รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบกรองชีวภาพสำหรับลดปริมาณเชื้อราสาเหตุโรคพืชในสารละลายธาตุอาหาร ของระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

Biofiltration for reducing pathogenic fungi in the nutrient solution of hydroponics

รศ.ดร. พรหมมาศ คูหากาญจน์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2559

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบกรองชีวภาพสำหรับลดปริมาณเชื้อราสาเหตุโรคพืชในสารละลายธาตุอาหาร ของระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

Biofiltration for reducing pathogenic fungi in the nutrient solution of hydroponics

รศ.ดร. พรหมมาศ คูหากาญจน์

RCH
W291 ร
2559

b. 12840622
i.

สารบัญ
ทะเบียน 145935
วันเดือนปี 11 เมย. 2560

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2559

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ ระบบกรองชีวภาพ สำหรับลดปริมาณเชื้อราสาเหตุโรคพืชในสารละลายธาตุอาหารของระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

แหล่งเงิน งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2559 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 199,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2558 ถึง 30 กันยายน 2559

หัวหน้าโครงการ รศ.ดร พรหมมาศ คูหากาญจน์ ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบกรองชีวภาพ (biofiltration: BF) โดยใช้หลักการของการกรองผ่านทรายแบบช้า (slow sand filtration: SSF) มาผสมผสานการทำงานร่วมกับสารควบคุมโดยชีววิธี (biological control agent: BCA) เพื่อให้สามารถลดการเกิดโรคทางรากที่ติดต่อกันได้ในระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารของระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยให้ระบบกรองที่พัฒนาขึ้นมานี้มีอัตราการไหลที่สูงกว่า SSF เพื่อที่จะนำไปปรับใช้ได้กับระบบปลูกพืชที่มีปริมาตรสารละลายหมุนเวียนในระบบมาก การศึกษาประกอบไปด้วย 4 การทดลองได้แก่ 1) การศึกษาวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาไปเป็นวัสดุกรองในสารละลายหมุนเวียน 2) การศึกษาประสิทธิภาพของ BCA ในวัสดุกรองในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรค 3) ผลของอัตราการไหลของสารละลายต่อประสิทธิภาพของ BCA ในวัสดุกรอง และ SSF 4) การทดสอบประสิทธิภาพของระบบกรองชีวภาพในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินขนาดเล็ก

การทดลองที่ 1 มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวัสดุที่เหมาะสมสำหรับเป็นวัสดุกรอง ในระบบกรองชีวภาพโดยพิจารณาจากความสามารถในการเป็นวัสดุรองรับเพื่อคงระดับจำนวนประชากรของ BCA ดำเนินการโดยนำวัสดุชนิดต่างๆ ได้แก่ ฟองน้ำ ทรายหยาบ ทรายละเอียด เพอร์ไลต์ เวอร์มิคูไลต์ สแฟกนั่มมอส ขุยมะพร้าว แกลบเผา พีทมอส เม็ดดินเผา และเปลือกไม้สับ มาผสมกับ BCA ซึ่งได้แก่ *Trichoderma harzianum* จากชีวผลิตภัณฑ์ แล้วบรรจุลงในระบบกรองชีวภาพต้นแบบ ที่ทำมาจากท่อ PVC ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 นิ้ว ยาว 80 เซนติเมตร ผลการทดลองพบว่าวัสดุทุกชนิดสามารถคงระดับจำนวนประชากรของ *Trichoderma* sp. ได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่มีวัสดุรองรับ (control) โดยกลุ่มวัสดุที่สามารถรักษาระดับจำนวนประชากรของ *Trichoderma* sp. ไว้ได้มากได้แก่ สแฟกนั่มมอส เปลือกไม้สับ และขุยมะพร้าว โดยในกลุ่มนี้เมื่อพิจารณาคุณสมบัติทางด้านกายภาพและชีวภาพ พบว่า สแฟกนั่มมอสมีผลกระทบต่อ BCA และพืชที่ใช้เป็นดัชนีชี้วัดค่อนข้างน้อยที่สุด จึงเป็นตัวเลือกหนึ่งในการพิจารณามาเป็นวัสดุกรองในสารละลายหมุนเวียน

การทดลองที่ 2 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของ BCA ในวัสดุกรองในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรค ดังนั้นจึงพิจารณาจากประสิทธิภาพในการลดเชื้อโรคเป็นสำคัญ ดำเนินการทดลองโดยใส่เชื้อ *Pythium* sp. สาเหตุโรคลงในระบบกรองชีวภาพที่ภายในมีวัสดุรองรับชนิดต่างๆ + BCA เช่นเดียวกับการทดลองที่ 1 แล้วปล่อยให้สารแขวนลอยเชื้อไหลผ่านระบบกรองในอัตราไหลที่ 300L/hr/m^2 ซึ่งเป็นอัตราไหลมาตรฐานของ SSF ผลการทดลองพบว่าวัสดุกรองทุกชนิดสามารถลดจำนวนประชากรของ *Pythium* sp.

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่มีวัสดุกรอง (control) โดยกลุ่มวัสดุที่สามารถลดจำนวนประชากรของ *Pythium* sp. ได้มากได้แก่ แกลบเผา ทรายละเอียด ทรายหยาบ พีทมอส เวอร์มิคูไลต์ และขุยมะพร้าว และจากการแยกเชื้อ *Trichoderma* sp. ที่ทำหน้าที่เป็น BCA จากวัสดุกรองแต่ละชนิดก็พบว่ายังมีคุณสมบัติในการเป็นปฏิปักษ์กับเชื้อสาเหตุโรคอยู่ ไม่ต่างกับที่แยกใหม่จากชีวผลิตภัณฑ์ จากการทดลองนี้จึงพบว่าแกลบเผา และทรายละเอียดเป็นตัวเลือกอันดับต้นๆ ในการพิจารณามาเป็นวัสดุกรองในสารละลายหมุนเวียน

การทดลองที่ 3 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอัตราการไหลของสารละลายต่อประสิทธิภาพในในการลดการเกิดโรคของการกรองแต่ละชนิด ได้แก่ระบบกรองชีวภาพที่มีสแฟกนั่มมอส + BCA เป็นวัสดุกรอง; ระบบกรองชีวภาพที่มีแกลเผา + BCA เป็นวัสดุกรอง; และ SSF ย่อส่วน ที่มีทรายเป็นวัสดุกรองแต่ไม่มี BCA โดยทดลองที่อัตราการไหล 3 ระดับของการกรอง ได้แก่ 0.5L/min, 1.0 L/min และ 2.0 L/min ซึ่งเทียบเท่ากับ อัตราการไหลที่ 10 เท่า, 20 เท่า และ 40 เท่า ของอัตราไหลมาตรฐานของ SSF คือที่ 300L/hr/m^2 พบว่าอัตราไหลที่มีประสิทธิภาพในการลดการเกิดโรคขึ้นอยู่ชนิดของวัสดุกรอง โดยพบว่าระบบกรองชีวภาพที่มีที่มีสแฟกนั่มมอส + BCA เป็นวัสดุกรองจะมีประสิทธิภาพดีที่สุดที่อัตราไหลมากคือที่ 2L/min ในขณะที่ระบบกรองชีวภาพที่มีแกลบเผา + BCA เป็นวัสดุกรองจะมีประสิทธิภาพดีที่อัตราไหลต่ำ คือที่ 0.5L/min เป็นที่น่าสังเกตว่าในระบบกรองชีวภาพที่มีแกลบเผา + BCA เป็นวัสดุกรองแม้จะมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อโรคได้สูง แต่ความรุนแรงของโรคในระบบกรองที่มีสแฟกนั่มมอส + BCA เป็นวัสดุกรอง จะมีความรุนแรงของโรคต่ำกว่า แสดงให้เห็นว่าการทำงานของระบบกรองที่มีสแฟกนั่มมอสที่เป็นวัสดุกรอง นอกจากจะทำหน้าที่ในการกรองเชื้อสาเหตุโรคและยังอาจทำหน้าที่ในการปลดปล่อย BCA ลงสู่ระบบด้วย

การทดลองที่ 4 มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบกรองชีวภาพที่มีต่อการเจริญเติบโตและผลผลผลิตของพืชที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินขนาดเล็ก ดำเนินการโดยติดตั้งระบบกรองชีวภาพ 3 ระบบได้แก่ระบบที่มี สแฟกนั่มมอส + BCA, แกลบเผา + BCA และทรายละเอียด + BCA เปรียบเทียบกับ control (ที่เป็นกระบอกกรองเปลือยปราศจากวัสดุกรอง) ผลการทดลองพบว่า ในกลุ่มทดลองที่ไม่ทำการปลูกเชื้อสาเหตุโรค พืชทดสอบที่ปลูกในระบบที่มีระบบกรองชีวภาพ จะมีการเจริญเติบโตและผลผลิตดีกว่า control และในกลุ่มทดลองที่ทำการปลูกเชื้อ ก็สามารถลดหรือชะลอการเกิดโรคได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะในระบบทีติดตั้งระบบกรองชีวภาพที่มีสแฟกนั่มมอส + BCA เป็นวัสดุกรอง สามารถชะลอการเกิดโรคไดถึง 21 วัน หลังการปลูกเชื้อ และลดความรุนแรงของโรคได้มากกว่า 90%

คำสำคัญ : ระบบกรองชีวภาพ การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน *Pythium* sp. *Trichodermma* sp. สารควบคุมโดยชีววิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: Biofiltration for reducing pathogenic fungi in the nutrient solution of hydroponics

Researcher : Assoc. Prof. Dr. Prommart KOOHAKAN Department of Plant Production Technology , Faculty of Agricultural Technology, King's Mongkut Institute of Technology Ladkrabang

ABSTRACT

This research was conducted to development the biofiltration (BF) based on the combination concept of slow sand filtration (SSF) and the synergistic effect of biological control agent (BCA). This filtration system could be used in the re-circulating nutrient solution of hydroponics for reducing root disease transmission and should be effective in higher flow rate than conventional SSF in order to install this equipment to hydroponic system with large volume of re-circulating nutrient solution. The study consisted of 4 experiments as follows; 1) the study on supporting substrate suitable for establishment of BCA, 2) the study on the efficiency of BCA in supporting substrate or bio-filter to reduce the pathogen or disease development, 3) effect of flow rate in BF and SSF to reduce disease development, and 4) testing the efficiency of BF in lab scale hydroponics.

Experiment 1 was aim to find out the suitable substrate as bio-filter in BF, which consider based on the ability of substrate to maintain the population of BCA. The substrates using in this experiment including poly ethylene foam, coarse sand, fine sand, purlite, vermiculite, sphagnum moss, coir dust, rice husk charcoal and chopped bark were mixed with the BCA, *Trichoderma harzianum* from biological control product, and filled to the BF container making from PVC pipe (4 inch in diameter and 80 cm. in length). The results showed that all substrates could maintained the BCA in higher population than in control (BF container without substrate). The best group of substrate for establishment of BCA were sphagnum moss, chopped bark and coir dust. However, sphagnum moss was little effect on the BCA (in term of lowest indigenous microorganism: the biological property) and the indicator plants (in term of nutrient solution changed: the physical property) so it was considered to bio-filter in BF system.

Experiment 2 was aim to know the ability of bio-filter and BCA in BF to reduce the pathogen. *Pythium* sp., the casual agent of root rot disease, was preparing to suspension and pouring down to BF-container letting it pass through bio-filter at flow rate of 300L/hr/m^2, which the standard flow rate of SSF. The result showed that all bio-filters could reduce the population of *Pythium* sp. compared with control. The best

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

group of bio-filter to reduce the pathogen were rice husk charcoal, fine sand, coarse sand, peat moss, vermiculite and coir dust. In addition, *Trichoderma* sp. that re-isolated from bio-filter had an antagonistic activity similar to newly one isolated from biocontrol product. From this experiment, rice husk charcoal and fine sand should be consider as bio-filter in BF system.

Experiment 3 was conducted for study the effects of flow rate on the efficiency of filtration to reduce disease development. The filtration used in this experiment were BF1 (rice husk charcoal + BCA as bio-filter), BF2 (sphagnum moss + BCA as bio-filter) and SSF (only sand without BCA). Flow rates studied in this experiment were 0.5, 1.0 and 2.0 L/min of BF-container that referred to 10, 20 and 40 folds of standard flow rate of SSF at 300L/hr/m^2. The result showed that BF1 and SSF at lowest flow rate (0.5L/min) could reduce disease development in contrast with BF2 that could reduce disease development at flow rate of 2L/min. Noteworthy, BF1 could reduce the pathogen rather than BF2 but disease severity in BF1 stilled higher than BF2 indicated that BF2 might be act as bio-filter and bio-generator consequently.

