L113)

ตาราง 16 จำนวนใบของเมล่อนที่ปลูกทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนในแปลงทดลองหลังจากย้ายปลูก 1-7 สัปดาห์

กรรมวิธี	จำนวนใบ (ใบ)						
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7
กรรมวิธีที่ 1	1.00±0.00	3.67±0.58 ab	11.30±0.58 c	22.33±3.21 bc	25.00±2.65 c	29.00±1.00 b	32.67±0.58 b
กรรมวิธีที่ 2	1.00±0.00	4.00±0.00 ab	13.33±0.58 abc	25.67±1.15 a	25.67±2.08 bc	30.00±1.00 ab	34.33±1.15 ab
กรรมวิธีที่ 3	1.33±0.58	4.33±1.15 ab	14.00±0.00 ab	25.00±2.00 ab	28.67±1.15 ab	32.67±2.52 a	35.33±1.53 ab
กรรมวิธีที่ 4	1.00±0.00	3.67±0.58 ab	11.67±1.15 c	24.00±1.73 abc	25.67±1.15 bc	30.00±1.00 ab	32.67±0.58 b
กรรมวิธีที่ 5	1.33±0.58	3.33±0.58 ab	15.00±1.00 a	25.00±0.00 ab	28.00±1.73 abc	32.67±1.53 a	35.00±2.00 ab
กรรมวิธีที่ 6	1.67±0.58	3.67±1.53 ab	15.00±1.73 a	25.67±1.15 a	29.33±1.53 a	31.30±3.21 ab	35.33±2.52 ab
กรรมวิธีที่ 7	1.00±0.00	3.00±0.00 b	12.30±1.15 bc	21.33±1.15 c	27.00±1.00 abc	29.30±0.58 b	32.30±1.53 b
กรรมวิธีที่ 8	1.67±0.58	5.00±1.73 a	14.67±1.53 a	25.67±0.58 a	29.33±2.52 a	33.00±1.00 a	36.67±1.53 a
F-test	ns	*	**	**	**	*	*
CV (%)	34.64	27.09	8.19	6.76	6.68	5.51	4.53

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความสำคัญ 0.01 และ 0.05, ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)

กรรมวิธีที่ 2 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ ครึ่งของระดับคำแนะนำ (half dose)

กรรมวิธีที่ 3 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ตามระดับคำแนะนำ (normal dose)

กรรมวิธีที่ 4 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ หนึ่งเท่าของระดับคำแนะนำ (over dose)

กรรมวิธีที่ 5 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 6 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 7 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 8 *Trichoderma* sp. (L1I3)

ตาราง 17 จำนวนข้อของเมล่อนที่ปลูกทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนในแปลงทดลองหลังจากย้ายปลูก 1-7 สัปดาห์

กรรมวิธี	จำนวนข้อ (ข้อ)						
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6	สัปดาห์ที่ 7
กรรมวิธีที่ 1	1.00±0.00	2.67±0.58 ab	10.33±0.58 c	25.33±3.21 a	24.00±2.65 d	28.00±1.00 b	31.67±0.58 b
กรรมวิธีที่ 2	1.00±0.00	3.67±0.58 ab	12.33±0.58 bc	25.33±1.53 a	24.67±2.08 cd	29.00±1.00 ab	33.30±1.15 ab
กรรมวิธีที่ 3	1.00±0.00	4.00±1.73 ab	13.67±0.58 ab	24.67±1.53 a	27.67±1.15 abc	31.67±2.52 a	34.33±1.53 ab
กรรมวิธีที่ 4	1.00±0.00	3.00±0.00ab	11.00±1.00 c	23.30±2.08 abc	25.00±1.73 bcd	29.30±1.15 ab	31.67±0.58 b
กรรมวิธีที่ 5	1.33±0.58	2.67±0.58 ab	14.67±0.58 a	24.00±0.00 ab	27.33±1.53 abcd	31.67±1.53 a	34.00±2.00 ab
กรรมวิธีที่ 6	1.33±0.58	3.30±1.15 ab	14.67±2.31 a	25.33±0.58 a	29.00±1.73 a	30.67±3.06 ab	34.33±2.52 ab
กรรมวิธีที่ 7	1.00±0.00	2.33±0.58 b	11.30±1.15 c	20.67±0.58 c	26.00±1.00 abcd	29.00±1.00 ab	31.33±1.53 b
กรรมวิธีที่ 8	1.33±0.58	4.33±1.15 a	13.67±1.53 ab	24.67±0.58 a	28.30±2.52 ab	32.00±1.00 a	35.67±1.53 a
F-test	ns	*	**	**	**	*	*
CV (%)	31.43	28.78	9.37	6.74	7.10	5.66	4.67

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test)) ที่ระดับความสำคัญ 0.01 และ 0.05, ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)

กรรมวิธีที่ 2 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ ครึ่งของระดับคำแนะนำ (half dose)

กรรมวิธีที่ 3 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ตามระดับคำแนะนำ (normal dose)

กรรมวิธีที่ 4 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ หนึ่งเท่าของระดับคำแนะนำ (over dose)

กรรมวิธีที่ 5 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 6 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 7 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 8 *Trichoderma* sp. (L1I3)

6.1.2 น้ำหนักลำต้นและน้ำหนักราก

จากการชั่งน้ำหนักรากสด น้ำหนักรากแห้ง น้ำหนักลำต้นสด และน้ำหนักลำต้นแห้งของเมล่อน พบว่า น้ำหนักรากสดและต้นสดของเมล่อน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนน้ำหนักรากแห้ง พบว่า ในกรรมวิธีที่ 6 มีน้ำหนักมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 3.21 กรัม และน้ำหนักต้นแห้ง พบว่า ในกรรมวิธีที่ 2 มีน้ำหนักมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 83.78 กรัม แต่ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีที่ 5 และ 6 (ตาราง 18)

ตาราง 18 น้ำหนักรากและน้ำหนักลำต้นของเมล่อน ที่ปลูกราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในการควบคุมโรคเหี่ยวในแปลงทดลอง

กรรมวิธี	น้ำหนักรากและลำต้น (g)			
	น้ำหนักรากสด	น้ำหนักรากแห้ง	น้ำหนักต้นสด	น้ำหนักต้นแห้ง
กรรมวิธีที่ 1	5.66±2.92	1.46±0.82 ab	278.52±138.96	67.41±16.50 ab
กรรมวิธีที่ 2	6.84±3.11	1.70±0.34 ab	254.66±107.81	83.78±17.58 a
กรรมวิธีที่ 3	8.13±5.99	2.17±1.43 ab	276.35±98.19	66.44±23.94 ab
กรรมวิธีที่ 4	2.96±0.43	1.04±0.31 b	162.37±22.58	39.35±9.38 b
กรรมวิธีที่ 5	6.01±2.25	1.77±0.41 ab	378.81±89.64	79.77±20.31 a
กรรมวิธีที่ 6	9.08±1.78	3.21±1.11 a	423.28±92.70	78.65±11.67 a
กรรมวิธีที่ 7	6.67±4.15	2.01±1.75 ab	371.39±167.59	73.01±17.99 ab
กรรมวิธีที่ 8	6.38±4.08	1.79±1.52 ab	360.95±143.42	59.20±19.00 ab
F-test	ns	*	ns	*
CV (%)	25.26	24.08	23.59	13.48

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความสำคัญ 0.05, ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)

กรรมวิธีที่ 2 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ ครึ่งของระดับคำแนะนำ (half dose)

กรรมวิธีที่ 3 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ตามระดับคำแนะนำ (normal dose)

กรรมวิธีที่ 4 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ หนึ่งเท่าของระดับคำแนะนำ (over dose)

กรรมวิธีที่ 5 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3)

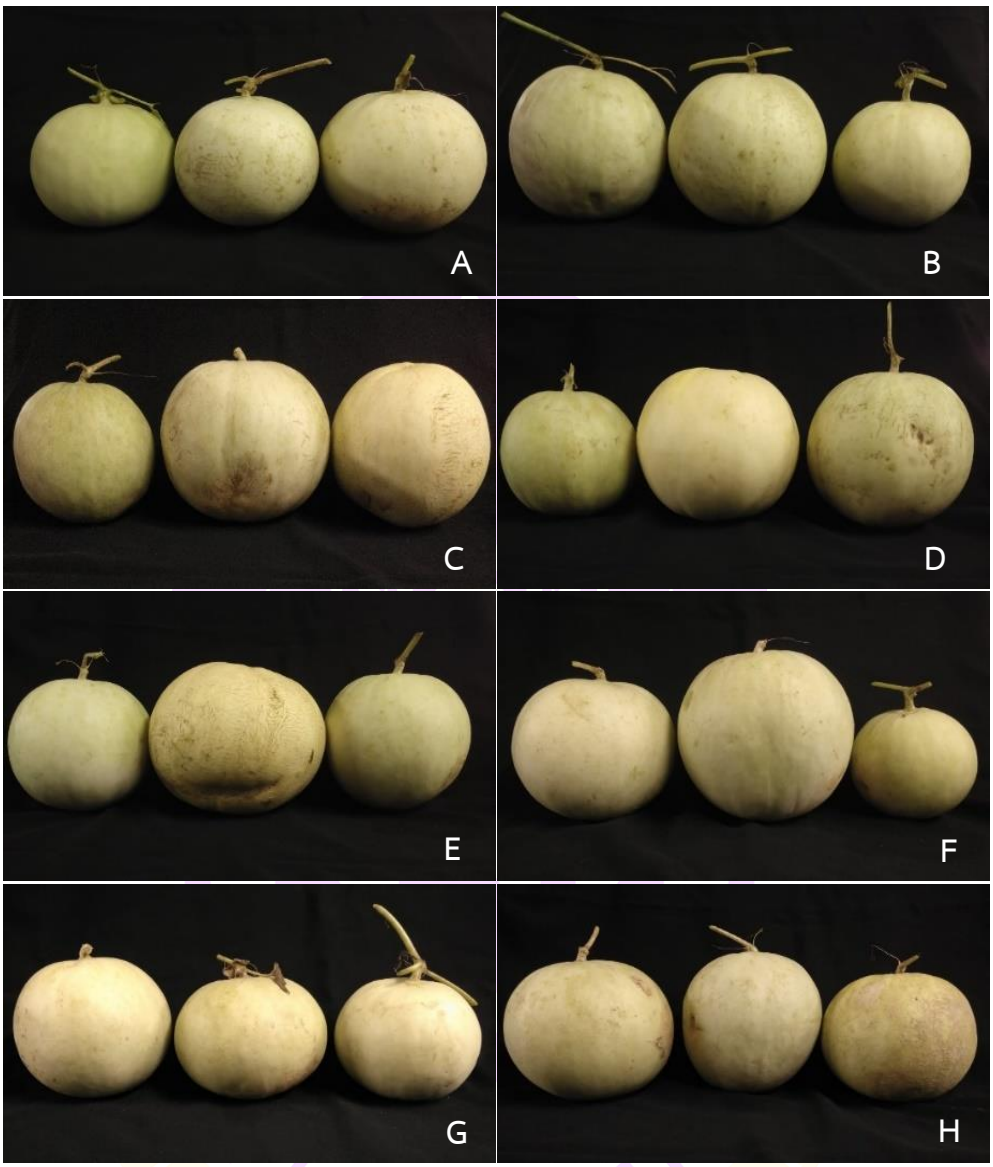
กรรมวิธีที่ 6 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 7 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 8 *Trichoderma* sp. (L1I3)

6.1.3 ด้านผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวและคุณภาพทางเคมี

การเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อเมล่อนถึงอายุการเก็บเกี่ยว พบว่า น้ำหนักผล เส้นผ่านศูนย์กลาง เส้นรอบวง และความหนาเนื้อของกรรมวิธีที่ 5 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 1.42 กิโลกรัม 14.60 เซนติเมตร 46.33 เซนติเมตร และ 4.33 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนความแน่นเนื้อ พบว่า กรรมวิธีที่ 7 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 9.36 นิวตันต่อมิลลิเมตร ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และปริมาณกรดที่ไตรเตรทได้ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ตาราง 19 และภาพ 14)



ภาพ 14 ลักษณะเมล่อนหลังการเก็บเกี่ยวในแปลงทดลอง อายุเก็บเกี่ยว 60 – 65 วัน

หมายเหตุ: [A= กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม, B= กรรมวิธีที่ 2 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ ครึ่งของระดับคำแนะนำ (half dose), C= กรรมวิธีที่ 3 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ตามระดับคำแนะนำ (normal dose), D= กรรมวิธีที่ 4 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ หนึ่งเท่าของระดับคำแนะนำ (over dose), E= กรรมวิธีที่ 5 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3), F= กรรมวิธีที่ 6 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3), G= กรรมวิธีที่ 7 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3), H= กรรมวิธีที่ 8 *Trichoderma* sp. (L1I3) (บาร์: A–H = 2 เซนติเมตร)]

ตาราง 19 คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของเมล่อนที่ปลูกทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนในแปลงทดลอง หลังจากย้ายปลูก นาน 1-7 สัปดาห์