Experiment 4 was designed for testing the efficiency of BF in the growing system. There were BF1 (rice husk charcoal + BCA as bio-filter), BF2 (sphagnum moss + BCA as bio-filter), BF3 (fine sand + BCA as bio-filter) and control (without bio-filter). Nutrient solution in the growing system was pass through the BF container at flow rate of 2L/min which referred to 40 folds of SSF flow rate. There were 2 plots of testing plants, inoculation and without inoculation of the pathogen. The result was showed that the growth of testing plants in plot experiment without inoculation installed with BF was better than control. Furthermore, the incidence and severity of disease in plot experiment with pathogen inoculation were lower than control. Particularly, the growing system with BF2 could suppress disease development up to 21 day after inoculation and decreased disease severity more than 90%.

keywords : biofiltration, hydroponics, *Pythium* sp., *Trichoderma* sp., biological control agent

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.) และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ในการสนับสนุนทุนวิจัยจากงบประมานแผ่นดิน ประจำปี 2559 รหัสโครงการ A118-59-054 ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้โอกาสในการการดำเนินโครงการวิจัย ตลอดทั้งบุคลากรและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านในการช่วยติดต่อประสานงาน และสนับสนุนการดำเนินโครงการวิจัยให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	iii
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	v
กิตติกรรมประกาศ	vii
สารบัญ	viii
สารบัญตาราง	x
สารบัญภาพ	xi
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 การศึกษาวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาไปเป็นวัสดุกรองในสารละลายหมุนเวียน	10
3.2 การศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุกรอง และ BCA ในวัสดุกรองในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรค	11
3.3 ผลของอัตราการไหลของสารละลายต่อประสิทธิภาพของ BCA ในวัสดุกรอง และ slow sand filtration	13
3.4 การทดสอบประสิทธิภาพของ biofiltration ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินขนาดเล็ก	14
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
4.1 การศึกษาวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาไปเป็นในวัสดุกรองในสารละลายหมุนเวียน	16
4.2 การศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุกรอง และ BCA ในวัสดุกรองในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรค	29
4.3 ผลของอัตราการไหลของสารละลายต่อประสิทธิภาพในการกรองของ biofiltration และ slow sand filtration	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4 การทดสอบประสิทธิภาพของ biofiltration ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินขนาดเล็ก	38
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	47
5.2 ข้อเสนอแนะ	47
บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย	
6.1 การเผยแพร่ผลงาน	48
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก ก	53
- แบบรายงานการใช้จ่ายเงินในโครงการ	
ภาคผนวก ข	55
- ประวัตินักวิจัย	
ภาคผนวก ค	57
- เอกสารผลผลิตงานวิจัย	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	จำนวนประชากรของรา *Trichoderma* sp. ที่ตรวจพบในวัสดุรองรับในแต่ละสัปดาห์	18
2	จำนวนประชากรของรา *Trichoderma* sp. ที่ตรวจพบในถังสารละลายธาตุอาหาร	20
3	ปริมาณจุลินทรีย์ที่ครอบครองรากพืชของผักสลัดที่ปลูกในระบบ solution culture ผ่าน biofiltration ที่มีวัสดุรองรับชนิดต่างๆ	21
4	จำนวนใบของผักสลัดที่ปลูกในระบบ solution culture ผ่าน biofiltration ที่มีวัสดุรองรับชนิดต่างๆ	23
5	ขนาดทรงพุ่มของผักสลัดที่ปลูกในระบบ solution culture ผ่าน biofiltration ที่มีวัสดุกรองชนิดต่างๆ	24
6	น้ำหนักสดของผักสลัดที่ปลูกในระบบ solution culture ผ่าน biofiltration ที่มีวัสดุกรองชนิดต่างๆ	25
7	คุณสมบัติของวัสดุรองรับแต่ละชนิด	26
8	จำนวนประชากรจุลินทรีย์ท้องถิ่นที่ตรวจพบในวัสดุรองรับแต่ละชนิด	27
9	ประสิทธิภาพของ *Trichoderma* sp. ที่แยกซ้ำจากวัสดุกรองในการควบคุมเชื้อ *Pythium* sp.	31
10	อัตราการเกิดโรคและความรุนแรงของผักสลัดบัตเตอร์เฮต ในสารละลายหมุนเวียนที่ผ่านการกรอง ที่อัตราการไหลต่างๆ	34
11	อัตราการเกิดโรคและความรุนแรงของผักสลัดเรดโครอล ในสารละลายหมุนเวียนที่ผ่านการกรอง ที่อัตราการไหลต่างๆ	36
12	ปริมาณเชื้อ *Pythium* sp. ที่ตรวจพบในวัสดุกรอง และในรากพืชหลังจากทำการปลูกเชื้อลงในระบบ	37
13	ปริมาณเชื้อ *Trichoderma* sp. ที่ตรวจพบในวัสดุกรองในแต่ละสัปดาห์	38
14	การเจริญเติบโตของผักสลัดบัตเตอร์เฮตในกรรมวิธีที่มีระบบกรองชนิดต่างๆ (Crop1)	39
15	การเจริญเติบโตของผักสลัดเรดโครอลในกรรมวิธีที่มีระบบกรองชนิดต่างๆ (Crop1)	40
16	การเจริญเติบโตของผักสลัดบัตเตอร์เฮตในกรรมวิธีที่มีระบบกรองชนิดต่างๆ (Crop2)	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ต้นแบบระบบกรองสารละลายธาตุอาหารด้วยวิธีการชีวภาพ (biofiltration) ที่ใช้ในการทดลอง	17
2	ผักสลัดบัตเตอร์เฮตที่ปลูกใน solution culture ติดตั้งระบบกรองชีวภาพต้นแบบ	22
3	ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (TDS) และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ของสารละลายธาตุอาหารในแต่ละสัปดาห์ (w1-w6)	28
4	ประสิทธิภาพของ biofiltration ที่มีวัสดุกรองชนิดต่างๆ ในการลดปริมาณเชื้อ *Pythium* sp.	29
5	ประสิทธิภาพของการกรองแบบต่างๆ ในการยับยั้งการเกิดโรคโคนเน่ารากเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* sp. (การทดสอบในผักสลัดบัตเตอร์เฮต crop1: BH_Cr1)	43
6	ประสิทธิภาพของการกรองแบบต่างๆ ในการยับยั้งการเกิดโรคโคนเน่ารากเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* sp. (การทดสอบในผักสลัดเรดโครอล crop1: RC_Cr1)	44
7	ประสิทธิภาพของการกรองแบบต่างๆ ในการยับยั้งการเกิดโรคโคนเน่ารากเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* sp. (การทดสอบในผักสลัดบัตเตอร์เฮต crop2: BH_Cr2)	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญ และที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน หรือการปลูกพืชในระบบไฮโดรโพนิกส์ (hydroponics) เป็นระบบการปลูกพืชหนึ่งที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว และพบเห็นได้ทั่วไปในปัจจุบัน โดยมีทั้งการปลูกเป็นการค้าเป็นฟาร์มขนาดใหญ่ในระบบโรงเรือนปิดที่ทันสมัย การปลูกเป็นฟาร์มขนาดกลางในโรงเรือนเปิด หรือกลางแจ้ง ตลอดจนการปลูกในระบบเล็กๆ เพื่อการบริโภคในครัวเรือน เหตุผลหนึ่งที่สำคัญที่ทำให้ระบบการปลูกพืชชนิดนี้มีการขยายตัวอย่างกว้างขวางก็คือพฤติกรรมของผู้บริโภค ที่เน้นบริโภคพืชผักที่ปลอดภัยจากสารพิษ และมีความสดสะอาดเป็นสำคัญ ซึ่งในระบบปลูกพืชดังกล่าวนี้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ริโภคได้เป็นอย่างดี ทั้งนี้โดยโครงสร้างและธรรมชาติของระบบการปลูกพืชแบบนี้ เช่น การปลูกในโรงเรือน การได้รับสารอาหารอย่างเพียงพอในรูปของสารละลายธาตุอาหาร การที่พืชมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ตลอดจนการไม่ใช้ดินในการปลูก จึงทำให้มีปัญหาเรื่องโรคและแมลงน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการปลูกพืชโดยทั่วไป จึงเป็นเหตุให้มีการใช้สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชน้อยลงไปด้วย อย่างไรก็ตามระบบการปลูกพืชแบบนี้หากประสบปัญหาเรื่องโรคพืชขึ้นมา โดยเฉพาะโรคพืชที่เกิดจากเชื้อสาเหตุที่ติดต่อกันได้ทางสารละลายธาตุอาหารจะมีความรุนแรงสูงหากทำการแก้ไขได้ไม่ทันเวลา โรค และเชื้อสาเหตุที่เป็นปัญหาสำคัญก็คือโรคโคนเน่ารากเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* spp. เนื่องจากเชื้อชนิดนี้มีการสร้างส่วนขยายพันธุ์ที่เรียกว่า zoospore ซึ่งสามารถแพร่ระบาดได้ดีในระบบสารละลายธาตุอาหารของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยสามารถก่อให้เกิดความเสียหายได้ถึง 100% ภายในระยะเวลา 2-3 วัน (Favrin *et al.*, 1988; Stanghellini and Rasmussen, 1994 Paulitz and Belanger 2001; Vallance *et al.*, 2011) โดยเชื้อชนิดนี้เป็นเชื้อที่ตรวจพบได้ทั่วไปทั้งในต่างประเทศ และในประเทศไทย (พรหมมาศ และคณะ, 2540; Koohakan, 2007) และเมื่อเร็วๆนี้ มีรายงานการตรวจพบเชื้อ *Fusarium* sp. ในระบบ nutrient film technique (NFT) ซึ่งเป็นระบบปลูกพืชในรางที่นิยมปลูกผักสลัด โดยพบว่าเชื้อดังกล่าวเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคเหี่ยวในผักสลัดได้ (ธิติ และคณะ, 2555) และอาจเป็นเชื้ออีกชนิดหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญในระบบนี้ สำหรับมาตรการในการลดเชื้อสาเหตุโรคในสารละลายธาตุอาหารมีได้หลายวิธี ทั้งวิธีกายภาพ (physical methods) ชีววิธี (biological methods) และ การใช้สารเคมี (chemical methods) การใช้สารเคมีใส่ลงไปในสารละลายธาตุอาหารแม้ว่าจะสามารถลดปริมาณเชื้อลงไปได้ แต่เนื่องจากพืชผักที่ปลูกในระบบนี้เป็นพืชผักที่ใช้ในการบริโภคสด สารเคมีในกลุ่ม pesticides หรือสารอื่นๆ ที่คาดว่ามีแนวโน้มจะส่งผลกระทบต่อผู้บริโภค จึงไม่ควรใส่ลงไปโดยตรงในสารละลายธาตุอาหารที่ยังมีพืชปลูกอยู่ ดังนั้นวิธีการนี้จึงไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ สำหรับการทำให้สารละลายธาตุอาหารปราศจากเชื้อโรค (sterilizing or disinfecting methods) โดยวิธีกายภาพ เช่น heat treatment, U-V radiation, ozonization, filtration จัดเป็นวิธีหนึ่งที่ใช้นิยมใช้กันโดยทั่วไปในต่างประเทศ (Runia, 1995) แต่การใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการดังกล่าวจะต้องเสียค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมในการติดตั้งอุปกรณ์ฆ่าเชื้อ จึงเหมาะกับฟาร์มขนาดใหญ่ที่มีมาตรฐานทางด้านการจัดการฟาร์มขั้นดีมาก และมีมูลค่าการลงทุนสูง สำหรับ filtration มีสองลักษณะซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป อีกแนวทางหนึ่งที่สำคัญก็คือการใช้วิธีทางชีวภาพ โดยพบว่าจุลินทรีย์หลายๆ ชนิด เช่น จุลินทรีย์ท้องถิ่น (indigenous microorganisms) แบคทีเรียเขตรากพืช (rhizosphere bacteria) และเชื้อปฏิปักษ์ (antagonist) มีศักยภาพในการนำมาควบคุมเชื้อสาเหตุโรคในสารละลายธาตุอาหารได้ และหลายชนิดได้ผ่านการคัดเลือก หรือพัฒนามาเป็นสารควบคุมโดยชีววิธี (biological control agent : BCA) ตัวอย่างที่รู้จักกันดีเช่น *Trichoderma harzianum*, *Bacillus subtilis* และ *Pseudomonas fluorescens* เป็นต้น (Paulitz, 1997; Postma *et al.*, 2000; Grosch *et al.*, 2001; Gravel *et al.*, 2006; พรหมมาศ, 2548; พรหมมาศ และคณะ, 2552 Jaenaksorn *et al.* 2010) ด้วยเหตุที่วิธีการนี้มีค่าใช้จ่ายที่ไม่สูงนัก จึงเหมาะที่จะนำไปใช้ได้กับฟาร์มทุกระดับ แต่จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าปัญหาของการใช้จุลินทรีย์ในการควบคุมโรคคือการเก็บรักษาสายพันธุ์ การมีชีวิตรอด และปริมาณจุลินทรีย์ที่คงอยู่ในระบบในปริมาณที่เหมาะสม นอกจากนี้ความแรงของสายพันธุ์ และส่วนผสมของผลิตภัณฑ์หากนำไปใช้ในปริมาณที่มากเกินไป โดยเฉพาะในระบบที่ไม่มีวัสดุปลูก อาจทำให้เกิดอันตรายต่อรากพืชได้ (พรหมมาศ และอิทธิสุนทร, 2548ก)

ในเรื่องของการกรองจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร (filtration) อาจแบ่งได้เป็นสองลักษณะตามวิธีกำจัดเชื้อสาเหตุ ได้แก่ physical filtration เป็นการกรองทางกายภาพ หลักการก็คือสารละลายจะไหลผ่านวัสดุกรอง (media filter) ที่มีรูขนาดเล็กพอที่จะกักส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อโรคไม่ให้ลอดผ่านไปได้ ตัวอย่างของการกรองแบบนี้ได้แก่การกรองที่เรียกว่า membrane filtration โดยจะใช้เยื่อกรอง (membrane) ที่มีขนาดของรูกรองเล็กกว่า 10 ไมครอน และมีชื่อเรียกแตกต่างกันไปตามขนาดของรูกรองเช่น micro-filtration, ultra-filtration หรือ nano-filtration เป็นต้น (Van Os, 2010) อย่างไรก็ตามปัญหาของ membrane filtration ก็คือการอุดตันของเยื่อกรอง และราคาที่ค่อนข้างสูง การกรองอีกแบบหนึ่งอาจถือว่าเป็นการกรองทางชีวภาพ (biological filtration) เนื่องจากการลดปริมาณเชื้อก่อโรคเป็นผลมาจากกิจกรรมของจุลินทรีย์ในวัสดุกรอง ตัวอย่างเช่นการกรองในสารละลายธาตุอาหารที่เรียกว่า slow sand filtration (SSF) ซึ่งหลักการก็คือจะให้สารละลายธาตุอาหารไหลผ่านชั้นทรายอย่างช้าๆ ในอัตราที่เหมาะสมคือประมาณ 300L/hr/m^2 ปัญหาของการกรองแบบนี้ก็คือ จะต้องมีการบังคับอัตราการไหลผ่านของสารละลายผ่านระบบกรองให้ได้ในอัตราที่กำหนด เพื่อให้เกิดกิจกรรมของจุลินทรีย์ในการทำลายเชื้อโรค ผลที่ได้ก็คือเกิดการอั้นของสารละลายทำให้ปริมาณสารละลายที่ผ่านการกรองไม่เพียงพอต่อการให้กับต้นพืชในบางระบบ เช่น ในระบบปลูกแบบ NFT ที่ต้องการอัตราการไหลของสารละลายอย่างต่อเนื่องประมาณ 2 ลิตร/นาที/ราง (อิทธิสุนทร, 2557) หรือคิดเป็นปริมาณสารละลายที่ไหลผ่านรางประมาณ 120 ลิตร/ชั่วโมง/ราง ดังนั้นหากต้องการให้สารละลายมีการหมุนเวียนอย่างต่อเนื่อง ก็จะสร้างบ่อกรองขนาดใหญ่มาก เพื่อให้ได้สารละลายที่ผ่านการกรองแล้วในปริมาณที่มาก เหตุผลดังกล่าวจึงได้ศึกษาการกรองแบบชีวภาพ โดยเป็นการผสมผสานกันระหว่างหลักการของ SSF ร่วมกับการใช้ BCA ที่มีประสิทธิภาพ โดยหวังผลในเบื้องต้นให้การกรองแบบนี้สามารถเพิ่มอัตราการไหลผ่านของสารละลายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือมีขนาดที่เล็กลง หรือแก้ปัญหาในเรื่องของปริมาณของ BCA ให้คงอยู่ในระบบอย่างเหมาะสม และทำหน้าที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการลดปริมาณเชื้อโรคในสารละลายธาตุอาหาร ของระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) ศึกษาวัสดุกรองที่เหมาะสมสำหรับการคงอยู่ของ BCA ในสภาพของสารละลายไหลเวียน
2) ศึกษาประสิทธิภาพของ BCA ในวัสดุกรอง ในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรค
3) ศึกษาอัตราการไหลต่อประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อโรคในสารละลายไหลเวียน
4) ศึกษาความเป็นไปได้ในการพัฒนามาเป็นระบบกรองชีวภาพในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

ศึกษาวัสดุกรองที่เหมาะสมได้แก่วัสดุกรองที่เป็นสารอนินทรีย์ และอินทรีย์ชนิดต่างๆ ส่วน BCA ที่นำมาใช้ร่วมได้แก่ชีวผลิตภัณฑ์ควบคุมโรคพืชที่รู้จักกันโดยทั่วไป เช่น *Trichoderma harzianum* โดยทดสอบเบื้องต้นใน Lab scale hydroponics หากผลการทดลองเป็นไปตามสมมติฐานจึงค่อยขยายผลไปสู่การทดลองในโรงเรือน หรือนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนา หรือออกแบบระบบการกรองโดยชีวภาพต่อไป

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการพัฒนาระบบกรองชีวภาพในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน
2) การเผยแพร่งานวิจัยสู่สาธารณะ เช่น บทความวิจัยในวารสารวิชาการ หรือเผยแพร่ผลงานในที่ประชุมวิชาการ
3) หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ ได้แก่เกษตรกรและผู้ประกอบการธุรกิจปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ตลอดจนสถาบันการศึกษาและหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องกับการเกษตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎี สมมุติฐาน หรือกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

การลด หรือกำจัดเชื้อโรคในสารละลายธาตุอาหารในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน อาจแบ่งเป็นได้สองแนวทาง คือ active methods กับ passive methods กรณีของ active methods จะมีเป้าหมายเพื่อกำจัดเชื้อโรคออกไปจากสารละลายธาตุอาหารให้ได้มากที่สุด เพื่อให้สารละลายธาตุอาหารปราศจากเชื้อโรค เช่น การใช้วิธีทางกายภาพ หรือทางเคมีเพื่อฆ่าเชื้อในสารละลาย ซึ่งแนวทางนี้ไม่ว่าจะเป็นเชื้อโรคหรือจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์จะถูกกำจัดออกไปด้วย ส่วน passive methods มุ่งรักษาสมดุลของจุลินทรีย์ในระบบเพื่อให้เกิดการยับยั้งกันเองตามธรรมชาติ หรือช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งให้สูงขึ้น โดยเพิ่มจุลินทรีย์ที่เป็นประโยชน์หรือที่มีประสิทธิภาพในการต่อต้านเชื้อโรคลงไป เช่น การควบคุมโดยชีววิธี ทั้งสองแนวทางมีเป้าหมายที่เหมือนกันดังนั้นสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสม ในกลุ่มประเทศสหภาพยุโรป มีข้อกำหนดให้มีการใช้สารละลายธาตุอาหารแบบหมุนเวียนอย่างสมบูรณ์ (100% recirculated) และมีมาตรการที่เข้มงวดในการปลดปล่อยสารละลายธาตุอาหารที่เหลือทิ้งออกสู่สภาพแวดล้อม จึงเลือกใช้แนวทาง active methods เป็นส่วนใหญ่ สำหรับในประเทศไทยที่ได้พัฒนาเทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมาได้ในระดับหนึ่งจนมีผู้ประกอบการเพิ่มขึ้นจำนวนมาก แต่ยังถือได้ว่าการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในประเทศไทยจัดเป็นธุรกิจขนาดย่อม (small-medium enterprise) ที่มีทุนประกอบการไม่สูงนัก แนวทางที่เหมาะสมในเบื้องต้น จึงน่าจะเป็นในเรื่องของ passive methods มากกว่า และยังสอดคล้องกับยุทธศาสตร์งานวิจัยในการพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติ ที่เป็นฐานการผลิตภาคเกษตรให้เข้มแข็งและยั่งยืน การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีโดยใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการยับยั้งเชื้อโรคแม้เป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับอย่างสูงในปัจจุบันแต่ก็มีข้อจำกัด โดยข้อจำกัดที่สำคัญก็คือการไม่คงที่ของประสิทธิภาพ (inconsistence performance) ซึ่งสาเหตุหลักประการหนึ่งเป็นผลมาจากมาจากปริมาณของ BCA ที่จะต้องเพียงพอและเหมาะสมตลอดระยะเวลาที่ใช้ในการควบคุมโรค และปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อสาเหตุดังกล่าวก็คือถิ่นอาศัย (habitant) ซึ่งในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินบางระบบ เช่น ระบบแบบไม่มีวัสดุปลูกจะขาดสิ่งนี้ไป การลดปริมาณเชื้อโรคในสารละลายธาตุอาหารโดยใช้หลักการโดยชีวภาพ เช่น slow sand filtration (SSF) ก็มีข้อจำกัด ซึ่งได้แก่จะต้องมีการสร้างโครงสร้างที่มีขนาดใหญ่มากเพื่อให้มีสารละลายที่ผ่านการกรองแล้วอย่างเพียงพอหมุนเวียนอยู่ในระบบอย่างต่อเนื่อง และต้องมีระยะเวลาสักระยะหนึ่งเพื่อให้ระบบเกิดการสะสมจุลินทรีย์ตามธรรมชาติจนสมบูรณ์ (mature) ดังนั้นหากนำเอาจุลินทรีย์ปฏิปักษ์และหลักการของการกรองโดยชีวภาพมาใช้ร่วมกัน เพื่อลดปริมาณเชื้อโรคในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ก็จะช่วยลดข้อจำกัดของสองวิธีการลงไปได้ อย่างน้อยที่เห็นเป็นรูปธรรมก็คือ BCA จะมี habitant ซึ่งก็คือวัสดุกรองในการกรองโดยชีวภาพ โดยมีสมติฐานในเบื้องต้นก็คือความมีชีวิตรอดของ BCA ในวัสดุกรองที่เพียงพอ และเหมาะสมตลอดระยะเวลาการทดลองที่จะออกฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อโรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใ

ได้ ตลอดจนปริมาณ BCA ที่อาจปลดปล่อยออกจากวัสดุกรอง และหมุนเวียนอยู่ในสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งอาจจะช่วยเสริมประสิทธิภาพของการควบคุมโดยชีววิธีในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การควบคุมเชื้อโรคในสารละลายธาตุอาหารโดยชีววิธีเริ่มมีการศึกษาในประเทศแคนาดา ตั้งแต่ปี 1990 โดยเป้าหมายเพื่อควบคุม *P. aphanidermatum* จากการแยกเชื้อแบคทีเรียจำนวน 600 isolate จากบริเวณเขตรากพืช (rhizosphere) ของแตงกวาที่ปลูกในระบบ hydroponics แล้วนำมาศึกษาศักยภาพในการเป็นสารควบคุมโดยชีววิธี (biological control agent) พบว่า มี 35 isolate ที่ค่อนข้างมีศักยภาพดีพอในจำนวนนั้นส่วนใหญ่ ได้แก่ *Pseudomonas fluorescens, P. corrugate* ในปี 1994 ได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยเน้นไปในกลุ่มของ *P. fluorescens* จำนวน 400 isolate พบว่า strain 63-78 มีความสามารถในการควบคุมโรครากเน่า (root disease) ในสภาพโรงเรือนได้ดี ถูกนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ภายใต้ชื่อ AtEze (Paulitz and Rankin, 1992; Rankin and Paulitz, 1994)

Paulitz (1997) กล่าวว่า หากการควบคุมโดยชีววิธีสามารถนำไปใช้ในที่ต่างๆ ได้ผล ก็จะต้องได้ผลในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินด้วยเช่นกัน จุลินทรีย์อีกกลุ่มหนึ่งที่น่าสนใจคือจุลินทรีย์ท้องถิ่น (indigenous microorganism) ทั้งนี้ Postma *et al.* (2000) ได้แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์กลุ่มนี้สามารถยับยั้งการเกิดโรคโคนเน่ารากเน่าของแตงกวาที่เกิดจากเชื้อ *Pythium aphanidermatum* ได้ โดยทดสอบในระบบปลูกพืชแบบมีวัสดุปลูก (substrate culture) ผลทดลอง พบว่าเมื่อทำการปลูกเชื้อสาเหตุโรคลงไปในวัสดุปลูก rockwool ที่ไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อ (มีจุลินทรีย์ท้องถิ่น) จะมีอัตราการเกิดโรคน้อยกว่าวัสดุปลูกที่ผ่านการฆ่าเชื้อ (ปราศจากจุลินทรีย์ท้องถิ่น) และเมื่อนำเอาวัสดุปลูกที่ผ่านการฆ่าเชื้อมาสัมผัสกับวัสดุปลูก rockwool ที่ผ่านการใช้งานมาก่อนเพื่อให้เกิดการ re-colonization พบว่าความสามารถในการยับยั้งโรคโคนเน่ารากเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* กลับมาอีกครั้ง ข้อได้เปรียบของ indigenous microorganisms ในการยับยั้งความรุนแรงของโรคก็คือ 1) เป็นจุลินทรีย์ที่มีอยู่แล้ว 2) พวกมันมีความสามารถที่จะปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดีและ 3) มีความเป็นชุมชนขนาดใหญ่ (complex community) ตัวอย่างผลการศึกษาดังกล่าวทำให้การใช้จุลินทรีย์ในการควบคุมโรคในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้รับความสนใจมากขึ้น ซึ่งเป็นวิธีการทางชีวภาพ (biological control) ที่ปลอดภัย และประหยัดกว่าการควบคุมโรคโดยวิธีทำให้ปลอดเชื้อที่ใช้กันอยู่โดยทั่วๆ ไป Postma (2004) กล่าวไว้ว่าการผลิตพืชในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินที่ผ่านมา จะทำระบบให้ปราศจากเชื้อให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นได้ แต่ปัญหาเรื่องโรคในสารละลายธาตุอาหารก็ยังเกิดอยู่ทั้งนี้เนื่องจากปริมาณของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในระบบน้อยเกินไปที่เรียกว่า biological vacuum เหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการศึกษาถึงความสำคัญ ประโยชน์ ตลอดจนข้อมูลทางนิเวศวิทยา และชีววิทยาของจุลินทรีย์ในระบบปลูกพืชชนิดนี้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งผลงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับจุลินทรีย์ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Van Peer *et al.* (1990) ได้ทดลองใช้ fluorescent Pseudomonads ในการควบคุมโรคเหี่ยวที่เกิดจากเชื้อ *Fusarium* (Fusarium wilt) ในต้นคาร์เนชั่นที่ปลูกในวัสดุปลูก rockwool โดยกลไกในการควบคุมโรค เป็นผลมาจาก siderophore ที่สร้างจากแบคทีเรียชนิดนี้ นอกจากนี้ยังพบว่า *Pseudomonas* spp. ยังมีความสามารถในการกระตุ้นพืชให้เกิดความต้านทาน (induced resistance) อีกด้วย (Duijff *et al.*, 1993)