กรรมวิธี	คุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลผลิตแคนตาลูป						
	น้ำหนักผล (kg)	เส้นผ่านศูนย์กลาง (cm)	เส้นรอบวง (cm)	ความหนาเนื้อ (cm)	ความแน่นเนื้อ (N/mm)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (N/mm)	ปริมาณกรดที่ไตรเตรทได้ (TA)
กรรมวิธีที่ 1	0.88±0.15 cd	11.93±0.09 bc	37.83±2.02 bc	3.67±0.65 abc	8.81±0.45 ab	7.43±1.86	0.17±0.03
กรรมวิธีที่ 2	1.33±0.34 abc	14.10±1.51 ab	44.23±4.29 ab	4.17±0.29 ab	8.41±0.22 ab	7.70±1.39	0.11±0.04
กรรมวิธีที่ 3	1.11±0.34 abc	13.33±1.76 ab	41.90±5.81 ab	3.40±0.65 abc	8.62±0.67ab	7.63±1.31	0.13±0.00
กรรมวิธีที่ 4	1.37±0.33 ab	14.60±1.51 a	46.37±3.99 a	4.07±0.12 ab	8.67±0.51 ab	7.40±1.91	0.13±0.00
กรรมวิธีที่ 5	1.42±0.38 a	14.60±2.08 a	46.33±6.66 a	4.33±0.58 a	8.16±1.09 b	7.46±2.37	0.17±0.03
กรรมวิธีที่ 6	0.94±0.47 bcd	12.07±2.48 bc	38.00±7.21 bc	3.50±0.50 bc	8.72±0.72 ab	6.63±1.50	0.11±0.04
กรรมวิธีที่ 7	0.61±0.09 d	10.90±0.85 c	34.33±2.08 c	3.27±0.25 c	9.36±0.08 a	6.40±1.49	0.15±0.03
กรรมวิธีที่ 8	1.16±0.15 abc	13.50±0.50 ab	41.67±2.08 ab	4.33±0.29 a	8.86±0.19 ab	8.37±0.90	0.15±0.03
F-test	**	**	**	**	*	ns	ns
CV (%)	21.64	8.6	8.71	10.41	4.92	18.46	23.13

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test)) ที่ระดับความสำคัญ 0.01 และ 0.05, ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)

กรรมวิธีที่ 2 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ ครึ่งของระดับคำแนะนำ (half dose)

กรรมวิธีที่ 3 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ตามระดับคำแนะนำ (normal dose)

กรรมวิธีที่ 4 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ หนึ่งเท่าของระดับคำแนะนำ (over dose)

กรรมวิธีที่ 5 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 6 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 7 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 8 *Trichoderma* sp. (L1I3)

6.1.4 การศึกษาลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารหลักของดินที่ใช้ปลูกเมล่อนในแปลงทดลอง

จากการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารหลักของดินที่ใช้ปลูกเมล่อนในแปลงทดลอง พบว่า ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของกรรมวิธีที่ 8 มีค่าเฉลี่ยดีที่สุดที่เมล่อนต้องการเท่ากับ 8.73 ส่วนค่าการนำไฟฟ้า พบว่า ในกรรมวิธีที่ 1 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.08 เดซิซีเมตร/เมตร แต่พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อต้นเมล่อน ส่วนอินทรียวัตถุ พบว่า กรรมวิธีที่ 1 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.30 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเทียบกับดินก่อนปลูก พบว่า มีค่ามากกว่าทุกกรมวิธี มีค่าเท่ากับ 2.40 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่า กรรมวิธีที่ 8 ที่ปลูกราเอนโดไฟท์ มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.25 เปอร์เซ็นต์ และ 0.85 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนปริมาณโพแทสเซียมทั้งหมด พบว่า ในทุกกรรมวิธีมีปริมาณที่ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งเป็นปริมาณที่น้อยมากและไม่เพียงพอต่อพืช (ตารางที่ 20)

ตาราง 20 ลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารหลักของดินที่ใช้ปลูกเมล่อนในระดับแลงทดลอง

	กรรมวิธีที่	กรด-ด่าง	ค่าการนำไฟฟ้า (เดซิซีเมนต์/เมตร)	อินทรียวัตถุ (เปอร์เซ็นต์)	ไนโตรเจนทั้งหมด (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัสทั้งหมด (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)	โพแทสเซียมทั้งหมด (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)
ดินหลังปลูก	กรรมวิธีที่ 1	8.73±0.04 a	0.08±0.00 e	1.30±0.01 a	0.19±0.02 b	0.69±0.01 c	0.02±0.00
	กรรมวิธีที่ 2	8.54±0.08 c	0.16±0.02 b	1.27±0.01 b	0.18± 0.04 b	0.80±0.01 b	0.02±0.00
	กรรมวิธีที่ 3	8.62±0.01 b	0.13±0.01 d	1.29±0.00 a	0.23± 0.02 ab	0.82±0.03 ab	0.03±0.01
	กรรมวิธีที่ 4	8.49±0.05 c	0.16±0.00 bc	1.27±0.01 bc	0.24±0.02 ab	0.82±0.04 ab	0.01±0.01
	กรรมวิธีที่ 5	8.36±0.04 d	0.18±0.00 a	1.25±0.01 d	0.19±0.05 b	0.82±0.01 ab	0.01±0.00
	กรรมวิธีที่ 6	8.48±0.03 c	0.15±0.01 cd	1.27±0.01 bc	0.19±0.04 b	0.81±0.04 ab	0.02±0.00
	กรรมวิธีที่ 7	8.39±0.02 d	0.17±0.02 ab	1.25±0.01 cd	0.23±0.05 ab	0.81±0.03 ab	0.01±0.01
	กรรมวิธีที่ 8	8.18±0.06 e	0.17±0.00 ab	1.22±0.01 e	0.25±0.02 a	0.85±0.02 a	0.01±0.01
ดินก่อนปลูก		7.30	0.17	2.40	0.20	0.75	0.03
	F-test	**	**	**	*	*	ns
	CV (%)	0.53	6.38	0.62	16.01	3.15	26.08

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple Range Test) ที่ระดับความสำคัญ 0.01 และ 0.05, ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)

กรรมวิธีที่ 2 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ ครึ่งของระดับคำแนะนำ (half dose)

กรรมวิธีที่ 3 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ตามระดับคำแนะนำ (normal dose)

กรรมวิธีที่ 4 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ หนึ่งเท่าของระดับคำแนะนำ (over dose)

กรรมวิธีที่ 5 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3)

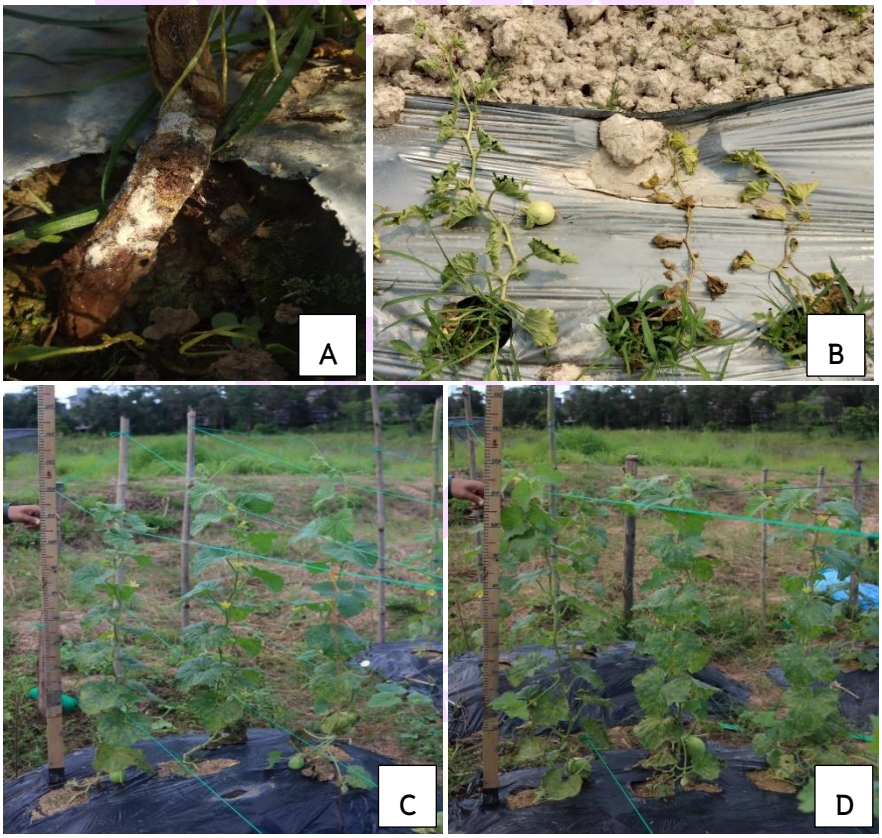
กรรมวิธีที่ 6 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 7 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 8 *Trichoderma* sp. (L1I3)

6.2 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในการควบคุมโรคเหี่ยว

จากการทดสอบการเกิดโรคเหี่ยวของเมล่อนโดยใช้ราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในแปลงทดลอง พบว่า ในทุกกรรมวิธีไม่พบการเกิดโรคเหี่ยว มีคะแนนการเกิดโรคเหี่ยวเฉลี่ยระดับ 0.00 เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ 2 ที่ปลูกรา *F. equiseti* (UP-PA002) เพียงอย่างเดียว ที่มีการเกิดโรคถึงระดับ 3.00 ซึ่งมากกว่าทุกกรรมวิธีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และยังพบว่าในกรรมวิธีที่ปลูกรา *F. equiseti* (UP-PA002) เพียงอย่างเดียว มีอาการเหี่ยวและแห้งตายอย่างรวดเร็ว ส่วนโคนต้นมีลักษณะการเกิดของสปอร์เกิดขึ้น และในกรรมวิธีที่ใช้ราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินไม่พบการเกิดโรคเหี่ยว (ภาพ 15, ตาราง 21)



ภาพ 15 ลักษณะต้นเมล่อนในแปลงทดลอง จากการทดสอบการเกิดโรคเหี่ยว

หมายเหตุ: [A = กรรมวิธีที่ 2 ปลูกรา *F. equiseti* (UP-PA002) โคนต้นมีลักษณะการเกิดของสปอร์เกิดขึ้น, B = กรรมวิธีที่ 2 ที่ปลูกรา *F. equiseti* (UP-PA002) เกิดอาการเหี่ยวและแห้งตาย, C-D = กรรมวิธีที่ใช้ราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) ร่วมกับสารปรับปรุงดินไม่พบการเกิดโรค]

ตาราง 21 คะแนนการเกิดโรคเหี่ยว ในการทดสอบราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดิน ในการควบคุมโรคเหี่ยวในระดับแปลงปฏิบัติการ หลังจากปลูกเชื้อ 14 วัน

กรรมวิธี	คะแนนการเกิดโรค
1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)	0.0±0.00 b
2 *F. equiseti* (UP-PA002)	3.0±0.00 a
3 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ + *F. equiseti* (UP-PA002)	0.0±0.00 b
4 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ + *F. equiseti* (UP-PA002)	0.0±0.00 b
5 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ + *F. equiseti* (UP-PA002)	0.0±0.00 b
6 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ *Trichoderma* sp. (L1I3) + *F. equiseti* (UP-PA002)	0.0±0.00 b
7 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ *Trichoderma* sp. (L1I3) + *F. equiseti* (UP-PA002)	0.0±0.00 b
8 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ *Trichoderma* sp. (L1I3) + *F. equiseti* (UP-PA002)	0.0±0.00 b
9 *Trichoderma* sp. (L1I3) + *F. equiseti* (UP-PA002)	0.0±0.00 b
F-test	ns
CV (%)	73.68

หมายเหตุ: ตัวอักษรต่างกันในสดมภ์เดียวกัน แสดงว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยการทดสอบแบบพิสัยเชิงพหุดันแคน (Duncan's New Multiple ange Test) ที่ระดับความสำคัญ 0.01, ±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

6.3 การศึกษาจำนวนประชากรของราก่อโรคและการเข้าอาศัยของราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในแปลงทดลอง (re-isolation)

ทำการสุ่มตัวอย่างต้นเมล่อนทุก 2 สัปดาห์ กรรมวิธีละ 3 ต้น มาแยกเชื้อกลับเพื่อตรวจสอบการเข้าอาศัยของราก่อโรคและราเอนโดไฟท์ในเมล่อน โดยอาศัยลักษณะของสัณฐานวิทยา พบว่า ในทุกกรรมวิธีและทุก 2 สัปดาห์ มีการเข้าอาศัยของราเอนโดไฟท์ Trichoderma spp. และราก่อโรค *Fusarium* sp. (ตาราง 22)

ตาราง 22 ชนิดของราที่แยกได้จากการสุ่มตัวอย่างต้นเมล่อนทุก 2 สัปดาห์ ในแปลงทดลอง

กรรมวิธี	ราที่พบจากการแยกเชื้อกลับ (re-isolation)		
	2 สัปดาห์	4 สัปดาห์	6 สัปดาห์
กรรมวิธีที่ 1	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.
กรรมวิธีที่ 2	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.
กรรมวิธีที่ 3	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.
กรรมวิธีที่ 4	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.
กรรมวิธีที่ 5	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.
กรรมวิธีที่ 6	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.
กรรมวิธีที่ 7	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.
กรรมวิธีที่ 8	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.	*Trichoderma* sp. และ *Fusarium* sp.