Paulitz *et al.* (1992) ได้ทำการแยกแบคทีเรียบริเวณเขตรากพืชของแตงกวาที่ปลูกในรัฐ Quebec ประเทศแคนาดา และทำการคัดเลือกเพื่อหาสายพันธุ์ที่มีศักยภาพในการควบคุมเชื้อ *Pythium* จากจำนวนแบคทีเรียทั้งหมด 600 ไอโซเลท พบว่ามี 93 ไอโซเลท ที่สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยได้ และ 35 ไอโซเลท สามารถยับยั้งการงอกของสปอร์ ในจำนวนนี้มี 3 ไอโซเลท ที่พบว่าสารกรองจุลินทรีย์ (culture filtrate) มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ จากนั้นจึงนำเอาทั้ง 35 ไอโซเลท เพื่อนำมาทดสอบใน plant bioassay เพื่อทำการคัดเลือกไอโซเลทที่ดีที่สุด จำนวน 5 ไอโซเลท จากการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อที่ได้จาก *in vitro* ไม่ค่อยมีความสัมพันธ์กับการทดลองใน plant bioassay แต่ก็เป็นวิธีการหนึ่งที่สำคัญในการคัดแยกไอโซเลทที่ไม่มีประสิทธิภาพออกไปในเบื้องต้น

Berkmann *et al.* (1992) ได้ศึกษาถึงประชากรแบคทีเรียที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารของมะเขือเทศที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบที่มี rockwool เป็นวัสดุปลูก และมีการหมุนเวียนนำเอาสารละลายกลับมาใช้ใหม่ พบว่าในสารละลายที่ไม่ได้ทำการปลูกพืชจะมีจำนวนประชากรของแบคทีเรียอยู่ในราวๆ 500-900 cfu/ml แต่ในสารละลายที่มีการปลูกมะเขือเทศพบว่า ประชากรของแบคทีเรียจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเป็น 10^5-10^6 cfu/ml ภายในเวลา 20 ชั่วโมงหลังจากทำการย้ายปลูก จากการจัดจำแนกพบว่าประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ ของแบคทีเรียทั้งหมดได้แก่ genus *Pseudomonas* รองลงมาได้แก่ *Agrobacterium, Comamonas, Enterobactor* และ *Xanthomonas* ซึ่งพบในปริมาณ 3-12 เปอร์เซ็นต์ พวกที่พบต่ำกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ได้แก่ *Alcaligenes, Aureobacterium, Cytophora, Flavobacterium, Rhodococcus* และ *Yersinia* และจะมีอยู่ประมาณ 18 เปอร์เซ็นต์ ที่ยังไม่สามารถจัดจำแนกได้

Rankin and Paulitz (1994) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของ rhizosphere bacteria ที่มีศักยภาพในการเป็น biological control agents จำนวน 5 ไอโซเลท ได้แก่ *Pseudomonas corrugata* จำนวน 2 ไอโซเลท และ *Pseudomonas fluorescens* จำนวน 3 ไอโซเลทที่แยกได้จากบริเวณเขตรากพืชของแตงกวา พบว่าต้นแตงกวาอายุ 5 สัปดาห์ ที่ปลูกวัสดุปลูก rockwool ที่มีการให้แบคทีเรีย suspension ของเชื้อ *Pseudomonas corrugata* ความเข้มข้น 10^6 cells/ml จำนวน 200 ml ลงในวัสดุปลูกเป็นเวลา 1 สัปดาห์ก่อนการปลูกเชื้อ *P. aphanidermatum* จะได้ผลผลิตมากกว่ากรรมวิธีที่ไม่ใช้แบคทีเรียถึง 88 เปอร์เซ็นต์ นอกจากยังพบว่าในกรรมวิธีที่ไม่ทำการปลูกเชื้อการใช้แบคทีเรียดังกล่าวจะทำให้ผลผลิตสูงขึ้น 32-44 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองอีก crop หนึ่ง ที่มีการใช้แบคทีเรียจำนวน 3 ครั้งคือ ก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกเชื้อสาเหตุ 1 สัปดาห์ พร้อมกับการปลูกเชื้อสาเหตุ และหลังจากทำการปลูกเชื้อสาเหตุ 1 สัปดาห์ ผลปรากฏว่าผลผลิตที่ได้มีมากกว่าการทดลองชุดควบคุมที่ทำการปลูกเชื้ออย่างเดียวถึง 600 เปอร์เซ็นต์

Postma *et al.* (2000) ได้ศึกษาบทบาทของจุลินทรีย์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (indigenous microorganisms) ในการยับยั้งโรคโคนเน่ารากเน่าของแตงกวาที่เกิดจากเชื้อ *Pythium aphanidermatum* ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน การทดลองทำโดยใช้วัสดุปลูก rockwool ที่ผ่านการใช้งานมาแล้ว และยังไม่เคยประสบปัญหาเรื่องโรคโคนเน่ารากเน่ามาก่อน นำมาใช้โดยไม่ผ่านการฆ่าเชื้อเปรียบเทียบกับอันที่ผ่านการฆ่าเชื้อ จากนั้นจึงทำการปลูกเชื้อสาเหตุ (*P. aphanidermatum*) ลงไป ผลปรากฏว่า ในต้นแตงกวาที่ปลูกในวัสดุปลูก rockwool ที่ไม่ได้ผ่านการฆ่าเชื้อ อัตราการเกิดโรคจะน้อยกว่าอันที่ผ่านการฆ่าเชื้อ 52-100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุปลูกที่ผ่านการฆ่าเชื้อ และเมื่อนำเอาวัสดุปลูกที่ผ่านการฆ่าเชื้อมาสัมผัสกับวัสดุปลูก rockwool ที่ผ่านการใช้งานมาก่อนเพื่อให้เกิดการ re-colonization พบว่าความสามารถในการยับยั้งโรคโคนเน่ารากเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* กลับมาอีกครั้ง

Grosch *et al.* (2001) ได้ทดลองใช้แบคทีเรียที่แยกได้จากบริเวณรากของต้นมะเขือเทศที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสายพันธุ์ E21, E22, E23, E26 และ E28 มาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมโรคโคนเน่ารากเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* พบว่าทุกไอโซเลท ที่แยกได้จากรากมะเขือเทศนั้นมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อ *P. aphanidermatum* ในสภาพ *in vitro* ในขณะที่ *Bacillus subtillis* สายพันธุ์ที่แยกได้จากดิน (FZB44) ไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเชื้อดังกล่าว อย่างไรก็ตามในการทดสอบในสภาพการปลูกจริงพบว่า *Bacillus subtillis* สายพันธุ์ FZB44 สามารถลดความเสียหายเนื่องจากโรคได้เมื่อเปรียบเทียบกับ rhizosphere bacteria สายพันธุ์ที่แยกจากรากมะเขือเทศที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน สันนิษฐานว่าเป็นผลมาจากการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชอันเนื่องมาจากเชื้อแบคทีเรีย ซึ่งมีส่วนช่วยในการลดการรุนแรงของโรคได้

Garibaldi *et al.*, (2003) ได้ทดลองใช้วิธีการต่างๆ ในการลดปริมาณเชื้อ *Phytophthora cryptogea* สาเหตุโรครากเน่าในเยอร์บีร่าในสารละลายธาตุอาหาร ได้แก่การกรองผ่านทรายแบบช้า (slow sand filtration: SSF) การใช้แสงอุลตร้าไวเลท (UV) การใช้ SSF ร่วมกับราปฏิปักษ์ ได้แก่เชื้อรา *Fusarium* สายพันธุ์ที่ไม่ทำให้เกิดโรค และ *Trichoderma* ผลการทดลองพบว่าการใช้ SSF ร่วมกับเชื้อราปฏิปักษ์ จะสามารถลดการเกิดโรคได้สูงสุด รองลงมาได้แก่ การใช้ SSF แต่เพียงอย่างเดียวซึ่งมีประสิทธิภาพเทียบท่ากับการใช้ UV และต่ำสุดในกรรมวิธีที่ไม่ผ่านขบวนการใดเลย

Koohakan *et al.* (2004) ได้ศึกษาปริมาณจุลินทรีย์ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน พบว่าระบบปลูกแต่ละชนิดมีผลต่อการกำหนดปริมาณ และสัดส่วนของจุลินทรีย์ที่บริเวณเขตรากพืช ผลการศึกษาในกลุ่มของจุลิทรีย์ที่ไม่เฉพาะเจาะจง เช่น general fungi และ aerobic bacteria ในระบบปลูก 4 ชนิด ได้แก่ ระบบปลูกแบบมีวัสดุปลูกที่ใช้อินทรีย์สาร เช่น ขุยมะพร้าวเป็นวัสดุปลูก (coconut fiber culture) ระบบปลูกแบบมีวัสดุปลูกที่ใช้อนินทรียสาร เช่น ใยหินเป็นวัสดุปลูก (rockwool culture) ระบบปลูกแบบ deep flow technique (DFT) และระบบปลูกแบบ nutrient film technique (NFT) พบว่าใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รากของมะเขือเทศที่ปลูกในระบบ coconut fiber culture จะพบเชื้อราในปริมาณที่มากที่สุด คือ 5.1 log cfu/g เมื่อเปรียบเทียบกับรากของมะเขือเทศที่ปลูกในระบบอื่นๆ ในกรณีของ aerobic bacteria จะพบในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติในทุกระบบ (ประมาณ 10 log cfu/g) ยกเว้นในระบบ DFT ที่พบในปริมาณที่น้อยกว่าระบบอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญ ในกลุ่มของจุลินทรีย์ที่เฉพาะเจาะจง เช่น fluorescent Pseudomonads, *Fusarium* และ *Pythium* พบว่า ในรากมะเขือเทศที่ปลูกใน rockwool culture และ NFT จะมีปริมาณ fluorescent Pseudomonads มากกว่าที่ปลูกใน coconut fiber culture และ DFT อย่างมีนัยสำคัญ ในกรณีของ *Fusarium* จะพบปริมาณมากในรากมะเขือเทศที่ปลูกใน NFT และ coconut fiber culture ส่วน *Pythium* พบมากที่สุดในรากมะเขือเทศที่ปลูกในระบบ NFT

Gravel *et al.* (2006) ได้ทดสอบจุลินทรีย์จำนวน 28 สายพันธุ์ ในการต่อต้านเชื้อ *Pythium ultimum* ในบรรดาจุลินทรีย์ดังกล่าว พบว่า *Penicillium brevicompactum, Penicillium solitum, Pseudomonas fluorescens, Pseudomonas marginalis, Pseudomonas putida Pseudomonas syringae* และ *Trichoderma atroviride* มีคุณสมบัติในการลดความรุนแรงของการเกิดโรคได้ดี นอกจากนี้ยังพบว่ายังมีคุณสมบัติในการสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืชด้วย

สำหรับในประเทศไทยได้มีการศึกษาเบื้องต้นโดย พรหมมาศ และอิทธิสุนทร (2548 ก) ถึงประสิทธิภาพของชีวผลิตภัณฑ์ที่มีขายในท้องตลาด ได้แก่ ผลิตภัณฑ์ของ *T. harzianum* และ *B. subtilis* พบว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคได้ในระดับหนึ่ง เฉพาะในกรณีที่มีการเกิดโรคไม่รุนแรงเท่านั้น และการใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะต้องคำนึงถึงรูปแบบและความเข้มข้นด้วย เนื่องจากพบว่า บางผลิตภัณฑ์หากใช้ในอัตราความเข้มข้นที่สูงเกินไปอาจเป็นอันตรายต่อรากพืชได้ เป็นที่น่าสนใจว่ามีการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพของชีวผลิตภัณฑ์กับ rhizobacteria บางไอโซเลท ที่แยกได้จากระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในการควบคุมโรครากเน่าของผักสลัดที่เกิดจากเชื้อ *P. myriotylum* พบว่ามีประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าในผักสลัดบางชนิด เช่น ในพันธุ์ butterhead ที่ทรีตด้วย rhizobacteria ไอโซเลทดังกล่าว จะมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่ากรรมวิธีควบคุม (พรหมมาศ และอิทธิสุนทร, 2548 ข) ผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงศักยภาพและความเป็นไปได้ของการนำเอา rhizobacteria ที่แยกได้จากระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินไปควบคุมโรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* ในระบบปลูกพืชดังกล่าวได้

Martinez *et al.* (2009) ศึกษาผลของระบบปลูกที่มีต่อการแพร่กระจายของเชื้อ *Vetticillium dahliae* และการเกิดโรค Verticillium wilt ในสตรอเบอรี โดยระบบปลูกที่ใช้ในการทดลองมี 3 ระบบด้วยกันคือ ระบบแบบมีวัสดุปลูกที่ไม่มีการหมุนเวียนนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่ (open system) ระบบแบบมีวัสดุปลูกที่หมุนเวียนนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่ (closed system) และระบบแบบมีวัสดุปลูกที่หมุนเวียนนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่โดยผ่าน slow sand filtration (closed system with slow sand filtration) ผลการตรวจเชื้อ *Verticillum* จากสารละลายที่ระบายออก พบว่าจะมีปริมาณน้อยที่สุดในระบบ open system รองลงมาคือระบบ closed system with slow sand filtration และ พบมากที่สุดในระบบ closed system ตามลำดับ โดย slow sand filtration สามารถลดปริมาณเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Verticillium ได้เพียงบางส่วน แต่ไม่สามารถที่จะกำจัดเชื้อดังกล่าวออกจากสารละลายได้อย่างสมบูรณ์ และยังสามารถพบการเกิดโรคได้อยู่เมื่อทำการปลูกเชื้อ *Verticillium* ลงไปในระบบ

Martinez *et al.* (2010) ศึกษาวิธีการกำจัดเชื้อ *Phytophthora cactorum* สาเหตุโรค crown rot ของสตรอเบอรี ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบไม่หมุนเวียน และหมุนเวียนนำสารละลายกลับมาใช้ใหม่ รวมถึงศักยภาพของการใช้ slow sand filtration ในการกำจัดเชื้อดังกล่าว ผลการทดลองพบว่า slow sand filtration สามารถกำจัดเชื้อดังกล่าวออกจากสารละลายได้อย่างสมบูรณ์ โดยไม่พบส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อดังกล่าวเลยในสารลายที่ไหลผ่านออกมาจาก slow sand filtration อย่างไรก็ตามยังอาจพบเชื้อได้อยู่จากสารละลายที่ระบายออกจากวัสดุปลูก

Fujiwara *et al.* (2013) ศึกษาประชากรของจุลินทรีย์เขตรากพืช ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินที่ใช้สารละลายธาตุอาหารแบบที่เรียกว่า multiple parallel mineralization โดยมีจุลินทรีย์ตามธรรมชาติที่ทำหน้าที่สองประการคือ 1) เปลี่ยนสารประกอบอินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหาร ให้เป็นสารประกอบอนินทรีย์ (mineralization) และทำหน้าที่เป็นสารควบคุมโดยชีววิธี (biological control agent) พบว่าระบบดังกล่าวสามารถยับยั้งการเกิดโรคที่เกิดจากเชื้อรา *Fusarium* ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การศึกษาวัสดุที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาไปเป็น biofilter ในสารละลายหมุนเวียน

3.1.1 กรรมวิธี และแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ กรรมวิธีประกอบด้วยวัสดุที่จะพัฒนามาเป็นวัสดุกรอง โดยนำเอาวัสดุกรองต้นแบบจาก slow sand filtration และวัสดุปลูกทั่วไปที่นิยมใช้ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินชนิดต่างๆ ทั้งวัสดุอินทรีย์ และอนินทรีย์ มาศึกษาในระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหาร ดังนี้

Tr 1 ไม่มีวัสดุกรอง (control)
Tr 2 ฟองน้ำ (polyethylene foam)
Tr 3 ทรายหยาบ (coarse sand)
Tr 4 ทรายละเอียด (fine sand)
Tr 5 เพอร์ไลต์ (perlite)
Tr 6 เวอร์มิคูไลต์ (vermiculite)
Tr 7 สแฟกนั่มมอส (sphagnum moss)
Tr 8 ขุยมะพร้าว (coir dust)
Tr 9 แกลบเผา (rice husk charcoal)
Tr 10 พีทมอส (peat moss)
Tr 11 เม็ดดินเผา (expanded clay balls)
Tr 12 เปลือกไม้สับ (chopped bark)

3.1.2 การเตรียมงานทดลอง

1) ระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารระดับงานทดลอง ประกอบไปด้วย ภาชนะที่บรรจุวัสดุกรองปริมาตรความจุไม่ต่ำกว่า 1 ลิตร ภาชนะขนาดความจุไม่ต่ำกว่า 5 ลิตรสำหรับเป็นที่กักเก็บสารละลายธาตุอาหาร (nutrient solution tank) และใช้ในการปลูกพืช (growing bed) ปั๊มน้ำขนาดเล็ก ท่อนำสารละลายและอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อต่อ วาวล์บังคับน้ำ ฯลฯ นำมาประกอบกันเป็นระบบสารละลายหมุนเวียน ให้ไหลผ่านวัสดุกรองอย่างต่อเนื่อง ทำการประกอบระบบดังกล่าวจำนวน 36 ชุด

2) BCA ที่ใช้ได้แก่ ชีวภัณฑ์ *Trichoderma harzianum* ตรวจสอบความมีชีวิตรอดของผลิตภัณฑ์ ก่อนนำไปใช้ในการทดลอง

3) ทำการชะเกลือออกจากวัสดุทดลองบางชนิด เช่น ขุยมะพร้าว แกลบสด เปลือกไม้สับ แกลบเผา โดยการแช่น้ำให้ท่วม เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วเททิ้ง แล้วล้างออกด้วยน้ำสะอาดอย่างน้อย 3 ครั้ง นำไปผึ่งให้แห้งจากนั้นทำการฆ่าเชื้อวัสดุทดลองที่จะนำมาใช้โดยวิธี sterilization ส่วนสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธาตุอาหารที่หมุนเวียนอยู่ในระบบ ให้เตรียมจากน้ำสะอาด เช่น น้ำที่สามารถใช้บริโภคได้ หรือน้ำประปา โดยให้มีค่าความเข้มข้นซึ่งวัดจากค่าการนำไฟฟ้า (electo-conductivity : EC) ประมาณ 1.6 mS/cm และค่าความเป็นกรดด่าง (pH) อยู่ในช่วง 5.5-6.0 โดยเตรียมไว้ทั้งหมดประมาณ 200 ลิตร

3.1.3 วิธีการทดลอง

1) นำวัสดุทดลองที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วแต่ละชนิด มาคลุกเคล้ากับ BCA โดยให้มีอัตราส่วนดังนี้ ผลิตภัณฑ์ *Trichoderma* ให้มีจำนวน BCA ที่มีชีวิต ไม่ต่ำกว่า 10^6 cfu/ปริมาตรวัสดุปลูก 1 ลิตร โดยคำนวณจากสารออกฤทธิ์ที่ระบุไว้ในแต่ละผลิตภัณฑ์ชดเชยกับเปอร์เซ็นต์การมีชีวิตรอดที่ได้ตรวจสอบแล้วในเบื้องต้น

2) นำวัสดุทดลองที่มี BCA จำนวน 1 ลิตรบรรจุใส่ภาชนะกรอง ของระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารของแต่ละชุด เติมสารละลายธาตุอาหารที่ได้เตรียมไว้ในปริมาตรที่เท่ากัน จนครบตามแผนการทดลองที่ได้กำหนดไว้ ปรับอัตราการไหลของสารละลายธาตุอาหารที่ออกจากวัสดุทดลองให้เท่าๆ กัน และให้มีพืชปลูกอยู่ในระบบจำนวน 3 ต้นในแต่ละซ้ำของการทดลอง โดยใช้ผักสลัด butterhead เพื่อจำลองสภาพการปลูกจริง และเป็นตัวบ่งชี้ (indicator) ถึงผลกระทบจากการทดลอง

3.1.4 การเก็บข้อมูลและบันทึกผล

1) ตรวจนับจำนวนประชากรของ BCA ในวัสดุกรอง และในสารละลายธาตุอาหาร ของแต่ละกรรมวิธี เป็นประจำทุกสัปดาห์ จนครบ 6 สัปดาห์ โดยวิธี plate count technique บน selective media เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรของ BCA ในวัสดุกรอง และในสารละลายธาตุอาหาร ตลอดจนตรวจนับจำนวนประชากรของ BCA ในรากพืชที่นำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้หลังสิ้นสุดการทดลอง คำนวณปริมาณจุลินทรีย์และรายงานผลเป็น colony forming unit (cfu)/หน่วย และ transfer เป็นค่า log cfu

2) ข้อมูลทางด้านการเจริญเติบโต โรค หรือหรือความผิดปกติต่างๆ ที่อาจตรวจพบได้จากพืชที่นำมาใช้เป็นตัวบ่งชี้ เป็นประจำทุกสัปดาห์ตลอดการทดลอง

3) คุณสมบัติทางกายภาพ และปริมาณจุลินทรีย์ท้องถิ่นในวัสดุรองรับ ตลอดจนคุณสมบัติของสารละลายธาตุอาหารที่หมุนเวียนอยู่ในระบบ เช่น ค่า pH, EC การละลายตัวของออกซิเจน เป็นต้น

3.2 การศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุกรอง และ BCA ในวัสดุกรอง ในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรค

3.2.1 กรรมวิธี และแผนการทดลอง

กรรมวิธีประกอบด้วยวัสดุทดลองที่จะพัฒนามาเป็นวัสดุกรองที่ได้จากการทดลองในข้อ 3.1 ส่วน control ได้แก่วัสดุกรอง (ทรายหยาบ+ทรายละเอียด) ที่ย่อสวนตามหลักการของ slow sand filtration วางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ ดังนี้

Tr 1 ไม่มีวัสดุกรอง (control)

Tr 2 ฟองน้ำ (polyethylene foam) จากการทดลอง 3.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Tr 3 ทรายหยาบ จากการทดลอง 3.1

Tr 4 ทรายละเอียด จากการทดลอง 3.1

Tr 5 เพอร์ไลต์ (perlite) จากการทดลอง 3.1

Tr 6 เวอร์มิคูไลต์ (vermiculite) จากการทดลอง 3.1

Tr 7 สแฟกนั่มมอส (sphagnum moss) จากการทดลอง 3.1

Tr 8 ขุยมะพร้าว (coir dust) จากการทดลอง 3.1

Tr 9 แกลบเผา (rice husk charcoal) จากการทดลอง 3.1

Tr 10 พีทมอส (peat moss) จากการทดลอง 3.1

Tr 11 เม็ดดินเผา (expanded clay balls) จากการทดลอง 3.1

Tr 12 เปลือกไม้สับ (chopped bark) จากการทดลอง 3.1

3.2.2 การเตรียมงานทดลอง

1) ดัดแปลงระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารระดับงานทดลอง โดยนำเอาระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารออก ให้เหลือแต่ส่วนของภาชนะที่บรรจุวัสดุกรอง และมีภาชนะสำหรับรองรับสารละลายที่ไหลผ่านวัสดุกรอง

2) เตรียม suspension ของส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อโรคที่จะทดสอบ ได้แก่ เชื้อ *Pythium* sp. ที่มีรายงานว่าเป็นสาเหตุโรครา (root disease) ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยใช้ mycelial suspension ให้มีความเข้มข้นไม่ต่ำกว่า 10^4 propagules/ml โดยเตรียมในสารละลายธาตุอาหารที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว จำนวน 18 ลิตร

3.2.3 วิธีการทดลอง

นำ suspension ส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อโรค เทใส่ภาชนะที่บรรจุวัสดุทดลองในแต่ละกรรมวิธีที่กำหนด จำนวน 500 ml ต่อชุดการทดลอง (ซ้ำ) ปิดวาล์วให้ suspension ส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อโรคอยู่ในวัสดุกรองเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงเปิดวาล์วควบคุมการไหลออกของน้ำให้อยู่ในอัตรา 300 l/hr/m^2 ซึ่งเป็นอัตราที่แนะนำของ slow sand filtration นำภาชนะมารองรับสารละลายที่ไหลออกจากวัสดุกรอง เก็บตัวอย่างสารละลายมาตรวจนับจำนวนประชากรของเชื้อโรคบน selective media เมื่อสารละลายไหลออกจากวัสดุกรองหมดให้นำสารละลายที่ได้ไปกรองซ้ำ และเก็บตัวอย่างสารละลายมาตรวจนับอีกเป็นระยะๆ อย่างน้อย 3 ครั้ง

3.2.4 การเก็บข้อมูลและบันทึกผล

ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรของเชื้อโรคในสารละลายธาตุอาหาร ที่ถูกกักเก็บแล้วไหลผ่านวัสดุกรองชนิดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ผลของอัตราการไหลของสารละลายต่อประสิทธิภาพในการกรองของ biofiltration และ slow sand filtration