กรรมวิธีที่ 1 ชุดควบคุม (น้ำกลั่น)

กรรมวิธีที่ 2 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ ครึ่งของระดับคำแนะนำ (half dose)

กรรมวิธีที่ 3 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ตามระดับคำแนะนำ (normal dose)

กรรมวิธีที่ 4 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ หนึ่งเท่าของระดับคำแนะนำ (over dose)

กรรมวิธีที่ 5 สารปรับปรุงดิน อัตรา 1 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 6 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 7 สารปรับปรุงดิน อัตรา 4 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับ *Trichoderma* sp. (L1I3)

กรรมวิธีที่ 8 *Trichoderma* sp. (L1I3)

บทที่ 5

บทสรุป

สรุปผลการวิจัย

1. การทดสอบประสิทธิภาพสารปรับปรุงดินต่อการเจริญของราเอนโดไฟท์

จากการทดสอบประสิทธิภาพการอยู่ร่วมกันของราเอนโดไฟท์และสารปรับปรุงดินด้วยวิธี poisoned food technique พบว่า กรรมวิธีที่ 4 ช่วง pH 6.0 ขึ้นไป ที่ระดับความเข้มข้นครึ่งของระดับคำแนะนำ (half dose) อัตราการใช้ 1 ลิตรต่อไร่ มีการเจริญของเส้นใยมากที่สุดเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ สามารถนำราเอนโดไฟท์และสารปรับปรุงดินใช้ร่วมกันได้

2. การทดสอบการเกิดโรค (Pathogenicity test)

2.1 การทดสอบการเกิดโรคของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *T. harzianum* (R24I2) ในเมล่อน

จากการทดสอบความสามารถในการเกิดโรคของราเอนโดไฟท์ในเมล่อน พบว่า รา *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *T. harzianum* (R24I2) ไม่ก่อให้เกิดโรคในเมล่อน โดยต้นเมล่อนมีอาการปกติ

2.2 การทดสอบการเกิดโรคของราสาเหตุโรค *Fusarium equiseti* สายพันธุ์ UP-PA002 ในเมล่อน

2.2.1 การทดสอบความสามารถในการเกิดโรคในระยะเมล็ดอยู่ในดิน (pre-emergence symptoms)

จากการทดสอบการเกิดโรคในระยะเมล็ดอยู่ในดิน พบว่า เมล็ดเมล่อนที่แช่แขวนลอยสปอร์รา *F. equiseti* (UP-PA002) มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคมากถึง 54 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าชุดควบคุมที่แช่ด้วยน้ำกลั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมล็ดเมล่อนที่แช่แขวนลอยสปอร์รา *F. equiseti* (UP-PA002) มีการงอกที่ไม่สมบูรณ์ และรากมีการถูกทำลายของรา *F. equiseti* (UP-PA002)

2.2.2 การทดสอบโรคในระยะที่เมล็ดงอกขึ้นมาจากดิน (post-emergence symptoms)

จากการทดสอบการเกิดโรคในระยะเมล็ดงอกขึ้นมาจากดิน ไม่พบการเกิดโรคในระยะนี้ แต่พบว่าเมื่อถอนต้นกล้าออกมา รากของเมล่อนที่แช่แขวนลอยสปอร์รา *F. equiseti* (UP-PA002) มีการแตกรากที่น้อย รากไม่สมบูรณ์ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม

2.2.3 การทดสอบโรคในระยะต้นกล้า (occurrence of damping-off symptoms)

จากการทดสอบการเกิดโรคในระยะต้นกล้า ไม่พบการเกิดโรคในระยะนี้ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีช่วงเก็บข้อมูลระยะสั้นจึงยังไม่แสดงอาการ

3. การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *T. harzianum* (R24I2) ต่อยับยั้งรา *F. equiseti* สายพันธุ์ UP-PA002 โดยวิธี dual culture

จากการทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *T. harzianum* (R24I2) ต่อการควบคุมการเจริญของรา *F. equiseti* (UP-PA002) สาเหตุโรคเหี่ยวของเมล่อนในระดับห้องปฏิบัติการ โดยวิธี dual culture พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของรา *F. equiseti* (UP-PA002) ได้ถึง 80.88 และ 84.16 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

4. การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ในการควบคุมโรคเหี่ยวในระดับโรงเรือน

4.1 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน

4.1.1 การเจริญเติบโต

จากการทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนในระดับโรงเรือน พบว่า ในกรรมวิธีที่ 3 *Trichoderma* sp. (L1I3) มีความสูง จำนวนใบ และจำนวนข้อมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 108.99 เซนติเมตร, 26.33 ใบ และ 25.33 ข้อ ตามลำดับ

4.1.2 น้ำหนักลำต้นและน้ำหนักราก

จากการชั่งน้ำหนักรากสด น้ำหนักรากแห้ง น้ำหนักลำต้นสด และน้ำหนักลำต้นแห้งของเมล่อน พบว่า ในกรรมวิธีที่ 3 *Trichoderma* sp. (L1I3) มีน้ำหนักรากสดและลำต้นแห้งของเมล่อนมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 16.11 กรัม และ 68.55 กรัม ตามลำดับ

4.1.3 ด้านผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวและคุณภาพทางเคมี

เมื่อทำการเก็บเกี่ยวผลผลิต พบว่า ในกรรมวิธีที่ 3 *Trichoderma* sp. (L1I3) มีน้ำหนักผล เส้นผ่านศูนย์กลาง เส้นรอบวง ของเมล่อน มากที่สุดเท่ากับ 357.82 กรัม, 8.90 เซนติเมตร, และ 28.30 เซนติเมตร ตามลำดับ

4.1.4 การศึกษาลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารหลักของดินที่ใช้ปลูกเมล่อนในระดับโรงเรือน

จากการศึกษาลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารหลักของดินที่ใช้ปลูกเมล่อนในระดับโรงเรือน พบว่า ในกรรมวิธีที่ใช้รา *Trichoderma* sp. (L1I3) มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด มีค่าเฉลี่ย

ดีที่สุดที่เมล่อนต้องการเท่ากับ 8.01, 1.23 เดซิซีเมตร/เมตร และ 1.16 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตามลำดับ

4.2 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ในการควบคุมโรคเหี่ยว

จากการทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ในการควบคุมโรคเหี่ยวในระดับโรงเรือนในทางด้านการเกิดโรค พบว่า ในกรรมวิธีที่ 4 ปลูกรา *Trichoderma* sp. (L1I3) และกรรมวิธีที่ 5 *T. harzianum* (R24I2) + *Trichoderma* sp. (L1I3) มีการเกิดโรคน้อยที่สุด โดยมีคะแนนการเกิดโรคเฉลี่ย ระดับ 1.00 ซึ่งน้อยกว่า กรรมวิธีที่ 2 ที่ปลูกรา *F. equiseti* (UP-PA002) สาเหตุโรคเหี่ยวเพียงอย่างเดียว เกิดโรคถึงระดับ 4.00

4.3 การศึกษาจำนวนประชากรของราก่อโรคและการเข้าอาศัยของราเอนโดไฟท์ (re-isolation)

มาแยกเชื้อกลับ เพื่อตรวจสอบการเข้าอาศัยของราก่อโรคและราเอนโดไฟท์ในเมล่อนในระดับโรงเรือน พบว่า ในทุกกรรมวิธีและทุก 2 สัปดาห์ มีการเข้าอาศัยของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. และราก่อโรค รวมถึงกรรมวิธีที่ 1 (ชุดควบคุม) ที่ไม่ได้ปลูกราเอนโดไฟท์และราก่อโรค

5. การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราต่อการยับยั้งการเจริญของรา *F. equiseti* สายพันธุ์ UP-PA002 สาเหตุโรคเหี่ยวของเมล่อน

การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราต่อการยับยั้งการเจริญของรา *F. equiseti* (UP-PA002) ในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า สาร etridiazole+quintozene ที่ระดับความเข้มข้นตามคำแนะนำในฉลาก (normal dose) สามารถยังยั้งการเจริญของรา *F. equiseti* (UP-PA002) สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อนได้สูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์

6. การทดสอบควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อนโดยใช้ราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในแปลงทดลอง

6.1 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน

6.1.1 การเจริญเติบโต

ในกรรมวิธีที่มีการใช้ *Trichoderma* sp. (L1I3) ให้ผลดี โดยมีความสูง จำนวนใบ และจำนวนข้อ มากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 195.33 เซนติเมตร, 36.67 ใบ และ 35.67 ข้อ ตามลำดับ และไม่แตกต่างกับกรรมวิธีที่ใช้สารปรับปรุงดินร่วมกับราเอนโดไฟท์ คือกรรมวิธีที่ 6 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับราเอนโดไฟท์ ที่มีความสูง นับจำนวนใบ และจำนวนข้อ เท่ากับ 195.00 เซนติเมตร, 35.33 ใบ และ 34.33 ข้อ ตามลำดับ

6.1.2 น้ำหนักลำต้นและน้ำหนักราก

จากการชั่งน้ำหนักรากสด น้ำหนักรากแห้ง น้ำหนักลำต้นสด และน้ำหนักลำต้นแห้งของเมล่อน พบว่า น้ำหนักรากสดและน้ำหนักลำต้นสดของเมล่อน ไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ส่วนน้ำหนักรากแห้ง พบว่า ในกรรมวิธีที่ 6 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับราเอนโดไฟท์ มีน้ำหนักมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 3.21 กรัม

6.1.3 ด้านผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวและคุณภาพทางเคมี

จากการทดสอบ พบว่า ในกรรมวิธีที่ใช้ราไตรโครเดอร์มาร่วมกับสารปรับปรุงดิน มีน้ำหนักผล เส้นผ่านศูนย์กลาง เส้นรอบวง และความหนาเนื้อ มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 1.42 กิโลกรัม 14.60 เซนติเมตร 46.37 เซนติเมตร 9.36 นิวตันต่อมิลลิเมตร ตามลำดับ

6.1.4 การศึกษาลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารหลักของดินที่ใช้ปลูกเมล่อนในแปลงทดลอง

การศึกษาลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารหลักของดินที่ใช้ปลูกเมล่อนในแปลงทดลอง พบว่า ในกรรมวิธีที่ใช้ราไตรโครเดอร์มาร่วมกับสารปรับปรุงดิน มีค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อต้นเมล่อน

6.2 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในการควบคุมโรคเหี่ยว

จากการทดสอบการเกิดโรคเหี่ยวของเมล่อนโดยใช้ราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในแปลงทดลอง พบว่า ในทุกกรรมวิธีไม่พบการเกิดโรคเหี่ยว มีคะแนนการเกิดโรคเหี่ยวเฉลี่ยระดับ 0.00 เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ 2 ที่ปลูกรา *F. equiseti* (UP-PA002) เพียงอย่างเดียว ที่มีการเกิดโรคถึงระดับ 3.00

6.3 การศึกษาจำนวนประชากรของราก่อโรคและการเข้าอาศัยของราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในแปลงทดลอง (re-isolation)

การศึกษาจำนวนประชากรของเชื้อก่อโรคและการเข้าอาศัยของราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในแปลงทดลอง (re-isolation) พบว่า ในทุกกรรมวิธีและทุก 2 สัปดาห์ มีการเข้าอาศัยของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. และเชื้อก่อโรค *Fusarium* sp.

อภิปรายผลการวิจัย

1. การทดสอบประสิทธิภาพสารปรับปรุงดินต่อการเจริญของราเอนโดไฟท์

จากการทดสอบประสิทธิภาพการอยู่ร่วมกันของราเอนโดไฟท์และสารปรับปรุงดินด้วยวิธี poisoned food technique พบว่า กรรมวิธีที่ 4 ช่วง pH 6.0 ขึ้นไป ที่ระดับความเข้มข้นครึ่งของระดับคำแนะนำ (half dose) อัตราการใช้ 1 ลิตรต่อไร่ มีการเจริญของเส้นใยมากที่สุดเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พรทิพย์ แย้มสุวรรณ (2557) ที่ได้ทดสอบความเป็นกรด–ด่าง (pH) ที่เหมาะสมต่อการเจริญของรา *T. harzianum* Ch1.1 และ NL2.2 พบว่า รา *T. harzianum* Ch1.1 และ NL2.2 สามารถเจริญได้ดีใน pH 6.0–7.0 รองลงมาใน pH 8.0, 5.0 และ 4.0 ตามลำดับ และยิ่งอัตราการใช้สารปรับปรุงดินร่วมกับราเอนโดไฟท์ในปริมาณที่น้อย จะทำให้ราเอนโดไฟท์เจริญได้ดี แต่ก็พบว่า การใช้สารปรับปรุงดินในประมาณที่มาก ๆ ไม่ส่งผลต่อการเจริญของราเอนโดไฟท์แต่จะเจริญได้ช้ากว่า ซึ่งราเอนโดไฟท์และสารปรับปรุงดินสามารถอยู่ร่วมกันได้ (Harman, et al., 2004; Vinale, et al., 2006; Harman, 2006) ยังได้รายงานว่า ราไตรโคเดอร์มามีความทนทานต่อสารเคมี เจริญได้ดีในสภาพที่ไม่เหมาะสม จึงเป็นเชื้อที่มีการผลิตเพื่อการค้ามากที่สุดเมื่อเทียบกับเชื้อราปฏิปักษ์ชนิดอื่น ทั้งผลิตในรูปสารกำจัดเชื้อราสาเหตุโรคพืช ปุ๋ยอินทรีย์ หรือสารปรับปรุงสภาพดิน

2. การทดสอบการเกิดโรค (Pathogenicity test)

2.1 การทดสอบการเกิดโรคของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *T. harzianum* (R24I2) ในเมล่อน

จากการทดสอบความสามารถในการเกิดโรคของราเอนโดไฟท์ในเมล่อน พบว่า หลังจากปลูกเชื้อ 7–14 วัน ราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *T. harzianum* (R24I2) ไม่ก่อให้เกิดโรคในเมล่อน โดยต้นเมล่อนมีอาการปกติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ประไพพิศ อินเสน (2560) ที่ศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากราเอนโดไฟท์ พบว่า ราเอนโดไฟท์เป็นราที่อาศัยอยู่ในต้นพืชโดยไม่ก่อให้เกิดอาการของโรคใด ๆ กับพืช โดยอย่างน้อยที่สุดในช่วงหนึ่งของวงจรชีวิตอยู่ในลักษณะต่างพึ่งพาอาศัยกันแบบภาวะสมชีพ และ Wilson (2000) รายงานว่า ราเอนโดไฟท์ (endophytic fungi) เป็นจุลินทรีย์ที่มีช่วงหนึ่งของชีวิตอาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของพืชโดยไม่ก่อให้เกิดอาการของโรค นอกจากนี้ Claudia, et al. (2019) รายงานว่า *Trichoderma* เป็นราที่มีความสัมพันธ์กับพืชโดยกระตุ้นระบบการป้องกันตัวเองและส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช

2.2 การทดสอบการเกิดโรคของราสาเหตุโรค *Fusarium equiseti* สายพันธุ์ UP-PA002 ในเมล่อน

จากการทดสอบการเกิดโรคในระยะเมล็ดอยู่ในดิน หลังจากเพาะเมล็ด นาน 5 วัน พบว่า เมล็ดเมล่อนที่แช่แขวนลอยสปอร์รา *F. equiseti* (UP-PA002) มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเท่ากับ 54 เปอร์เซ็นต์ และ พบว่า เมล็ดเมล่อนที่แช่แขวนลอยสปอร์รา *F. equiseti* (UP-PA002) เมล็ดมีการงอกที่ไม่สมบูรณ์ มีการเจริญของราบนเมล็ด และรากมีการถูกทำลายของรา *F. equiseti* (UP-PA002) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Filer and Peterson, 1975; Crous, 2002; Horst, 2013) รายงานว่า การเน่าของเมล็ด สามารถเกิดขึ้นได้ตั้งแต่ก่อนการงอกของเมล็ด หรือเมื่อเมล็ดเริ่มแทงราก เป็นการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุซึ่งจะเกิดตั้งแต่เมล็ดยังอยู่ใต้ดิน จากนั้นทำการทดสอบการเกิดโรคในระยะเมล็ดงอกขึ้นมาจากดิน ไม่พบการเกิดโรคในระยะนี้ แต่พบว่าเมื่อถอนต้นกล้าออกมา รากของเมล่อนที่แช่แขวนลอยสปอร์รา *F. equiseti* (UP-PA002) มีการแตกรากที่น้อย รากไม่สมบูรณ์ ซึ่ง Nuangmek, et al. (2019) รายงานว่า *F. equiseti* (UP-PA002) เป็นราสาเหตุโรคผลเน่าของแคนตาลูปและยังเข้าทำลายแคนตาลูปในทุกระยะการเจริญเติบโต และ Wright (1944) ยังรายงานว่า ซึ่งอาจจะเกิดจากการที่เมล็ดงอกขึ้นมาจากดินเมื่อถูกเชื้อสาเหตุเข้าทำลายจะทำให้พืชเน่า เหี่ยว และตายเมื่องอกออกมา และทำการทดสอบการเกิดโรคในระยะต้นกล้า ไม่พบการเกิดโรคในระยะนี้และเช่นเดียวกับการทดสอบในระยะที่เมล็ดงอกขึ้นมาจากดิน (post-emergence symptoms) Ben and Nelson (1999) รายงานว่า แต่อย่างไรก็ตามปัจจัยที่ราสาเหตุโรคนั้นยังไม่เข้าทำลาย ต้องขึ้นอยู่กับเวลา อุณหภูมิ รวมถึงความต้านทานโรคของพันธุ์พืชทั้งนี้อาจเป็นเพราะมีช่วงเก็บข้อมูลระยะสั้นจึงยังไม่แสดงอาการ

3. การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *T. harzianum* (R24I2) ต่อยับยั้งรา *F. equiseti* สายพันธุ์ UP-PA002 โดยวิธี dual culture

จากการทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *T. harzianum* (R24I2) ต่อยับยั้งรา *F. equiseti* (UP-PA002) โดยวิธี dual culture พบว่า รา *Trichoderma* sp. (L1I3) และ *T. harzianum* (R24I2) มีเปอร์เซ็นต์ในการควบคุมการเจริญของรา *F. equiseti* (UP-PA002) ได้ 80.88 และ 84.16 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สายทอง แก้วฉาย (2557) การทดสอบการเป็นราปฏิปักษ์ พบว่า มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pyricularia grisea* สาเหตุโรคไหม้ของข้าว มากที่สุด 2 ไอโซเลท คือ NHS021 และ NHS022 ได้ถึง 95.4 และ 91.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำาดับ ซึ่งเชื้อทั้ง 2 ไอโซเลท เป็นรา *Trichoderma* sp. และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุธามาศ ณ น่าน และคณะ (2557) ที่ทดสอบประสิทธิภาพ

ของรา *Trichoderma* spp. ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยรา *Phyllosticta citricarpa* สาเหตุโรคจุดดำของส้มโอในห้องปฏิบัติการ พบว่า หลังจากบ่มเชื้อครบ 5 วัน รา *Trichoderma* spp. สายพันธุ์ T35 และ T10 มีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญของเส้นใยราสาเหตุโรคจุดดำได้ถึง 52.1 และ 51.0% ตามลำดับ

4. การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ในการควบคุมโรคเหี่ยวในระดับโรงเรือน

4.1 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน

4.1.1 การเจริญเติบโต

จากการทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ต่อการเจริญเติบโตของเมล่อนในระดับโรงเรือน เมื่อทำการวัดความสูง นับจำนวนใบ และจำนวนข้อ จนถึงสัปดาห์ที่ 7 พบว่า ในกรรมวิธีที่ 3 *Trichoderma* sp. (L1I3) มีความสูง จำนวนใบ และจำนวนข้อ มากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 108.99 เซนติเมตร, 26.33 ใบ และ 25.33 ข้อ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก (2557) ศึกษาผลของรา *Trichoderma* sp. ต่อการเจริญเติบโต และการควบคุม โรคแคนตาลูปในแปลง วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ โดยมีทั้งหมด 2 กรรมวิธี ได้แก่ การปลูกแคนตาลูปที่รองก้น หลุมด้วยรา *Trichoderma* sp. และการปลูกแคนตาลูปที่ไม่ใส่รา *Trichoderma* sp. รองก้นหลุมก่อนปลูก พบว่า ต้นแคนตาลูปใส่รา *Trichoderma* sp. รองก้นหลุมก่อนปลูก มีการเจริญเติบโตทางลำต้นมากที่สุด โดยมีความสูงและ จำนวนข้อ เท่ากับ 143.07 เซนติเมตร และ 27.90 ข้อ ตามลำดับ นอกจากนี้ Harman, et al. (2004) รายงานว่า รา*Trichoderma* spp. สามารถแข่งขันเพื่อแย่งอาหารและมีความสามารถในการเข้าครอบคลุมพื้นที่บริเวณรากพืชได้ดีกว่าราสาเหตุโรคพืช เมื่อมีการเจริญบริเวณรากพืชจะกระตุ้นให้พืชมีการเจริญเติบโตและมีความต้านทานโรคที่ดีขึ้น

4.1.2 น้ำหนักลำต้นและน้ำหนักราก

จากการนำรากและลำต้นมาชั่งน้ำหนัก พบว่า น้ำหนักรากสดและลำต้นแห้งของเมล่อนในกรรมวิธีที่ 3 *Trichoderma* sp. (L1I3) มีน้ำหนักมากที่สุด เฉลี่ยเท่ากับ 16.11 กรัม และ 68.55 กรัม ตามลำดับ โดย จิระเดช แจ่มสว่าง (2547) ได้รายงานว่า รา *Trichoderma* sp. สามารถผลิต harzianic acid, harzianic acid isomer และ pentyl pyrone ซึ่งสารเหล่านี้ช่วยเพิ่มน้ำหนักสดของต้นและรากแตงกวาได้ทั้งการทดสอบในระดับห้องปฏิบัติการและในระดับโรงเรือน หรือการเพาะเมล็ดที่ปลูกในดินซึ่งปลูกหรือโรยด้วยราไตรโคเดอร์มา พบว่า เมล็ดจะงอกเร็วกว่าปกติ 2-3 วันและต้นกล้าจะมีขนาดใหญ่โตกว่าปกติ

4.1.3 ผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวและคุณภาพทางเคมี

จากการทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อเมล่อนถึงอายุการเก็บเกี่ยว พบว่า น้ำหนักผล เส้นผ่านศูนย์กลาง เส้นรอบวง ของเมล่อนในกรรมวิธีที่ปลูกเชื้อด้วย *Trichoderma* sp. (L1I3) มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 357.82 กรัม, 8.90 เซนติเมตร, และ 28.30 เซนติเมตร ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วริรธิ์ ศรีพนัสกุล (2544) ที่ศึกษาเปรียบเทียบวัสดุปลูกที่เหมาะสม ต่อการปลูกแตงเทศพันธุ์ Emerald Sweet ด้วยระบบ Substrate Culture วัสดุปลูกที่ใช้ทดสอบ ได้แก่ ดินปลูก มทส. ดินปลูก มทส. ผสมราไตรโคเดอร์มา ขุยมะพร้าวผสมทรายผสมแกลบดิบ ขุยมะพร้าวผสมทรายผสมแกลบดิบผสมราไตรโคเดอร์มา ขุยมะพร้าวผสมทราย และขุยมะพร้าว ผสมทรายผสมราไตรโคเดอร์มา เก็บข้อมูลด้านการเจริญเติบโต ได้แก่ ความสูงต้น เส้นรอบวงผล ด้านผลผลิต ได้แก่ น้ำหนักผล ความกว้างผล ความยาวผล ความหนาเปลือกและเนื้อ ความกว้างของ ไส้ผล และความหวาน พบว่า ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลและความแน่นเนื้อมีความแตกต่างกันทางสถิติ ทั้งนี้ แตงเทศที่ปลูกในขุยมะพร้าวผสมทรายผสมแกลบดิบ ขุยมะพร้าวผสมทรายผสมแกลบดิบผสม ราไตรโคเดอร์มา ขุยมะพร้าวผสมทราย และขุยมะพร้าวผสมทรายผสมราไตรโคเดอร์มา ให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักผลสูงสุด แตงเทศที่ปลูกในดินปลูก มทส. ดินปลูก มทส.ผสมราไตรโคเดอร์มา ขุยมะพร้าวผสมทรายผสมแกลบดิบ และขุยมะพร้าวผสมทรายผสมราไตรโคเดอร์มาให้ค่าเฉลี่ยความแน่นเนื้อสูงสุด นอกจากนี้ Vinale, et al. (2008) รายงานว่า อาจเป็นเพราะราไตรโคเดอร์มาสร้างสารเร่งการเจริญเติบโตต่าง ๆ ได้ หรือราไตรโคเดอร์มาสร้างสารไปกระตุ้นให้พืชสร้างสารเร่งการเจริญเติบโตมากกว่าปกติ และราไตรโคเดอร์มายังไปขัดขวางหรือทำลายจุลินทรีย์ต่าง ๆ ที่รบกวนระบบรากของพืช ทำให้ระบบรากพืชสมบูรณ์และแข็งแรงสามารถดูดซับอาหารและแร่ธาตุต่าง ๆ ในดินได้ดี

4.1.4 การศึกษาลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารหลักของดินที่ใช้ปลูกเมล่อนในระดับโรงเรือน

จากการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารหลักของดินที่ใช้ปลูกเมล่อนในระดับโรงเรือน พบว่า ในกรรมวิธีที่ใช้รา *Trichoderma* sp. (L1I3) มีค่าความเป็นกรด–ด่าง (pH) ค่าการนำไฟฟ้า และปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด มีค่าเฉลี่ยดีที่สุดที่เมล่อนต้องการเท่ากับ 8.01, 1.23 เดซิซีเมตร/เมตร และ 1.16 มิลลิกรัม/กิโลกรัมตามลำดับ ซึ่ง สถาบันการจัดการเทคโนโลยีและนวัตกรรมเกษตร (2562) รายงานว่า ราไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma* sp.) ร่วมกับแบคทีเรียบาซิลลัส (*Bacillus* sp.) ช่วยลดระยะเวลาการย่อยสลายเศษวัสดุอินทรีย์ได้เร็วขึ้นกว่าเดิมได้ 40 เปอร์เซ็นต์ ขึ้นอยู่กับชนิดเศษวัสดุ อัตราส่วนคาร์บอน:ไนโตรเจน (C:N) และความชื้น เมื่อย่อยสลายแล้วยังได้วัสดุที่มีธาตุอาหาร

ช่วยควบคุมและป้องกันโรคพืชได้ ขณะที่จุลินทรีย์กลุ่มควบคุมโรคพืชช่วยป้องกันโรคพืชจากเชื้อราและแบคทีเรีย โดยเบียดเบียนหรือแย่งใช้อาหารที่เชื้อโรคต้องการ และยังช่วยละลายแร่ธาตุอาหารให้อยู่ในรูปที่เป็นประโยชน์ต่อพืชด้วย ส่วนกลุ่มช่วยกำจัดสารตกค้าง (ไกลโฟเสท) จุลินทรีย์จะย่อยสลายสารตกค้างในพื้นที่ปนเปื้อนได้ในระยะเวลาประมาณ 1 เดือน ปริมาณสารตกค้างลดลงมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม

4.2 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ในการควบคุมโรคเหี่ยว

จากการทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ในการควบคุมโรคเหี่ยวในระดับโรงเรือนในทางด้านการเกิดโรค พบว่า ในกรรมวิธีที่ 4 ปลูกรา *Trichoderma* sp. (L1I3) และกรรมวิธีที่ 5 *T. harzianum* (R24I2) + *Trichoderma* sp. (L1I3) มีการเกิดโรคน้อยที่สุด โดยมีคะแนนการเกิดโรคเฉลี่ย ระดับ 1.00 ซึ่งน้อยกว่า กรรมวิธีที่ 2 ที่ปลูกรา *F. equiseti* สายพันธุ์ UP-PA002 สาเหตุโรคเหี่ยวเพียงอย่างเดียว เกิดโรคถึงระดับ 4.00 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สายทอง แก้วฉาย (2555) ไตรโคเดอร์มา (*Trichoderma* spp.) เป็นเชื้อราปฏิปักษ์ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืช และสามารถช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตให้แก่พืช ไตรโคเดอร์มาที่สามารถควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืช มีหลายสายพันธุ์ เช่น *Trichoderma harzianum*, *T. viride* และ *T. virens* และสามารถควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืชหลายชนิด เช่น *Phytophthora* spp., *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani*., *Fusarium* spp., *Sclerotium rolfsii*., *Alternaria* spp., *Colletotrichum* spp., *Sclerotinia sclerotiorum* และ *Botrytis cinerea* กลไกการควบคุมโรคของราไตรโคเดอร์มามีหลายกลไก ที่สำคัญ เช่น การสร้างสารปฏิชีวนะ การแข่งขัน การเป็นปรสิต และการชักนำให้เกิดความต้านทาน ในปัจจุบันมีการผลิตราไตรโคเดอร์มา เพื่อควบคุมโรคพืชและผลิตเพื่อจำหน่ายทางการค้าอย่างกว้างขวาง

4.3 การศึกษาจำนวนประชากรของราก่อโรคและการเข้าอาศัยของราเอนโดไฟท์ (re-isolation)

ทำการสุ่มตัวอย่างต้นเมล่อนทุก 2 สัปดาห์ กรรมวิธีละ 3 ต้น มาแยกเชื้อกลับ เพื่อตรวจสอบการเข้าอาศัยของก่อโรคและราเอนโดไฟท์ในเมล่อนในระดับโรงเรือน โดยอาศัยลักษณะของสัณฐานวิทยา พบว่า ในทุกกรรมวิธีและทุก 2 สัปดาห์ มีการเข้าอาศัยของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (จิระเดช แจ่มสว่าง, 2547; Benitez, et al., 2004; Vinale, et al., 2006) รายงานว่า ราไตรโคเดอร์มาเป็นเชื้อราที่มีคุณสมบัติและศักยภาพสูงในการใช้ควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืช เนื่องจากสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วสร้างสปอร์ได้ปริมาณสูงมาก สามารถแข่งขันกับเชื้อโรคพืชหรือจุลินทรีย์ที่มีอยู่รอบข้างได้ดีปรับตัวเองให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี ทนทานต่อสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม ทนทานต่อสารเคมีใน

ดินได้ดี สามารถเจริญร่วมกับรากพืชและช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของ ส่วนเชื้อก่อโรคพบว่า ในกรรมวิธีที่ 2 มีการเข้าอาศัยในทุก 2 สัปดาห์ และในกรรมวิธีที่ 3 และ 4 มีการเข้าอาศัยในสัปดาห์ที่ 4 และสัปดาห์ที่ 6 ซึ่ง วารุณี ประดิษฐ์ศรีกุล, (2526) รายงานว่า *Fusarium* sp. เป็นราที่กอใหเกิดโรคเหี่ยวเหลืองแก่พืชหลายชนิด ได้แก่ มะเขือเทศ กล้วย พริก พืชตะกูลแตง ซึ่งเป็นพืชเศรษฐกิจและมีการเพาะปลูกมากในประเทศไทย และราชนิดนี้แหล่งอาศัยทั่วไปในดินสามารถอยู่ข้ามฤดูหนาวในรูปของสปอร์ พบการทำลายในพืชตั้งแต่ระยะตนกลาจนถึงระยะที่พืชให้ผลิตผล

5. การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราต่อการยับยั้งการเจริญของรา *F. equiseti* สายพันธุ์ UP-PA002 ในระดับห้องปฏิบัติการ

การทดสอบประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อรา ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยรา *F. equiseti* (UP-PA002) บนจานอาหารเลี้ยงเชื้อ ในแต่ละระดับความเข้มข้น พบว่าสาร etridiazole+quintozene ที่ระดับความเข้มข้นตามคำแนะนำในฉลาก (normal dose) สามารถยังยั้งการเจริญของรา *F. equiseti* (UP-PA002) สาเหตุโรคเหี่ยวในเมล่อนได้สูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์ (โซตัส, 2561) รายงานว่า ทั้งนี้เนื่องจากสาร etridiazole+quintozene เป็นสารป้องกันกำจัดโรคพืชที่เกิดจากเชื้อราได้อย่างเฉียบพลัน ประกอบด้วยสารป้องกันกำจัดโรคพืช 2 ชนิดที่เสริมฤทธิ์ซึ่งกันและกัน ช่วยป้องกันใช้ป้องกันกำจัดโรคโคนเน่า โรคเน่าคอดิน โรคเหี่ยว ฯลฯ โดยเฉพาะเชื้อราสาเหตุโรคพืชทางดิน

6. การทดสอบควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อนโดยใช้ราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในแปลงทดลอง

6.1 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของเมล่อน

6.1.1 การเจริญเติบโต

โดยเลือกกรรมวิธีที่ดีที่สุดจากการทดสอบในระดับโรงเรือนมาศึกษาต่อ และกรรมวิธีที่ดีที่สุดคือ กรรมวิธีที่ 3 *Trichoderma* sp. (L113) จากการทดสอบการควบคุมโรคเหี่ยวของเมล่อนโดยใช้ราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในแปลงทดลอง วัดการเจริญเติบโตจนถึงสัปดาห์ที่ 7 พบว่า ความสูงของเมล่อนในกรรมวิธีที่ 8 *Trichoderma* sp. (L113) มีความสูง นับจำนวนใบ และจำนวนข้อ มากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 195.33 เซนติเมตร, 36.67 ใบ และ35.67 ข้อ ตามลำดับ รองลงมาคือ กรรมวิธีที่ 6 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับราเอนโดไฟท์ ที่มีความสูง นับจำนวนใบ และจำนวนข้อ เท่ากับ 195.00 เซนติเมตร, 35.33 ใบ และ

34,33 ข้อ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เจษฎา คตสำโรง (2556) ที่ศึกษาประสิทธิภาพและพัฒนาการปลูกข้าวอินทรีย์แบบนาหว่านด้วยหัวเชื้อราไตรโครเดอร์มาอัดเม็ดราชมงคลธัญบุรีร่วมกับสารปรับปรุงดินชีวภาพขี้แดดนาเกลือ พบว่า ปริมาณผลผลิตข้าวเฉลี่ยชุดการทดลองที่ 6 หัวเชื้อราไตรโคเดอร์อัดเม็ดราชมงคลธัญบุรีร่วมกับสารปรับปรุงดินชีวภาพขี้แดดนาเกลือ มีค่าเฉลี่ยของความสูงของลำต้นมากที่สุดเท่ากับ 119 เซนติเมตร เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่มีความสูงเพียง 93.3 เซนติเมตร

6.1.2 น้ำหนักลำต้นและน้ำหนักราก

จากการชั่งน้ำหนักรากและน้ำหนักลำต้นของเมล่อน พบว่า น้ำหนักรากแห้งในกรรมวิธีที่ 6 สารปรับปรุงดิน อัตรา 2 ลิตรต่อไร่ ร่วมกับราเอนโดไฟท์ มีน้ำหนักมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 3.21 กรัม และน้ำหนักต้นแห้ง พบว่า ในกรรมวิธีที่ 2 มีน้ำหนักมากที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 83.78 กรัม แต่พบว่าไม่แตกต่างกันกับกรรมวิธีที่ 5 และ 6 ซึ่ง เจษฎา คตสำโรง (2556) รายงานว่า การใช้หัวเชื้อราอัดเม็ดราชมงคลธัญบุรีร่วมกับสารปรับปรุงดินชีวภาพขี้แดดนาเกลือมีค่าเฉลี่ยของความยาวราก น้ำหนักต้นสดและน้ำหนักต้นแห้งสูงสุด นอกจากนี้ ทวีคูณ (2562, สื่อออนไลน์) รายงานวา สารปรับปรุงดินช่วยในการรักษาความชื้นบริเวณรากพืช กระตุ้นรากพืช เสริมสร้างความแข็งแรงให้กับระบบดูดกินอาหาร เพราะ ทำให้ดินฟู มีอากาศถ่ายเท ดินไม่อับ และระบบขับเคลื่อนพลังงานของพืช ทำงานได้ดีขึ้นช่วยในการส่งเสริมให้พืชดูดกินปุ๋ยได้ดี ขึ้น

6.1.3 ด้านผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยวและคุณภาพทางเคมี

การเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อเมล่อนถึงอายุการเก็บเกี่ยว พบว่า น้ำหนักผล เส้นผ่านศูนย์กลาง เส้นรอบวง และความหนาเนื้อของกรรมวิธีที่ 5 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 1.42 กิโลกรัม 14.60 เซนติเมตร 46.33 เซนติเมตร และ 4.33 เซนติเมตร ตามลำดับ ส่วนความแน่นเนื้อ พบว่า กรรมวิธีที่ 7 มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 9.36 นิวตันต่อมิลลิเมตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เจษฎา คตสำโรง (2556) ที่ศึกษาประสิทธิภาพและพัฒนาการปลูกข้าวอินทรีย์แบบนาหว่านด้วยหัวเชื้อราไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดราชมงคลธัญบุรีร่วมกับสารปรับปรุงดินชีวภาพขี้แดดนาเกลือ พบว่า ชุดการทดลองที่ 6 หัวเชื้อราไตรโคเดอร์มาอัดเม็ดราชมงคลธัญบุรีร่วมกับสารปรับปรุงดินชีวภาพขี้แดดนาเกลือ มีน้ำหนักเมล็ดข้าวต่อรวงถึง 14 กรัม เมื่อเทียบกับชุดควบคุมที่มีน้ำหนักเพียง 3.8 กรัม

6.1.4 การศึกษาลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารหลักของดินที่ใช้ปลูกเมล่อนในแปลงทดลอง

จากการการศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพ องค์ประกอบทางเคมี และปริมาณธาตุอาหารหลักของดินที่ใช้ปลูกเมล่อนในแปลงทดลอง พบว่า ความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของกรรมวิธีที่ 8 มีค่าเฉลี่ยดีที่สุดที่เมล่อนต้องการเท่ากับ 8.73 ส่วนค่าการนำไฟฟ้า พบว่า ในกรรมวิธีที่ 1 มีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.08 เดซิซีเมตร/เมตร แต่พบว่า ทุกกรรมวิธีมีค่าการนำไฟฟ้าที่เหมาะสมต่อต้นเมล่อน ซึ่ง กรมการข้าว (2562, สื่อออนไลน์) รายงานว่า ค่าการนำไฟฟ้าในดินที่ใช้ปลูกสามารถวัดความเข้มข้นของความเค็มในดินได้ โดยถ้าค่าการนำไฟฟ้าน้อยกว่า 2 dS/m จะไม่ทำให้ผลผลิตพืชลดลง ส่วนอินทรียวัตถุ พบว่า กรรมวิธีที่ 1 มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.30 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเทียบกับดินก่อนปลูก พบว่า มีค่ามากกว่าทุกกรมวิธี มีค่าเท่ากับ 2.40 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดและปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด พบว่า กรรมวิธีที่ 8 ที่ปลูกราเอนโดไฟท์ มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 0.25 และ 0.85 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนปริมาณโปแทสเซียมทั้งหมด พบว่า ในทุกกรรมวิธีมีปริมาณที่ไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งเป็นปริมาณที่น้อยมากและไม่เพียงพอต่อพืช ซึ่งเมื่อมองในภาพรวมแล้ว พบว่า ในการใช้ราไตรโครเดอร์มาร่วมกับสารปรับปรุงดินในแปลงทดลองนั้นมีค่าเฉลี่ยในด้านต่าง ๆ ของดินนั้นดีและเหมาะในการปลูกเมล่อน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วชิรดา ทิพย์อุบล (2560) ที่ว่าการพัฒนาผลิตภัณฑ์ราไตรโคเดอร์มาและปุ๋ยชีวภาพสำหรับควบคุมโรครา สนิมและผลเน่า เพื่อเพิ่มผลผลิต กาแฟอราบิก้า จังหวัดเชียงใหม่ ส่งเสริมให้ตำรับที่มีการใส่ราไตรโคเดอร์มา ทำให้ค่าเฉลี่ย pH ของวัสดุปลูกเพิ่มขึ้นอย่าง เด่นชัดเมื่อเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ราไตรโคเดอร์มา ได้แก่ ตำรับควบคุม และตำรับที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพเพียงอย่าง เดียว โดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 1.18 และ 1.05 ทำให้มีธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ของพืชละลายออกมามากขึ้น ขณะที่ปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ของตำรับที่มีการใส่ราไตรโคเดอร์มาร่วมกับปุ๋ยชีวภาพ มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ ตำรับที่ใส่ปุ๋ยชีวภาพ และตำรับที่ใส่ราไตรโคเดอร์มาและต่ำสุดในตำรับควบคุม ซึ่งค่า pH จะเพิ่มการละลายของธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อพืช ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้ากาแฟ และ พัชรีภรณ์ ดีมุกข์ดา (2560) ได้รายงานว่า สารปรับปรุงดินช่วยลดระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดินชุดชัยบาดาลซึ่งเป็นดินด่างที่มีค่าความเป็นกรดเป็นด่างสูงได้ และเมื่อใช้ร่วมกับปุ๋ยเคมีสูตร 15-15-15 อัตรา 30 กิโลกรัมต่อไร่ และปุ๋ยยูเรียอัตรา 20 กิโลกรัมต่อไร่ ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของข้าวโพดหวานดีกว่าการใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว การใช้สารปรับปรุงบำรุงดินแม้จะทำให้ต้นทุนการผลิตสูงกว่า

การใส่ปุ๋ยเคมีเพียงอย่างเดียว แต่ทำให้ผลตอบแทนทางเศรษฐกิจสูงกว่าและเป็นการปรับปรุงดินให้มีศักยภาพในการผลิตอย่างยั่งยืน