3.3.1 กรรมวิธี และแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ split plot in CRD จำนวน 3 ซ้ำ กรรมวิธีประกอบด้วย main plot ได้แก่วัสดุทดลองที่จะพัฒนามาเป็นวัสดุกรองที่ได้คัดเลือกจากผลการทดลองในข้อ 13.1 และ 13.2 ที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยเป็นวัสดุอินทรีย์จำนวน 1 ชนิด วัสดุอนินทรีย์ 1 ชนิด และ slow sand filtration ย่อส่วน รวม 3 ชนิด ส่วน sub plot ได้แก่ อัตราการไหลของสารละลาย 3 ระดับ ดังนี้

Main plot:

a) วัสดุกรองอินทรีย์ + BCA (biofiltration 1)

b) วัสดุกรองอนินทรีย์ + BCA (biofiltration 2)

c) slow sand filtration (SSF)

Sub plot:

1) อัตราการไหล 10 เท่าของ SSF

2) อัตราการไหล 20 เท่าของ SSF

3) อัตราการไหล 40 เท่าของ SSF

3.3.2 การเตรียมงานทดลอง

เตรียมงานทดลองเช่นเดียวกับการทดลองในข้อ 3.1.2 โดยใช้ชุดระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารระดับงานทดลอง จำนวน 18 ชุด

3.3.3 วิธีการทดลอง

1) นำวัสดุกรองที่ผ่านการคัดเลือกจากผลการทดลองในข้อ 13.1 และ 13.2 จากนั้นนำวัสดุดังกล่าวมาคลุกเคล้ากับ BCA เช่นเดียวกับข้อ 13.1.3 แล้วบรรจุใส่ภาชนะกรอง ซึ่งต่อไปจะเรียกว่า biofilter นำ biofilter แต่ละชนิด และ SSF ประกอบสู่ระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารของแต่ละชุด เติมสารละลายธาตุอาหารที่ได้เตรียมไว้ในปริมาณที่เท่ากัน และปรับอัตราการไหลของสารละลายธาตุอาหารจนครบตามแผนการทดลองที่ได้กำหนด เปิดระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหาร และตรวจสอบอัตราการไหลให้คงที่ ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง

2) เตรียม suspension ส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อสาเหตุโรคพืช และใส่ลงไปในสารละลายธาตุอาหาร ในอัตราที่เท่าๆ กัน ในทุกกรรมวิธี จากนั้นเก็บตัวอย่างสารละลายธาตุอาหาร มาตรวจนับจำนวนประชากรของเชื้อโรคที่พบในสารละลายธาตุอาหาร เป็นประจำทุกสัปดาห์ จนครบ 4 สัปดาห์

3) ทำการทดลองอีกครั้ง โดยมีพืชปลูกอยู่ในระบบ พืชที่ใช้ในการทดลองได้แก่ ผักสลัด buterhead และ red coral จำนวนอย่างละ 3 ต้นในแต่ละซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.4 การเก็บข้อมูลและบันทึกผล

1) ข้อมูลเชิงปริมาณของเชื้อสาเหตุโรคพืชในสารละลายธาตุอาหาร ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุดการทดลอง คำนวณเป็น cfu/ml แล้ว transfer เป็นค่า log cfu/ml

2) ข้อมูลการเจริญเติบโต และผลผลิตของของพืชทดสอบ วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

3) ข้อมูลการเกิดโรคในพืชทดสอบ ได้แก่อัตราการเกิดโรค และความรุนแรง

3.4 การทดสอบประสิทธิภาพของ biofiltration ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินขนาดเล็ก

3.4.1 กรรมวิธี และแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ split plot in CRD จำนวน 3 ซ้ำ main plot ได้แก่สภาพการปลูกพืช ที่มีการปลูกเชื้อ และไม่มีการปลูกเชื้อสาเหตุโรคพืช sub plot ได้แก่ biofiltration 1, biofiltration 2, slow sand filtration (SSF) และ ไม่มีระบบกรอง (control) ดังนี้

Main plot:

a) ปลูกเชื้อสาเหตุโรคพืช

b) ไม่ปลูกเชื้อสาเหตุโรคพืช

Sub plot:

1) biofiltration 1

2) biofiltration 2

3) SSF

4) ไม่มีระบบกรอง (control)

3.4.2 การเตรียมงานทดลอง

1) ออกแบบ หรือปรับปรุงระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารระดับงานทดลอง จากการทดลองในข้อ 13.1 ให้เป็นระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินขนาดเล็ก ให้สารละลายสามารถหมุนเวียนผ่านระบบกรองได้ในอัตราไม่ต่ำกว่า 900 L/hr/m2 โดยอาจเป็นระบบ solution culture หรือ deep flow technique ที่มีระบบจ่ายสารละลายธาตุอาหารเป็นอิสระต่อกัน จำนวน 24 ชุด โดยแต่ละชุดสามารถปลูกพืชได้ไม่ต่ำกว่า 4 ต้น

2) เตรียม biofiltration และ SSF เช่นเดียวกับการทดลองที่ 13.3

3) เตรียมสารละลายธาตุอาหารสูตรที่ใช้ในการปลูกผักทั่วไป ให้มีค่า EC ประมาณ 1.6 mS/cm2 ค่า pH ประมาณ 5.8 ในปริมาณที่เพียงพอสำหรับใช้ตลอดการทดลอง

4) เตรียมพืชที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ผักสลัด butter head และ red coral อายุประมาณ 2-3 สัปดาห์ที่ปลูกในฟองน้ำ ให้ครบตามจำนวนที่ต้องการ

5) เตรียมเชื้อสาเหตุโรคพืชที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่เชื้อ *Pythium* sp. ที่มีความสามารถในการทำให้เกิดโรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 วิธีการทดลอง

1) ติดตั้งระบบกรองลงในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินขนาดเล็กที่ได้เตรียมไว้ ปรับอัตราการไหลของสารละลายที่ผ่านระบบกรอง ตามอัตราที่ดีที่สุดของระบบกรองแต่ละชนิดตามผลการทดลองที่ได้จากข้อ 13.3 ตรวจสอบอัตราการไหลให้คงที่ เป็นเวลา 2-3 สัปดาห์ ตรวจสอบค่า EC และ pH ทุกสัปดาห์ และปรับให้มีค่าอยู่ในช่วงที่กำหนด ก่อนที่จะทำการย้ายพืชลงระบบปลูก

2) ย้ายพืชทดสอบลงสู่ระบบปลูก

3) ปลูกเชื้อสาเหตุโรคพืชลงในกลุ่มทดลองที่มีการปลูกเชื้อสาเหตุโรคพืช เมื่อพืชทดสอบมีอายุ 4 สัปดาห์

4) ดูแลพืชทดสอบจนกระทั่งถึงอายุเก็บเกี่ยว (ประมาณ 6 สัปดาห์)

3.4.4 การเก็บข้อมูลและบันทึกผล

1) ข้อมูลการเจริญเติบโต และผลผลิตของของพืชทดสอบ วิเคราะห์ความแปรปรวน และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี DMRT

2) ข้อมูลการเกิดโรคในพืชทดสอบ ได้แก่อัตราการเกิดโรค และความรุนแรง

3) ข้อมูลทางด้านสภาพแวดล้อม และคุณสมบัติของสารละลายธาตุอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัย และวิจารณ์ผล

4.1 การศึกษาวัสดุรองรับที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาไปเป็น biofiltration ในสารละลายหมุนเวียน

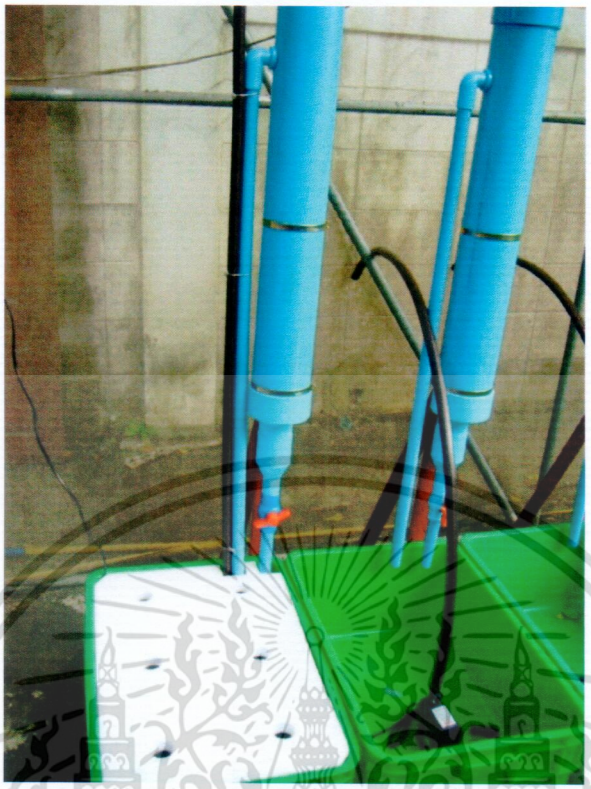
4.1.1 จำนวนประชากรของ *Trichoderma* sp. ในระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหาร ที่มีวัสดุรองรับแต่ละชนิด

1) จำนวนประชากรที่ตรวจพบในวัสดุรองรับ

จากการนำเชื้อปฏิปักษ์ที่มีคุณสมบัติในการควบคุมโรคพืช (biological control agent: BCA) โดยใช้ผลิตภัณฑ์ *Trichoderma harzianum* ชนิดผงหัวเชื้อจำนวน 1 กรัมใส่ลงในวัสดุรองรับแต่ละชนิดได้แก่ ฟองน้ำ ทรายหยาบ ทรายละเอียด เพอร์ไลต์ เวอร์มิคูไลต์ สแฟกนั่มมอส ขุยมะพร้าว แกลบเผา พีทมอส เม็ดดินเผา และเปลือกไม้สับ จำนวนชนิดละ 3 ลิตรบ่มไว้เป็นเวลา 1 สัปดาห์ แล้วนำไปบรรจุในท่อ PVC ขนาด 4 นิ้ว ที่จะพัฒนาไปเป็นระบบกรองสารละลายธาตุอาหารด้วยวิธีการชีวภาพ (biofiltration) โดยติดตั้งในระบบปลูกพืชแบบ solution culture ที่หมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารผ่านระบบกรองฯ (ภาพที่ 1) จากนั้นตรวจนับจำนวนประชากรของ *Trichoderma* sp. ก่อนที่จะย้ายพืชลงระบบปลูก (สัปดาห์ที่ 0) พบจำนวนประชากรของ *Trichoderma* sp. มากที่สุดใน สแฟกนั่มมอส เปลือกไม้สับ และขุยมะพร้าว โดยมีจำนวนที่ตรวจนับได้ 1.1×10^6, 9.8×10^5 และ 8.5×10^5 cfu/g (6.0, 6.0 และ 5.9 log cfu/g) ตามลำดับ ในขณะที่ control (ระบบที่ไม่มีวัสดุรองรับ โดยใส่หัวเชื้อ *T. harzianum* จำนวน 1 กรัมในน้ำประปา 3 ลิตรโดยตรง) พบจำนวนประชากรของ *Trichoderma* sp. ที่ 2.9×10^4 cfu/ml (4.5 log cfu/ml) ส่วนวัสดุรองรับที่มีผลในการคงระดับจำนวนประชากรของ *Trichoderma* sp. ก่อนการใช้งาน ในลำดับที่ดีรองลงมาได้แก่ เวอร์มิคูไลต์ แกลบเผา ฟองน้ำ ทรายละเอียด พีทมอส เม็ดดินเผา และทรายหยาบ ตามลำดับ (ตารางที่ 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



ภาพที่ 1 ต้นแบบระบบกรองสารละลายธาตุอาหารด้วยวิธีการชีวภาพ (biofiltration) ที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

145935

ตารางที่ 1 จำนวนประชากรของรา *Trichoderma* sp. ที่ตรวจพบในวัสดุรองรับในแต่ละสัปดาห์

ชนิดของวัสดุรองรับ	ปริมาณที่ตรวจพบในแต่ละสัปดาห์ (cfu/g หรือ ml, [log cfu/g หรือ ml])						
	มีพืชอยู่ในระบบ					ไม่มีพืช	
	สัปดาห์ที่ 0	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6
T1: Control (ไม่มีวัสดุรองรับ)	2.9×10^4 [4.5]	1.6×10^4 [4.2]	6.7×10^3 [3.8]	6.5×10^3 [3.8]	4.2×10^3 [3.6]	3.5×10^3 [3.5]	2.5×10^3 [3.4]
T2: ฟองน้ำ	9.8×10^4 [5.0]	8.0×10^4 [4.9]	6.8×10^4 [4.8]	5.5×10^4 [4.7]	4.5×10^4 [4.7]	2.1×10^4 [4.3]	1.5×10^4 [4.2]
T3: ทรายหยาบ	3.4×10^4 [4.5]	3.9×10^4 [4.6]	3.2×10^4 [4.5]	2.9×10^4 [4.5]	1.7×10^4 [4.2]	2.0×10^4 [4.3]	1.8×10^4 [4.3]
T4: ทรายละเอียด	8.3×10^4 [4.9]	2.5×10^4 [4.4]	2.2×10^4 [4.3]	2.0×10^4 [4.3]	1.6×10^4 [4.2]	1.4×10^4 [4.1]	1.2×10^4 L4.1]
T5: เพอร์ไลต์	6.9×10^4 [4.8]	5.1×10^4 [4.7]	2.9×10^4 [4.5]	2.4×10^4 [4.4]	2.2×10^4 [4.3]	2.0×10^4 [4.3]	1.8×10^4 [4.3]
T6: เวอร์มิคูไลต์	3.2×10^5 [5.5]	9.3×10^4 [5.0]	7.3×10^4 [4.9]	4.3×10^4 [4.6]	3.9×10^4 [4.6]	3.7×10^4 [4.6]	3.5×10^4 [4.5]
T7: สแฟกนั่มมอส	1.1×10^6 [6.0]	7.9×10^5 [5.9]	1.7×10^5 [5.2]	1.4×10^5 [5.1]	1.3×10^5 [5.1]	1.2×10^5 [5.1]	1.2×10^5 [5.1]
T8: ขุยมะพร้าว	8.5×10^5 [5.9]	7.4×10^5 [5.9]	5.7×10^5 [5.8]	2.7×10^5 [5.4]	1.5×10^5 [5.2]	1.5×10^5 [5.2]	1.4×10^5 [5.2]
T9: แกลบเผา	1.2×10^5 [5.1]	4.1×10^4 [4.6]	3.0×10^4 [4.5]	3.2×10^4 [4.5]	2.8×10^4 [4.4]	2.7×10^4 [4.4]	2.3×10^4 [4.4]
T10: พีทมอส	7.0×10^4 [4.8]	5.6×10^4 [4.7]	4.5×10^4 [4.6]	4.1×10^4 [4.6]	3.9×10^4 [4.6]	4.3×10^4 [4.6]	4.0×10^4 [4.6]
T11: เม็ดดินเผา	4.0×10^4 [4.6]	8.3×10^3 [3.9]	6.3×10^3 [3.8]	6.3×10^3 [3.8]	6.2×10^3 [3.8]	1.0×10^4 [4.0]	8.3×10^3 [3.9]
T12: เปลือกไม้สับ	9.8×10^5 [6.0]	7.4×10^5 [5.9]	1.4×10^5 [5.1]	1.2×10^5 [5.1]	6.4×10^4 [4.8]	6.0×10^4 [4.8]	7.7×10^4 [4.9]

ภายหลังจากที่ได้ติดตั้งระบบกรองฯ ลงในระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหาร แล้วทำการปลูกพืชลงในระบบเพื่อเป็นดัชนีชี้วัดผลกระทบที่มีต่อพืช จากนั้นได้ทำการติดตามการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรของ *Trichoderma* sp. ในระบบกรองฯ เป็นประจำทุกสัปดาห์ พบว่าจำนวนประชากรของ *Trichoderma* sp. มีจำนวนที่ลดลงโดยเฉพาะในกรรมวิธีควบคุมที่ปราศจากวัสดุรองรับ แต่ในกรรมวิธีที่มีวัสดุรองรับการลดลงของจำนวนประชากรจะช้ากว่า ทั้งนี้ปริมาณ *Trichoderma* sp. ที่ตรวจพบได้มากที่สุด 3 อันดับแรก หลังจากที่ใช้งานไปแล้วเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ได้แก่กรรมวิธีที่มีขุยมะพร้าว สแฟกนั่มมอส และเปลือกไม้สับเป็นวัสดุรองรับ โดยพบในปริมาณเท่ากับ 1.5×10^5, 1.3×10^5 และ 6.4×10^4 cfu/g (5.2,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1 และ 4.8 log cfu/g) ตามลำดับ ในขณะที่ control พบในปริมาณ $4.2x10^3$ cfu/ml (3.6 log cfu/ml) และภายหลังที่ทำการเก็บเกี่ยวผลผลิตไปแล้ว และยังทำการตรวจนับปริมาณของ *Trichoderma* sp. ต่ออีกเป็นเวลา 2 สัปดาห์ (ไม่มีพืชอยู่ในระบบ) ยังคงพบปริมาณของ *Trichoderma* sp. ในกรรมวิธีที่มีวัสดุกรอง ขุยมะพร้าว สแฟกนั่มมอส และเปลือกไม้สับ สูงที่สุดอยู่คือ $1.4x10^5$, $1.2x10^5$ และ $7.7x10^4$ cfu/g (5.2, 5.1 และ 4.9 log cfu/g) ตามลำดับ (ตารางที่ 1) แสดงให้เห็นว่าวัสดุรองรับต่างๆ สามารถคงระดับจำนวนประชากรของ *Trichoderma* sp. ให้คงอยู่ในระบบไว้ได้เป็นอย่างดี และน่าจะมีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้เป็นวัสดุกรองชีวภาพ (bio-filter) ของ biofiltration สำหรับใช้ในระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารของระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ซึ่งในการทดลองนี้พบว่าขุยมะพร้าว สแฟกนั่มมอส และเปลือกไม้สับ เป็นวัสดุรองรับที่สามารถคงระดับจำนวนประชากรของ *Trichoderma* sp. ให้คงอยู่ในระบบไว้ได้มากที่สุดเทียบกับวัสดุรองรับชนิดอื่นๆ

2) จำนวนประชากรที่ตรวจพบในสารละลายธาตุอาหาร

จากการติดตามปริมาณประชากรของ *Trichoderma* sp. ในสารละลายธาตุอาหารที่หมุนเวียนอยู่ในระบบพบว่าจำนวนประชากรของ *Trichoderma* sp. ในชุดทดลองควบคุม (control) ที่ปราศจากวัสดุรองรับจะมีปริมาณ *Trichoderma* sp. น้อยที่สุด นอกจากนี้ยังมีแนวโน้มว่าปริมาณจะลดลงอย่างรวดเร็วกว่าระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารที่มีวัสดุรองรับ โดยพบในปริมาณ 630 cfu/ml (2.8 log cfu/ml) ในสัปดาห์ที่ 1 และเหลือเพียง 25 cfu/ml (1.4 log cfu/ml) ในสัปดาห์ที่ 6 สำหรับจำนวนประชากรของ *Trichoderma* sp. ในสารละลายธาตุอาหารที่ตรวจพบมากที่สุด ยังคงได้มาจากสารละลายธาตุอาหารที่มีติดตั้งระบบกรองฯ โดยมีเปลือกไม้สับ สแฟกนั่มมอส และขุยมะพร้าวเป็นวัสดุรองรับ สอดคล้องกับผลการทดลองที่ 4.1.1 (1) โดยตรวจพบได้ในปริมาณ 3300, 3000 และ2700 cfu/g (3.5, 3.5 และ 3.4 log cfu/g), ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 จำนวนประชากรของรา *Trichoderma* sp. ที่ตรวจพบในถังสารละลายธาตุอาหาร

ชนิดของวัสดุรองรับ	ปริมาณที่ตรวจพบในแต่ละสัปดาห์ (cfu/g หรือ ml, [log cfu/g หรือ ml])					
	มีพืชอยู่ในระบบ				ไม่มีพืช	
	สัปดาห์ที่ 1	สัปดาห์ที่ 2	สัปดาห์ที่ 3	สัปดาห์ที่ 4	สัปดาห์ที่ 5	สัปดาห์ที่ 6
T1: Control	$6.3x10^2$	$5.8x10^2$	$3.3x10^2$	$3.3x10^1$	$2.5x10^1$	$2.5x10^1$
(ไม่มีวัสดุรองรับ)	[2.8]	[2.8]	[2.5]	[1.5]	[1.4]	[1.4]
T2: ฟองน้ำ	$1.0x10^3$	$6.7x10^2$	$6.5x10^2$	$1.5x10^2$	$1.2x10^2$	$1.0x10^2$
	[3.0]	[2.8]	[2.8]	[2.2]	[2.1]	[2.0]
T3: ทรายหยาบ	$9.2x10^2$	$7.6X10^2$	$6.3x10^2$	$1.0x10^2$	$8.3x10^1$	$6.7x10^1$
	[3.0]	[2.9]	[2.8]	[2.0]	[1.9]	[1.8]
T4: ทรายละเอียด	$1.1x10^3$	$6.8x10^2$	$6.8x10^2$	$1.7x10^2$	$1.5x10^2$	$1.3x10^2$
	[3.0]	[2.8]	[2.8]	[2.2]	[2.2]	[2.1]
T5: เพอร์ไลต์	$9.8x10^2$	$7.8x10^2$	$7.3x10^2$	$2.2x10^2$	$2.0x10^2$	$1.8x10^2$
	[3.0]	[2.9]	[2.9]	[2.3]	[2.3]	[2.3]
T6: เวอร์มิคูไลต์	$1.0x10^3$	$8.2x10^2$	$7.5x10^2$	$1.5x10^2$	$1.5x10^2$	$1.3x10^2$
	[3.0]	[2.9]	[2.9]	[2.2]	[2.2]	[2.1]
T7: สแฟกนั่มมอส	$3.0x10^3$	$2.6x10^3$	$2.6x10^3$	$2.6x10^3$	$7.8x10^2$	$7.2x10^2$
	[3.5]	[3.4]	[3.4]	[3.4]	[2.9]	[2.9]
T8: ขุยมะพร้าว	2.7×10^3	$1.6x10^3$	$1.4x10^3$	$2.0x10^2$	$1.8x10^2$	$1.8x10^2$
	[3.4]	[3.2]	[3.1]	[2.3]	[2.3]	[2.3]
T9: แกลบเผา	$9.5x10^2$	$7.5x10^2$	$6.3x10^2$	$6.7x10^1$	$6.8x10^1$	$5.0x10^1$
	[3.0]	[2.9]	[2.8]	[1.8]	[1.8]	[1.7]
T10: พีทมอส	$1.3x10^3$	$7.3x10^2$	$7.0x10^2$	$1.2x10^2$	$8.3x10^1$	$8.3x10^1$
	[3.1]	[2.9]	[2.8]	[2.1]	[1.9]	[1.9]
T11: เม็ดดินเผา	$6.2x10^2$	$5.0x10^1$	$5.0x10^1$	$5.0x10^1$	$5.0x10^1$	$5.0x10^1$
	[2.8]	[1.7]	[1.7]	[1.7]	[1.7]	[1.7]
T12: เปลือกไม้สับ	$3.3x10^3$	$2.7x10^3$	$2.5x10^3$	$2.2x10^3$	$2.2x10^3$	$2.2x10^3$
	[3.5]	[3.4]	[3.4]	[3.3]	[3.3]	[3.3]

3) จำนวนประชากรในรากพืชที่เป็นตัวชี้วัด

จากการศึกษาจำนวนประชากรของ *Trichoderma* sp. ที่ครอบครองรากพืช ที่ปลูกในระบบ solution culture หมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารผ่านระบบกรองฯ พบการเข้าครองครองของ *Trichoderma* sp. บริเวณรากพืช โดยมีแนวโน้มว่าพืชที่ปลูกในระบบที่หมุนเวียนสารละลายผ่านระบบกรองฯ ที่มีวัสดุรองรับจะมีการเข้าครอบ มากกว่าระบบที่ไม่มีวัสดุรองรับ โดยพบจำนวนมากที่สุดในระบบที่มีเปลือกไม้สับ สแฟกนั่มมอส และเวอร์มิคูไลต์ เป็นวัสดุรองรับ ในปริมาณเท่ากับ $2.8x10^5$, $1.1x10^5$ และ $7.9x10^4$ cfu/g (5.5, 5.0 และ 4.9 log cfu/), ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3 ปริมาณจุลินทรีย์ที่ครอบครองรากพืชของผักสลัดที่ปลูกในระบบ solution culture ผ่าน biofiltration ที่มีวัสดุรองรับชนิดต่างๆ

ติดตั้งระบบกรองฯ ที่มีวัสดุรองรับชนิดต่างๆ	ปริมาณ *Trichoderma* sp. ที่ครอบครองรากพืช	
	cfu/g	log cfu/g
T1: Control (ไม่มีวัสดุรองรับ)	$2.5x10^4$	4.4
T2: ฟองน้ำ	$4.6x10^4$	4.7
T3: ทรายหยาบ	$3.2x10^4$	4.5
T4: ทรายละเอียด	$3.2x10^4$	4.5
T5: เพอร์ไลต์	$3.7x10^4$	4.6
T6: เวอร์มิคูไลต์	$7.9x10^4$	4.9
T7: สแฟกนั่มมอส	$1.1x10^5$	5.0
T8: ขุยมะพร้าว	$3.1x10^4$	4.5
T9: แกลบเผา	$2.8x10^4$	4.4
T10: พีทมอส	$3.4x10^4$	4.5
T11: เม็ดดินเผา	$1.3x10^4$	4.1
T12: เปลือกไม้สับ	$2.8x10^5$	5.5