6.2 การทดสอบผลของราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในการควบคุมโรคเหี่ยว

จากการทดสอบการเกิดโรคเหี่ยวของเมล่อนโดยใช้ราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในแปลงทดลอง พบว่า ในทุกกรรมวิธีไม่พบการเกิดโรคเหี่ยว มีคะแนนการเกิดโรคเหี่ยวเฉลี่ยระดับ 0.00 เมื่อเทียบกับกรรมวิธีที่ 2 ที่ปลูกรา *F. equiseti* (UP-PA002) เพียงอย่างเดียว ที่มีการเกิดโรคถึงระดับ 3.00 และยังพบว่าในกรรมวิธีที่ปลูกรา *F. equiseti* (UP-PA002) เพียงอย่างเดียว มีอาการเหี่ยวและแห้งตายอย่างรวดเร็ว ส่วนโคนต้นมีลักษณะการเกิดของสปอร์เกิดขึ้น และในกรรมวิธีที่ใช้ราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินไม่พบการเกิดโรคเหี่ยว สถานีเกษตรหลวงอางขาง (2557) รายงานว่า ราไตรโคเดอร์มาเป็นราปฏิปักษ์ ที่สามารถควบคุมราไฟทอปธอร่า (*Phytoptera* sp.), เชื้อสเคลอโรเทียม (*Sclerotium rolfsii*), พิเทียม (*Pythium* spp.), ไรซ็อกโทเนีย (*Rhizoctonia solani*) และฟิวซาเรียม ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรครากเน่า-โคนเน่า โรคเน่าคอดิน และโรคเหี่ยว ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ Veronica (2019) รายงานว่า *Trichoderma* เป็นราที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชและควบคุมทางชีววิธี โดยงานวิจัยนี้ศึกษา *T. asperellum* ที่ส่งผลให้ต้นมะเขือเทศมีการเติบโตเพิ่มขึ้นทั้งในรากและยอดหลังจาก 40 วัน และได้ทำการปลูกเชื้อก่อโรค *Fusarium oxysporum* และ *Botrytis cinerea* ลงบนต้นมะเขือเทศ พบว่า *T. asperellum* สามารถยับยั้งการเข้าทำลายของโรคได้ โดยอาการเหี่ยวแห้งรุนแรงน้อยกว่าพืชที่ไม่ได้รับการปลูกเชื้อ *T. asperellum*

6.3 การศึกษาจำนวนประชากรของราก่อโรคและการเข้าอาศัยของราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินในแปลงทดลอง (re-isolation)

ทำการสุ่มตัวอย่างต้นเมล่อนทุก 2 สัปดาห์ กรรมวิธีละ 3 ต้น มาแยกเชื้อกลับเพื่อตรวจสอบการเข้าอาศัยของราก่อโรคและราเอนโดไฟท์ในเมล่อน โดยอาศัยลักษณะของสัณฐานวิทยา พบว่า ในทุกกรรมวิธีและทุก 2 สัปดาห์ มีการเข้าอาศัยของราเอนโดไฟท์ *Trichoderma* sp. และราก่อโรค *Fusarium* sp. ซึ่ง ปรีชา บุญท้วม (2562, สื่ออนไลน์) รายงานว่าราไตรโคเดอร์มา เป็นราที่ดำรงชีวิตอยู่ในดิน อาศัยเศษซากพืช ซากสัตว์และอินทรียวัตถุเป็นแหล่ง และยังเข้าไปอาศัยอยู่ในรากพืชและชักนำให้พืชมีความต้านทานต่อโรคพืช และ วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก และ วรวุฒิ อ้ายดวง, (2560) รายงานว่า รา *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (Fom) สามารถอาศัยอยู่ในดินได้เป็นระยะเวลานาน และเมื่อได้รับสภาพอากาศที่เหมาะสม จะเข้าพืชโดยผ่านทางรากไปสู่ระบบต่าง ๆ ในพืช

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการเว้นช่วงการปลูกเมล่อนในแปลงทดลองในฤดูฝน เนื่องจากเป็นฤดูที่ไม่เหมาะต่อการปลูกเมล่อน มีการเข้าทำลายของโรคเยอะเกินไปทำให้เกิดความแปรปรวนในการทดลอง

2. ควรมีการศึกษาการใช้เชื้อราเอนโดไฟท์ร่วมกับสารปรับปรุงดินกับพืชชนิดอื่นด้วยเพื่อเป็นการยืนยันผลการทดลองที่ดียิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กัทลีวัลย์ สุขช่วย และ อนงค์ พยัคฆัยหพล. (2543). การคัดเลือกและประสิทธิภาพของเชื้อรา *Tricoderma hazianum* ในการป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวของมะเขือเทศที่เกิดจากเชื้อรา *Fusarium* sp. **รายงานผลงานวิจัย.** สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ลำปาง.

กัทลีวัลย์ สุขช่วย และ อนงค์ พยัคฆัยหพล. (2546). การคัดเลือกและประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มาในการป้องกันกำจัดโรคโคนเน่าของมะเขือเทศที่เกิดจากเชื้อราสเครอโรเตียม. **รายงานผลงานวิจัย.** สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรลำปาง สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ลำปาง.

ครองใจ โสมรักษ์ และ อังคณา เทียนกล่ำ. (2559). ประสิทธิภาพของเชื้อราไตรโคเดอร์มาชนิดสดในการควบคุมโรคราสนิมขาวของผักบุ้ง ที่เกิดจากเชื้อรา *Albugo ipomoeae-Aquaticae.* **วารสารเกษตรพระวรุณ,** *(*13)1, 26-33.

เจษฎา คตสำโรง. (2556). **การพัฒนาการปลูกข้าวด้วยหัวเชื้อราอัดเม็ดราชมงคลธัญบุรีร่วมกับสารปรับปรุงดินชีวภาพขี้แดดนาเกลือ.** วิทยานิพนธ์ วท.บ., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี.

จิระเดช แจ่มสว่าง. (2547). การควบคุมโรคผักโดยชีววิธี. **เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการควบคุมศัตรูพืชโดยชีววิธีในการปลูกผักระบบไม่ใช้ดินและภายในโรงเรือนจัดโดยสำานักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)(ชุดโครงการ-การจัดการศัตรูพืชแบบผสมผสาน) และคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง** วันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2547 ณ. อาคารเจ้าคุณทหาร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

จิระเดช แจ่มสว่าง จิตนา ชะนะ, เฉลิมลาภ ช่วยประสิทธิ์, สุพรรณี ชีววิริยะกุล และวรรณวิไล เกษนรา. (2533). การประเมินประสิทธิภาพของเชื้อ *Trichoderma harzianum* ในการควบคุมโรคเน่าสเคลอโรเทียมของข้าวบาร์เลย์ในสภาพไร่โดยชีววิธี. **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 28,** 163-171.

ณัฐวดี บุญทองดี คฑาวุธ โสภาลุน, วันเพ็ญ เหล่าศรีไพบูลย์ และศิริลักษณ์ เอี่ยมธรรม. (2561). การทดสอบชนิดของอาหารและสภาวะที่เหมาะสมของการเลี้ยงราเอนโดไฟท์ซึ่งแยกได้จากกล้วยไม้ไทยต่อการเจริญเติบโตและสร้างสารออกฤทธิ์ต้านราก่อโรคพืช. **วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,** 7(2), , 31–52. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทัศนีย์ อัตตะนันทน์. (2537). บทบาทของสารปรับปรุงบำรุงดิน. **เอกสารประกอบการ สัมมนาทางวิชาการ เรื่องสารปรับปรุงบำรุงดินทางการเกษตร.** สมาคม ดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

ไทยเกษตรศาสตร์. (2556). ***F. oxysporum.*** สืบค้นเมื่อ 10 เมษายน 2561, จาก http://www.thaikasetsart.com.

ธิติ ทองคำงาม พรหมมาศ คูหากาญจน์ และ ถนิมนันต์ เจนอักษร. (2556). ประสิทธิภาพของเชื้อรา *Fusarium oxysporum* (F 221–B) ในด้านส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช 6 ชนิด ในระบบไฮโดรโปรนิกส์ และลักษณะการเจริญของเชื้อราบนอาหารเลี้ยงเชื้อ. **การประชุมสัมมนาทางวิชาการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก ครั้งที่ 6,** 46–51.

นิพนธ์ ทวีชัย. (2550). **การควบคุมโรคพืชโดยวิธีธรรมชาติ.** มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิพนธ์ ทวีชัย. (2553). โรคพืชและการจัดการด้วยวิธีชีวภาพ. **ในสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว.** โครงการสารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน โดยพระราชประสงค์ในพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว. เล่มที่ 35, หน้า 129–159.

ประภัสสร รักถาวร,อุดมลักษณ์ สุขอัตตะ และเชาวนี มีหวัง. (2556). การศึกษาศักยภาพของราเอนโดไฟต์ที่แยกจากพืชในวงศ์ *Piperaceae* ในการควบคุมเชื้อราสาเหตุการเสื่อมเสียของผลไม้หลังการเก็บเกี่ยว. **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51.** 497–504.

ปิยะ ดวงพัตรา. (2553). **สารปรับปรุงดิน.** กรุงเทพฯ: สมาคมดินและปุ๋ยแห่งประเทศไทย.

ภาณุเดช เทียนชัย วรวุฒิ อ้ายดวง, มนัส ทิตย์วรรณ และ วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก. (2561). ประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราต่อการยับยั้งการเจริญของรา *Fusarium equiseti* สาเหตุโรคเหี่ยวของแคนตาลูป. **วลัยลักษณ์วิจัย ครั้งที่ 11,** 8–11 นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

มาลัยพร เชื้อบัณฑิต วีรศักดิ์ ศักดิ์ศิริรัตน์, พิศาล สิริธร และ นิวัฒ เสนาะเมือง. (2546). ความหลากชนิดของเชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma* spp. ในแปลงผลิตเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศและการประยุกต์ใช้ในการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี. **การประชุมวิชาการประจำปีโครงการ *BRT.*** *(*7)1, 19–21.

เลขา มาโนช อรอุมา เพียซ้าย, ธิดา เดชฮวบ, จิตรา เกาะแก้ว, อำนาจ เอี่ยมวิจารณ์ และ เสียงแจ๋ว พิริยพฤนต์. (2552ก). การควบคุมรา *Rhizoctonia* สาเหตุโรคข้าว ข้าวโพด และทุเรียน โดยใชราดินและราเอนโดไฟท์. **การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47,** 542–547.

เลขา มาโนช อรอุมา เพียซ้าย, ธิดา เดชฮวบ, จิตรา เกาะแก้ว, อำนาจ เอี่ยมวิจารณ์, และ เสียงแจ๋ว พิริยพฤนต์. (2552ข). **ความหลากหลายของเห็ด รา ไลเคน และการใช้ประโยชน์.** กรุงเทพฯ: คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วรวุฒิ อ้ายดวง บุญร่วม คิดค้า, มนัส ทิตย์วรรณ และ วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก. (2561). ผลของปุ๋ยอินทรีย์ผักตบชวาหมักด้วยเชื้อรายย่อยสลายต่อการควบคุมโรคเน่าคอดินของคะน้าสาเหตุจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระดับห้องปฏิบัติการและระดับโรงเรือน. **วลัยลักษณ์วิจัย ครั้งที่ 10,** 7 หน้า. นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.

วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก ประสิทธิ์ ผาผ่อง, และมนัส ทิตย์วรรณ. (2557). ผลของเชื้อราไตรโคเดอร์มาต่อการเจริญเติบโต และควบคุมโรคของแคนตาลูปในแปลงปลูก. **วารสารแก่นเกษตร,** 42(3), 680–685.

สนอง ทองปาน. (2553). การใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. เพื่อควบคุมโรครากเน่าและโคนเน่าของต้นราชินีหินอ่อน ที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (Dastur). **วารสารสิ่งแวดล้อม – สสศท,** 1(1),73–83.

สายสมร ลำยอง พิภพ ลำยอง, นิตยา บุญทิม และ Hyde, K.D. (2541). การสำรวจการกระจายของราที่เจริญในต้นพืชป่าบริเวณดอยสุเทพ–ปุย, **รายงานการวิจัยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย,** กรุงเทพฯ.

สุณีรัตน์ สีมะเดื่อ พรพิมล อธิปัญญาคม, ชนินทร ดวงสะอาด และอภิรัชต์ สมฤทธิ์. (2556). การศึกษาประสิทธิภาพสารป้องกันกำจัดโรคพืชในการป้องกันกำจัดเชื้อรา *Curvularia eragrostidis* สาเหตุโรคพืช. **รายงานผลงานวิจัยประจำปี 2556,** กรมวิชาการเกษตร, 2656–2671.

สุภาพร อวรัญ จิระเดช แจ่มสว่าง, อำไพวรรณ ภราดร์นุวัฒน์ และ รวี เสริฐภักดี. (2537). การใช้ส่วนผสมของผงเชื้อราไตรโคเดอร์มาร่วมกับสารเคมีควบคุมเชื้อราในการควบคุมโรครากและโคนเน่าของกล้าทุเรียน ซึ่งเกิดจากเชื้อราไฟทอพทอร่า พาล์มมิโวร่า. **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32,** 162–179.

อนุเทพ ภาสุระ. (2558). การใช้ชีวภัณฑ์ *Bacillus subtillis* ใน การส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นกล้าข้าวที่ปลูกใน สภาวะดินเค็มจากน้ำทะเล. **รายงานการวิจัยฉบับ สมบูรณ์ประจำปีงบประมาณ 2557.** มหาวิทยาลัยบูรพา.

อภิรัชต์ สมฤทธิ์ พัฒนา สนธิรัตน, นิยม ไข่มุกข์ และ ธารทิพย์ ภาสบุตร. (2545). รวบรวมและจำแนกชนิดเชื้อราสกุล Fusarium สาเหตุโรคชนิดต่าง ๆ ของพืชเศรษฐกิจ. **รายงานผลงานวิจัยประจำปีกลุ่มงานวิทยาไมโคกองโรคพืชและจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร,** กรุงเทพฯ.

อภิรัชต์ สมฤทธิ์ ยุทธศักดิ์ เจียมไชยศรี, ธารทิพย์ ภาสบุตร และ สุณีรัตน์ สีมะเดื่อ. (2553). สำรวจ รวบรวม และจำแนกรา *Fusarium* สาเหตุโรคพืช. **รายงานผลงานวิจัยและพัฒนา ปี 2553. กลุ่มวิจัยโรคพืช สานักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร,** กรุงเทพฯ. 20 หน้า.

อารดา กำเหนิดงาม อรอุมา เพียซ้าย, เลขา มาโนช และจิระเดช แจ่มสว่าง. (2556). ความหลากหลายของราเอนโดไฟท์จากพืช และประสิทธิภาพของสารระเหยในการยับยั้งรา *Phytophthora palmivora* ในห้องปฏิบัติการ. **การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 51.** 258–265.

อารักษ์ ธีรพน. (2559). ระบบผู้เชี่ยวชาญเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจ สำหรับการปลูกแตงเทศเป็นการค้า. **รายงานการวิจัย ปีงบประมาณ 2557,** ทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. 176 หน้า

Abdalla, M. Y. (1986). **Isolation and characterization of species and rances of *Colletotrichum* occurring on alfalfa.** Ph. D., Thesis, the Graduate school of the Ohio state University. 68 pp

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,** 224–230.

Ali. M.A. and Pandey, A.K. (2006). Systematic Studies on the Family Cucurbitaceae of Eastern Bihar. India, **Cucurbit Genetics Cooperative Report.** 28–29, 28–29.

Allkaset. (2562). **เมล่อน.** สืบค้นเมื่อ 3 ตุลาคม 2562 จาก https://www.allkaset.com.

APS Publications. (2019). ***Fusarium equiseti.*** สืบค้นเมื่อ 16 กรากฎาคม 2562 จาก https://apsjournals.apsnet.org/.

Arnold. A.E., Maynard, Z., Gilbert, G.S., Coley, P.D. and Kursar, T.A. (2000). Are tropical fungal endophytes hyperdiverse. **Ecology Letters,** 3, 267–274.

Benitez. T., Rincon, M.A., Limon, M.C. and Codon, C.A. (2004). Biocontrol mechanisms of *Trichoderma strains.* **International microbiology,** 7(4),, 249–260.

Chen. X.M., Dong, H.L. and Hu, K.X. (2010). Diversity and Antimicrobial and plant growth promoting activities of endophytic fungi in *Dendrobium loddigessi* Folfe. **Journal of plant growth regulator,** 29, 328–337.

Clay K. and Schardl, C.L. (2002). Evolutionary origins and ecological consequences of endophyte symbiosis with grasses. ***American Naturalist,*** 160, S99–S127.

Elvira, M. I. (2008). **Proteomic Analysis of Pathogenesis of Pepper Mild Mottle Virus (PMMoV) in Casicum Chinense Plants,** China, n.p.

Fisher. P.J., Anson, A.E. and Petrini, O. (1984). Antibiotic activity of some endophytic fungi from ericaceous plants. . **Botanica Helvetica,** *94,* 249–253.

Freeman. D., Garety, P.A., Kuipers, E., Fowler, D. and Bebbington, P.E. (2002). **Acognitive model of persecutory delusions. . British Journal of Clinical Psychology.**41, 331–347. (doi: 10.1348/014466502760387461),

Ghorbani. R., Koocheki, A., Jahan, M., Asadi, G.A. (2008). Impact of organic amendments and compost extracts on tomato production and storability in agroecological systems. **Agronomy for Sustainable Development,** 28(2), 307–311.

Inbar. J., Abramsky, M., Cohen, D. and Chet, I. (1994). Plant growth enhancement and disease control by *Trichoderma harzianum* in vegetable seedlings grown under commercial conditions. **Eur. J. Plant Patho,** 100(5), 337–346.

Khan. A.L., Hamayun, M., Kang, S.M., Kim, Y.H., Jugn, H.Y., Lee, J.H. and Lee, I.J. (2012). Endophytic fungi association via gibberellins amdindole acetic acid can improve plant

growth under abiotic stress: and example of *Paecilomyces formosus* LHL10. **BMC Microbiology,** 12, 3–14.

Li. M., Ma, G.S., Lian, H., Su, X.L., Tian, Y., Huang, W.K., Mei, J. and Jiang, X.L. (2019). The effects of *Trichoderma* on preventing cucumber fusarium wilt and regulating cucumber physiology. **Elsevier.** 18, 607–617.

Merciera. J. and Milanick, J.L. (2005). Control of green mold and sour rot of stored lemon by biofumigation with *Muscodor albus*. **Biological Control,** 32, 401–407.

Nuangmek. W., Aiduang, W., Suwannarach, N., Kumla, J., Kiatsiriroat, T. and Lumyong, S. (2019). First report of fruit rot on cantaloupe caused by *Fusarium equiseti* in Thailand. **Journal of General Plant Pathology,** 85, 295–300.

Park. C.W., MacInnis, D.J., Priester, J., Eisingerich, A.B. and Iacobucci, D. (2010), "Brand attachment and brand attitude strength: conceptual and empirical differentiation of two critical brand equity drivers", **Journal of Marketing,** Vol. 74 No. 6, 1–17.

Rodriguez. R.J, Woodward, C.J. and Redman, R.S. (2012). Fungal influence on plant tolerance to stress. **Biocomplexity of plant fungal interaction,** Southworth, D. ed. Wiley–Blackwell: Oxford, UK.

Saikkonen. K., Wäli, Helander, P.M. and Faeth, S.H. (2004). Evolution of endophyte–plant symbioses. **Trends Plant Sci,** 9, 275–280.

Vidic, M. and Jasnic, S. (2011). Soybean diseases. **J. Miladinovic, M. Hrustic, and Vidic, M. (Eds.), Soybean. NoviSad–Becej: Institute of field and vegetable crops.** Sojap rotein. pp 398–403.

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. **Lett Appl Microbiol,** 43, 143– 148.

Wan. M., Li, G., Zhang, J., Jiang, D. and Huang, H.C. (2008). Effect of volatile substances of *Streptomyces platensis* F–1 on control of plant fungal diseases. **Biological Control,** 46, 552–559.

Waqas. M., Khan, A.L., Kamram, M., Hamayun, M., Kang, S.M., Kim, Y.H. and Lee, I.J. (2012). Endophytic fungi produce gillerellins and indole acetic acid and promotes host plant growth during stress. **Molecular,** 7, 10754–10773.

Worapong. J., Strobel, G.A., Daisy, B., Castillo, U., Baird, G and Hess, W.M. (2001). *Muscodor roseusanam* nov. an endophyte from *Grevilleap teridifolia.* **Mycotaxon,** 81, 463–475.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก วิธีการเตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อรา

อาหารเลี้ยงเชื้อรา Potato dextrose agar (PDA)

Potato dextrose broth	24	กรัม
Agar	15	กรัม
น้ำกลั่น	1000	มิลลิลิตร
Chloramphenical	0.05	กรัม

ทำการต้มน้ำกลั่นปริมาตร 500 มิลลิลิตร ในหม้อต้มสแตนเลส ขนาด 1000 มิลลิลิตร จนน้ำเดือด ใส่ Potato dextrose broth, Agar และ Chloramphenical ที่ชั่งไว้ลงไป และคนให้ละลายจนส่วนผสมทั้งหมดเข้ากัน แล้วเติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรให้ได้ 1000 มิลลิลิตร จากนั้นเทอาหารใส่ลงในขวดแก้ว (Duran Laboratory Bottle) ขนาด 500 มิลลิลิตร ปริมาตรขวดละประมาณ 300 มิลลิลิตร นำไปนึ่งฆ่าเชื้อในหม้อนึ่งความดันไอน้ำ (Autoclave) ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 20 นาที

ภาคผนวก ข การคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นสปอร์ของรา

การคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นสปอร์ของรา

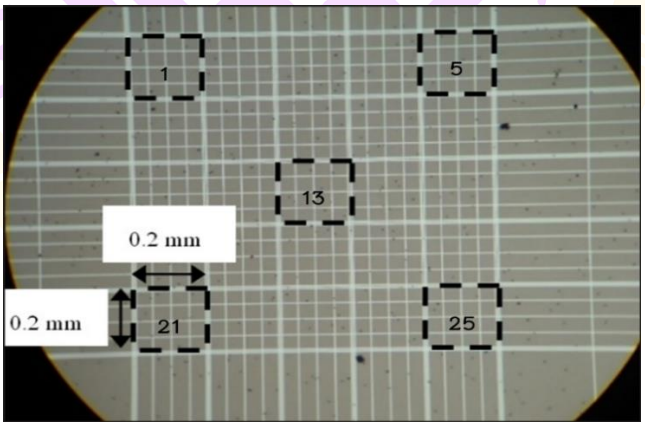
นำสารละลายแขวนลอยสปอร์ของราที่จะนำมาใช้ทดสอบปริมาตร 0.1 ไมโครลิตร (หรือประมาณ 1 หยด) ใส่ลงใน chamber ของ hemocytometer แล้วปิดทับด้วยกระจกปิดสไลด์ (cover slide) นำไปส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยาย 100x หรือ 100 เท่า เพื่อเจาะจงให้อยู่ในส่วนของ 25 ช่องเล็ก เนื่องจากกำลังขยายในระดับนี้จะทำให้มองเห็นจำนวน 25 ช่องเกือบพอดี หรือมีส่วนเกินเพียงเล็กน้อย ทำการนับจำนวนสปอร์ที่มองเห็นในช่องที่ 1, 5, 13, 21 และ 25 ซึ่งอยู่ในตำแหน่งสี่มุมและช่องตรงกลาง โดยแต่ละช่องของตารางมีความกว้างและความยาว ขนาด 0.2 มิลลิเมตร (ภาพ 18) จากนั้นคำนวณหาจากสมการ

$$\text{density} = \frac{\text{nColony}}{\text{nGrid}} \times \frac{1}{4} \times 10^{6}$$

โดยที่ nColony = จำนวนโคโลนีที่นับได้บนแผ่นเพลตใน Grid ช่องที่นับทั้งหมด

nGrid = คือ จำนวนกริดที่นับโดยปกติแล้วจะมีค่าเป็น 5 (ซึ่งหมายถึง Grid ช่องที่ 1, 5, 13, 21 และ 25 ตามลำดับ)

โดยหน่วยของจำนวนสปอร์ที่นับได้ คือ สปอร์ต่อมิลลิลิตร (เดชาวุฒิ วานิชสรรพ์ และคณะ, 2558)



ภาพ 17 แสดงภาพถ่ายช่อง Grid ของ hemocytometer จากเลนส์กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 100 เท่า

ที่มา: เดชาวุฒิ วานิชสรรพ์, และคณะ, 2558

ภาคผนวก ค วิธีวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน

วิธีวิเคราะห์ธาตุอาหารในดิน

1. วิธีวิเคราะห์ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

ทำการชั่งตัวอย่างดิน 10 กรัม ใส่ลงในขวดแก้วขนาด 4 ออนซ์ แล้วเติมน้ำกลั่นปริมาตร 20 มิลลิลิตร (อัตราส่วนของดินต่อน้ำ 1:2) แล้วคนให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที ทำการวัดค่า pH ด้วยเครื่อง pH-meter โดยนำ glass electrode จุ่มลงในสารละลายตัวอย่างเมื่อตัวเลขที่แสดงผลนิ่ง อ่านค่า pH และบันทึกผลการทดลอง

2. วิธีวิเคราะห์ค่าการนำไฟฟ้า

ทำชั่งตัวอย่างดินปริมาณ 5 กรัม ใส่ลงในขวดแก้วขนาด 4 ออนซ์ แล้วเติมน้ำกลั่นปริมาตร 50 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 ใส่ลงใน Beaker ขนาด 50 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปวัดค่าการนำไฟฟ้าด้วย conductivity meter ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ทำการบันทึกข้อมูล

3. วิธีวิเคราะห์อินทรียวัตถุ อินทรีย์คาร์บอน และอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจน

3.1 การเตรียม Reagent

3.1.1 Potassium dichromate (Oxidizing agent) ความเข้มข้น 1 N

ทำการชั่งสาร Potassium dichromate ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส นาน 2 ชั่วโมง ปริมาณ 49.0247 กรัม และเติมน้ำกลั่นปริมาตร 500 มิลลิลิตร คนให้ละลายหมด แล้วทำการปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร

3.1.2 Ferrous sulfate (Reducing agent) ความเข้มข้น 0.5 N

ทำการชั่ง ferrous sulfate ปริมาณ 139.0085 กรัม (หรือใช้ Ammonium ferrous sulfate ปริมาณ 196.07 กรัม) เติมน้ำกลั่นปริมาตร 600 มิลลิลิตร คนให้ละลายเข้ากันหมด แล้วเปลี่ยนถ่ายลงใน volumetric flask ขนาด 1000 มิลลิลิตร เติม 98% sulfuric acid ปริมาตร 20 มิลลิลิตร แล้วทำการปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน

3.1.3 สารละลาย silver sulfate ใน 98% Sulfuric acid

ทำการชั่ง silver sulfate ปริมาณ 15 กรัม ใส่ลงใน Beaker ขนาด 2000 มิลลิลิตร เติม 98% sulfuric acid ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร แล้วคนให้เข้ากัน

3.2 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ทำการชั่งตัวอย่างดินปริมาณ 2 กรัม ใส่ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ดูดสารละลาย potassium dichromate ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เติมลงไปในตัวอย่างดิน จากนั้นเติม 98% sulfuric acid หรือสารละลาย silver sulfate ใน 98% sulfuric acid (กรณีตัวอย่างมี Chloride (Cl)) ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ลงไปในตัวอย่างดิน แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็นในตู้ดูดควัน นาน 16 ชั่วโมง แล้วเติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมสารละลาย O-phenanthroline ferrous sulfate 0.5 มิลลิลิตร

3.3 วิธีวิเคราะห์

นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้ มาไทเทรตด้วยสารละลาย ferrous sulfate จนได้สารละลายสีเขียว และเปลี่ยนจากสีเขียวเป็นสีน้ำตาลแดง ทำการบันทึกผลการทดลอง

หมายเหตุ: การทำ blank ทำได้โดยไม่ใส่ตัวอย่างดิน เตรียมและวิเคราะห์เช่นเดียวกันกับตัวอย่างปุ๋ย

3.4 วิธีคำนวณ

% อินทรีย์คาร์บอน (OC) = $\frac{0.3896 \times N \times \text{ml of } K_2Cr_2O_7 \text{ (C–D)}}{\text{Weight of sample (g)} \times C}$

B = ปริมาตร $K_2Cr_2O_7$ ที่เติมลงไปในตัวอย่างและ blank (ml)

C = ปริมาตรของ $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ที่ tritrate พอดีกับ $K_2Cr_2O_7$ ใน Blank (ml)

D = ปริมาตรของ $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ที่ tritrate พอดีกับ $K_2Cr_2O_7$ ในตัวอย่าง (ml)

N = ความเข้มข้นเป็น Normal ของสารละลายมาตรฐาน $K_2Cr_2O_7$

% อินทรียวัตถุ (OM) = %O.C x 1.7241 (equivalent to soil)

ค่า C/N = (%O.C)/(% total nitrogen)

4. วิธีวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจน

4.1 วิธีวิเคราะห์ไนโตรเจน

ทำการชั่งตัวอย่างดินปริมาณ 2 กรัม ใส่ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติม [$C_6H_4(OH).COOH$] ปริมาณ 2 กรัม เติม 98% H2SO4 ปริมาตร 40 มิลลิลิตร และ ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) จำนวน 5 ครั้ง นำไปตั้งบนเตาให้ความร้อนทำการย่อยตัวอย่าง โดยใช้ไฟปานกลาง จนกระทั่งได้สารละลายสีน้ำตาล จากนั้นปิดไฟยกลงจากเตาแล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น เติม mixed catalyst ปริมาณ 10 กรัม แล้วทำการย่อยอีกครั้ง จนได้สารละลายสีเขียวใส ทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติมน้ำกลั่นปริมาตร 350 มิลลิลิตร เติมสารละลาย NaOH ปริมาตร 10

มิลลิลิตร และ zinc granular ปริมาณ 5 กรัม จากนั้นนำใส่ kjeldahl flask แล้วนำไปต่อกับเครื่องกลั่น โดยให้ปลายเครื่องกลั่นจุ่มอยู่ใน erlenmeyer flask ขนาด 500 มิลลิลิตร ที่บรรจุสารละลายกรดบอริก ประมาตรา 100 มิลลิลิตร และสารละลาย mixed indicator ปริมาณ 4-5 หยด ทำการกลั่นจนได้ปริมาตรของสารละลายใน erlenmeyer flask ปริมาณ 350 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้ไปไตเตรทกับสารละลาย HCl มาตรฐาน 0.2 N และบันทึกผล ในขณะที่ Blank ทำได้โดยไม่ใส่ตัวอย่าง และทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกันกับตัวอย่าง

4.2 วิธีคำนวณ

$$\%\text{Total N} = \frac{\text{N(HCl)} \times \{\text{ml(HCl)} - \text{ml(Blank)}\} \times 1.40067}{\text{Wt. of sample (g)}}$$

5. การวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส

5.1 การเตรียม Reagent

5.1.1 Ammonium fluoride (NH_4F) 1 N

ทำการละลาย Ammonium fluoride (NH_4F) ปริมาณ 37 กรัม ด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวด Polyethylene

5.1.2 Hydrogen chloride (HCL) ความเข้มข้น 0.5 N

ทำการเจือจาง conc. Hydrogen chloride (HCL) ปริมาตร 41.7 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร

5.1.3 น้ำยาสกัด Bray II

ทำการละลาย 1N Ammonium fluoride (NH_4F) ปริมาตร 30 มิลลิลิตร ร่วมกับ 0.5 N Hydrogen chloride (HCL) ปริมาตร 200 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรเป็น 1000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

5.1.4 เตรียม 2% boric acid (H_3BO_3)

ทำการชั่งสาร bromocresol green ปริมาณ 0.132 กรัม และ methyl red ปริมาณ 0.066 กรัม ใส่ผสมกันลงใน volumetric flask ขนาด 200 มล. แล้วทำการละลายด้วย ethanol และปรับปริมาตรให้เป็น 200 มิลลิลิตร ละลายกรดบอริค (H_3BO_3) ปริมาณ 20 กรัม ในน้ำร้อนปริมาตร 700 มิลลิลิตร วางทิ้งไว้ให้เย็นแล้วเติม ethanol ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ตามด้วย mixed indicator ปริมาตร 20 มิลลิลิตร และกรดบอริคปริมาตร 700 มิลลิลิตร ลงใน volumetric flask ขนาด 1000 มิลลิลิตร เขย่าเพื่อให้สารผสมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน

แล้วเติมด่าง NaOH ที่มีความเข้มข้น 0.05 N.ลงไปทีละ 2-3 หยด จนกระทั่งสารละลายมีระดับค่า pH ประมาณ 5 ซึ่งสามารถทดสอบได้โดยการนำสารละลายที่ปรับ pH แล้ว ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ผสมกับน้ำกลั่นปริมาตร 1 มิลลิลิตร จนสีของสารละลายที่ทดสอบเปลี่ยนเป็นสีเขียวอ่อน จึงปรับปริมาตรของสารละลายเป็น 1000 มิลลิลิตร

5.1.5 Murphy's reagent

ทำการชั่ง Ammonium molybdate [$(NH_4)_6.Mo_7O_{24}.4H_2O$] ปริมาณ12 กรัม และ Antimony potassium tartate ($KSbo.C_4H_4O_4$) ปริมาณ 0.291 กรัม ใส่ลงใน Beaker ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นพอประมาณ จากนั้นเทสารละลายข้างต้นลงใน volumetric flask ขนาด 2000 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นเพื่อปรับปริมาตรให้ได้ประมาณ 1500 มิลลิลิตร และค่อยๆ เติม Conc.Sulfuric acid (H_2SO_4) ปริมาตร 148 มิลลิลิตร ผ่านกรวยกรองลงในสารละลาย แล้วตั้งทิ้งไว้ให้เย็น ปรับปริมาตรเป็น 2000 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น

5.1.6 เตรียม 2.5% ascorbic acid solution

ทำการละลาย ascorbic acid ปริมาณ 2.5 กรัม ในน้ำกลั่นปริมาตร 100 มิลลิลิตร และเก็บไว้ในอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (เก็บได้นานประมาณ 2 สัปดาห์)

5.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

5.2.1 สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส (Standard P) 1000 ppm

ทำการชั่ง KH_2PO_4 ที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ปริมาณ 1.0984 กรัม ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 250 มิลลิลิตร ทำการละลาย และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

5.2.2 สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 100 ppm

ทำการดูดสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 1000 ppm ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ลงใน volumetric flak ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นและเขย่าให้เข้ากัน

5.2.3 สารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัส 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 ppm (Working standard)

ทำการดูดสารละลายมาตรฐานฟอสฟอรัสปริมาตร 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มิลลิลิตร ใส่ลงใน volumetric flak ขนาด 100 มิลลิลิตร

5.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ทำการชั่งตัวอย่างดินปริมาณ 5 กรัม ใส่ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำยาสกัด bray II ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในตัวอย่างดิน ปิดด้วยจุกยางแล้วเขย่าให้เข้ากัน ประมาณ 1 นาที แล้วกรองทันทีด้วยกระดาษกรองเบอร์ 5 และเก็บสารละลายตัวอย่างที่ได้ใส่ไว้ในขวด

5.4 วิธีวิเคราะห์

ทำการดูสารละลายตัวอย่าง ปริมาตร 5 มิลลิลิตร ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 25 มิลลิลิตร เติม 2% boric acid (H_3BO_3) ปริมาตร 5 มิลลิลิตร และ murphy's reagent ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เติม 2.5% ascorbic acid solution ปริมาตร 1 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิลิตร ด้วยน้ำกลั่น แล้วปิดจุกเขย่าให้สารละลายเข้ากัน จะได้สารละลายที่มีสีน้ำเงิน หากสารละลายตัวอย่างมีความเข้มข้นเกินสีของ Working standard ให้ทำใหม่ โดยลดปริมาตรของสารละลายตัวอย่างลง และถ้าสารละลายตัวอย่างเจือจางมาก ให้เพิ่มปริมาตรสารละลายตัวอย่าง แล้วทิ้งไว้ประมาณ 20 นาที จึงนำไปอ่านค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเครื่อง spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 820 นาโนเมตร

5.5 วิธีคำนวณ

$$\textbf{Extr. P (ppm)} = \frac{\text{ppm P curve x Final volume (ml) x Extractant (ml)}}{\text{aliq. (ml) x wt. of soil (g)}}$$

6. วิธีวิเคราะห์โพแทสเซียม

6.1 การเตรียม Reagent

6.1.1 ทำการชั่ง ammonium acetate (NH_4OAc) ปริมาณ 77 กรัม ละลายในน้ำกลั่นปริมาตร 1 ลิตร หรืออาจเตรียม acetic acid (conc. CH_3COOH) 57 มิลลิลิตร ใส่ลงในน้ำกลั่นปริมาตร 600 มิลลิลิตร จากนั้นเติม acetic acid (conc. CH_3COOH) ปริมาตร 69 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นให้ได้ปริมาตร 900–950 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นแล้วจึงปรับให้ระดับค่า pH เท่ากับ 7.0

6.1.2 Std. 1000 ppm K

ทำการชั่ง KCl ปริมาณ 1.9066 กรัม ใส่ลงใน Beaker ขนาด 50 มิลลิลิตร ละลายด้วยน้ำกลั่น แล้วเทผ่านกรวยกรองลง volumetric flask ขนาด 1000 มิลลิลิตร และปรับปริมาตร

6.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

6.2.1 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม (Standard K) 100 ppm

ทำการดูดสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 1000 ppm ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่ volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำก[illegible] เขย่าให้เข้ากัน

6.2.2 สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม 100 ppm ปริมาณ 0, 2, 4, 8 และ 10 ppm

ทำการดูสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม ความเข้มข้น 100 ppm ปริมาตร 0, 2, 4, 8 และ 10 มิลลิลิตร ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร

6.3 การเตรียมสารละลายตัวอย่าง

ทำการชั่งตัวอย่างดินปริมาณ 5 กรัม ใส่ลงใน erlenmeyer flask ขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นเติมสารสกัด 1 N ammonium acetate (NH4OAc) ระดับ pH 7 แล้วปรับปริมาตรให้ได้ 50 มิลลิลิตร ใส่ลงในตัวอย่างดิน ปิดด้วยจุกยางแล้วเขย่าให้เข้ากัน เป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปกรองแล้วเก็บไว้ในขวดพลาสติก

6.4 วิธีวิเคราะห์

นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมไว้ มาทำการตรวจวัดความเข้มข้น โดยตรวจวัดค่า Working standard ด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer

6.5 วิธีคำนวณ จากสูตร

$$\textbf{Extr. } K_2O \textbf{ (ppm)} = \frac{\text{ppm from curve x Final volume (ml) x Extractant (ml)}}{\text{aliq. (ml) x wt. of soil (g)}}$$

ภาคผนวก ง ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดินที่ใช้ในการทดลอง

คุณสมบัติ

1. เสริมสร้างความแข็งแกร่งและเกราะป้องกันภัยแก่พืช
2. ทำงานรวดเร็วและเป็นประโยชน์ทันที
3. ใช้งานง่ายประหยัดต้นทุน
4. ใช้ร่วมกับระบบน้ำในการปรับปรุงคสามเป็นกรดของดิน

ภาพ 18 ผลิตภัณฑ์สารปรับปรุงดิน อัลตร้า กรีน ของบริษัท เนเจอร์ เวนเจอร์ จำกัด ที่นำมาใช้ในการทดลอง

ที่มา: บริษัท เนเจอร์ เวนเจอร์ จำกัด, 2562

ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ–สกุล	ภาณุเดช เทียนชัย
วัน เดือน ปี เกิด	23 พฤษภาคม 2537
สถานที่เกิด	น่าน
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2559 วท.บ (เกษตรศาสตร์), มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา
ที่อยู่ปัจจุบัน	19 หมู่ 2 คณะเกษตรศาสตร์และทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยพะเยาต.แม่กา อ.เมือง จ.พะเยา 56000
ผลงานตีพิมพ์	ภาณุเดช เทียนชัย, วรวุฒิ อ้ายดวง, มนัส ทิตย์วรรณ และ วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก. (2561). ประสิทธิภาพของสารป้องกันกำจัดเชื้อราต่อการยับยั้งการเจริญของรา Fusarium equiseti สาเหตุโรคเหี่ยวของแคนตาลูป. วลัยลักษณ์วิจัย ครั้งที่ 11, 8 หน้า. นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์.