4.1.2 ผลกระทบต่อพืชที่เป็นตัวชี้วัด

1) การเจริญเติบโต และผลผลิต

จากการศึกษาผลกระทบที่มีต่อพืชพบว่า biofiltration ที่ติดตั้งเข้าไปในระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหาร ของระบบปลูกแบบ solution culture ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบทางลบต่อพืชแต่อย่างไร (ภาพที่2) ทั้งนี้พบว่า ผักสลัดที่ปลูกในระบบผ่าน biofiltration ที่มีวัสดุรองรับ จะมีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า control (ไม่มีวัสดุรองรับ) ทั้งในด้านจำนวนใบ ขนาดทรงพุ่ม และน้ำหนักสด (ตารางที่ 4-6) ซึ่งจะพบความแตกต่างกันทางสถิติในสัปดาห์ท้ายๆ ของการทดลอง สะท้อนให้เห็นว่าเป็นผลมาจากการคงอยู่ของจำนวนประชากรของ *Trichoderma* sp. ในระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารที่ผ่าน biofiltration ที่มีวัสดุรองรับ ซึ่งมีมากกว่า control (ตารางที่ 1 และ 2) และส่งผลให้ส่วนใหญ่มีการเข้าครอบครองที่รากพืชได้มากกว่าด้วย (ตารางที่ 3) เนื่องจาก *Trichoderma* sp. จัดเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ต่อพืช โดยการเป็นปฏิปักษ์กับเชื้อสาเหตุโรคพืช และสนับสนุนการเจริญเติบโตของพืช จึงส่งผลให้มีการเจริญเติบโตที่ดีขึ้น และในระบบผ่าน biofiltration ที่มีวัสดุรองรับ จะช่วยคงประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์ ให้มากขึ้น ซึ่งในการทดลองนี้พบว่าน้ำหนักสดของผักสลัดในกรรมวิธีที่มีสแฟกนั่มมอส เปลือกไม้สับ ขุยมะพร้าว แกลบเผา เพอร์ไลต์ และ พีทมอส เป็นวัสดุรองรับ จัดอยู่ในกลุ่มที่ดีที่สุด แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับ control โดยน้ำหนักสดที่ดีที่สุดสองอันดับแรกได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรรมวิธีที่มี สแฟกนั่มมอส และเปลือกไม้สับ เป็นวัสดุรองรับ โดยมีค่าเท่ากับ 95.1 และ 94.8 กรัม/ต้น, ตามลำดับ แตกต่างกันทางสถิติกับ control (ไม่มีวัสดุรองรับ) ที่มีค่าเท่ากับ 61.5 กรัม/ต้น (ตารางที่ 6)

ภาพที่ 2 ผักสลัดบัตเตอร์เฮดที่ปลูกใน solution culture ติดตั้งระบบกรองชีวภาพต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4 จำนวนใบของผักสลัดที่ปลูกในระบบ solution culture ผ่าน biofiltration ที่มีวัสดุรองรับชนิดต่างๆ

ชนิดของวัสดุรองรับใน biofiltration	จำนวนใบของผักสลัดที่ระยะเวลาต่างๆ (สัปดาห์)					
	wk0 (ย้ายกล้า)	wk1	wk2	wk3	wk4 (เก็บเกี่ยว)	ที่เพิ่มขึ้น[1/]
T1: Control (ไม่มีวัสดุรองรับ)	9.9	13.8	18.6	22.3^{c}	28.4^{b}	18.5^{b}
T2: ฟองน้ำ	9.3	13.0	18.5	25.9^{abc}	31.2^{ab}	21.9^{ab}
T3: ทรายหยาบ	9.5	12.1	17.8	24.2^{bc}	30.3^{ab}	20.8^{ab}
T4: ทรายละเอียด	9.9	14.4	17.8	25.6^{abc}	27.9^{b}	18.0^{b}
T5: เพอร์ไลต์	8.6	13.5	17.2	24.8^{abc}	30.8^{ab}	22.1^{ab}
T6: เวอร์มิคูไลต์	9.5	13.0	19.7	24.3^{abc}	31.5^{ab}	22.0^{ab}
T7: สแฟกนั่มมอส	9.4	13.6	19.3	28.7^{a}	32.4^{a}	23.0^{a}
T8: ขุยมะพร้าว	8.8	13.3	18.2	27.0^{ab}	29.3^{ab}	20.6^{ab}
T9: แกลบเผา	9.5	13.2	18.0	24.9^{abc}	31.5^{ab}	22.0^{ab}
T10: พีทมอส	9.3	13.2	18.8	27.3^{ab}	30.1^{ab}	20.7^{ab}
T11: เม็ดดินเผา	9.2	13.9	18.9	24.2^{bc}	28.7^{ab}	19.5^{ab}
T12: เปลือกไม้สับ	9.7	13.7	18.8	25.7^{abc}	31.7^{ab}	22.0^{ab}
ผลวิเคราะห์ทางสถิติ[2/]	NS	NS	NS	**	**	**
P value	0.9624	1.9648	0.6643	0.0032	0.0047	0.007

[1/] จำนวนใบที่เพิ่มในสัปดาห์สุดท้าย (สัปดาห์ที่เก็บเกี่ยว-สัปดาห์ที่ย้ายกล้า)

[2/] ผลวิเคราะห์ทางสถิติ NS=ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05), *=แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05), **=แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P≤0.01); ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P=0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 ขนาดทรงพุ่มของผักสลัดที่ปลูกในระบบ solution culture ผ่าน biofiltration ที่มีวัสดุกรองชนิดต่างๆ

ชนิดของวัสดุกรอง	ขนาดทรงพุ่ม (ซม.) ของผักสลัดที่ระยะเวลาต่างๆ (สัปดาห์ที่)					
	0 (ย้ายกล้า)	1	2	3	4 (เก็บเกี่ยว)	ที่เพิ่มขึ้น[1/]
T1: Control (ไม่มีวัสดุรองรับ)	16.9	21.3	22.8	24.5	25.3^{ab}	8.4
T2: ฟองน้ำ	16.2	20.6	23.9	24.1	26.0^{ab}	9.8
T3: ทรายหยาบ	16.2	21.0	23.7	25.6	26.3^{ab}	10.1
T4: ทรายละเอียด	16.4	22.0	23.4	25.3	26.4^{ab}	10.0
T5: เพอร์ไลต์	15.8	20.9	24.3	26.0	26.9^{ab}	11.1
T6: เวอร์มิคูไลต์	17.3	21.4	23.9	25.3	24.7^{b}	7.4
T7: สแฟกนั่มมอส	15.8	21.4	25.1	26.8	28.8^{a}	13.0
T8: ขุยมะพร้าว	16.7	21.9	24.4	25.7	26.6^{ab}	9.9
T9: แกลบเผา	15.5	21.0	22.7	24.0	26.0^{ab}	10.5
T10: พีทมอส	15.9	20.9	24.1	24.7	26.1^{ab}	10.2
T11: เม็ดดินเผา	15.1	21.3	22.8	24.2	25.8^{ab}	10.7
T12: เปลือกไม้สับ	16.4	21.5	23.9	26.1	28.2^{ab}	11.8
ผลวิเคราะห์ทางสถิติ[2/]	NS	NS	NS	NS	*	NS
P value	0.8064	0.8151	0.6924	0.5305	0.0282	0.07

[1/]ขนาดทรงพุ่มที่เพิ่มในสัปดาห์สุดท้าย (สัปดาห์ที่เก็บเกี่ยว-สัปดาห์ที่ย้ายกล้า)

[2/]ผลวิเคราะห์ทางสถิติ NS=ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05), *=แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05), **=แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P≤0.01); ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P=0.05)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6 น้ำหนักสดของผักสลัดที่ปลูกในระบบ solution culture ผ่าน biofiltration ที่มีวัสดุกรองชนิดต่างๆ

ชนิดของวัสดุกรอง	น้ำหนักเฉลี่ยต่อต้น (กรัม)		
	นน. สดราก	นน. สด ลำต้น	นน. สด รวม
T1: Control (ไม่มีวัสดุรองรับ)	7.1^{b}	54.5^{f}	61.5^{e}
T2: ฟองน้ำ	11.5^{a}	67.3^{de}	78.8^{cd}
T3: ทรายหยาบ	10.5^{a}	71.2^{bcde}	81.7^{bcd}
T4: ทรายละเอียด	9.5a^{b}	68.8^{cde}	78.3^{cd}
T5: เพอร์ไลต์	12.2^{a}	75.6^{abcd}	87.8^{abc}
T6: เวอร์มิคูไลต์	10.9^{a}	66.9^{de}	77.8^{cd}
T7: สแฟกนั่มมอส	10.5^{a}	84.7^{a}	95.1^{a}
T8: ขุยมะพร้าว	10.5^{a}	79.5^{ab}	90.0^{ab}
T9: แกลบเผา	9.7^{ab}	78.4^{abc}	88.2^{abc}
T10: พีทมอส	10.5^{a}	76.2^{abcd}	86.7^{abc}
T11: เม็ดดินเผา	9.5a^{b}	63.9^{ef}	73.5^{d}
T12: เปลือกไม้สับ	11.7^{a}	83.1^{a}	94.8^{a}
ผลวิเคราะห์ทางสถิติ[1/]	**	**	**
P value	<0.001	<0.001	<0.001

[1/]ผลวิเคราะห์ทางสถิติ NS=ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05), *=แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤0.05), **=แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ (P≤0.01); ค่าเฉลี่ยที่ตามหลังด้วยตัวอักษรที่ต่างกัน มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P=0.05)

2) ความผิดปกติที่พบ

ตลอดการทดลองในรอบปลูกนี้ ไม่พบความผิดปกติของพืชแต่อย่างไร

4.1.3 คุณสมบัติของวัสดุรองรับ

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้า (Electric conductivity: EC), ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) และเปอร์เซ็นต์การอุ้มน้ำของวัสดุรองรับแต่ละชนิดที่จะนำไปพัฒนาเป็นวัสดุกรองชีวภาพ (bio-filter) ทั้งก่อนการใช้งานและหลังการใช้งาน ซึ่งในส่วนของคุณสมบัติก่อนการใช้งานพบว่าวัสดุรองรับเกือบทุกชนิดมีความสามารถในการอุ้มน้ำได้ดี (% การอุ้มน้ำ>30) ยกเว้นเม็ดดินเผา ละเปลือกไม้สับ ที่มีค่าการอุ้มน้ำประมาณ 7% โดยมีวัสดุรองรับที่มีคุณสมบัติเป็นกลาง ได้แก่ เวอร์มิคูไลต์ (pH=7.1); กลุ่มที่มีความเป็นกรดอ่อนๆ ได้แก่ สแฟกนั่มมอส พีทมอส เปลือกไม้สับ และขุยมะพร้าว โดยมีค่า pH ประมาณ 5.9-6.3; กลุ่มที่มีความเป็นด่างอ่อน ได้แก่ ฟองน้ำ ทรายหยาบ เพอร์ไลต์ และทรายละเอียด; โดยมีค่าประมาณ 8.3-8.4; และกลุ่มที่ค่อนข้างเป็นด่างได้แก่ แกลบเผา และเม็ดดินเผา โดยมีค่า pH 9.0 และ 10.7 ตามลำดับ ส่วนค่าการนำไฟฟ้าพบว่า ขุยมะพร้าวมีค่าการนำไฟฟ้าค่อนข้างสูง คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.67 ms/cm ดังนั้นก่อนนำมาใช้อาจต้องมีการชะเกลือออกจากวัสดุเสียก่อน ในส่วนของคุณสมบัติภายหลังการใช้งานพบว่าการอุ้มน้ำของวัสดุรองรับเกือบทุกชนิดไม่ค่อยเปลี่ยนแปลงยกเว้น แกลบเผาที่มี % การอุ้มน้ำเพิ่มขึ้นอย่างมาก ในส่วนของค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยตามคุณสมบัติของสารละลายธาตุอาหาร ส่วนค่า EC พบว่า เพอร์ไลต์ มีค่า EC หลังใช้งานสูงสุด (3.83 ms/cm) แสดงให้เห็นว่าอาจมีการสะสมของเกลือในวัสดุปลูก เมื่อเปรียบเทียบกับฟองน้ำ ทรายหยาบ และทรายละเอียด ที่มีค่า EC หลังใช้งานค่อนข้างต่ำ (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 7 คุณสมบัติของวัสดุรองรับแต่ละชนิด

ชนิดวัสดุรองรับ	ก่อนใช้งาน			หลังใช้งาน		
	ค่า EC	ค่า pH	% การอุ้มน้ำ[1/]	ค่า EC	ค่า pH	% การอุ้มน้ำ[1/]
T1: Control (ไม่มีวัสดุรองรับ)	0.08	7.0		0.08	7.0	
T2: ฟองน้ำ	0.47	8.3	36.3	0.67	8.2	36.4
T3: ทรายหยาบ	0.32	8.3	32.7	0.76	8.4	28.6
T4 ทรายละเอียด	0.11	8.4	35.1	0.62	8.4	33.2
T5: เพอร์ไลต์	0.64	8.3	32.4	3.83	7.5	24.9
T6: เวอร์มิคูไลต์	0.14	7.1	32.1	1.53	8.3	29.2
T7: สแฟกนั่มมอส	1.67	5.9	51.0	1.70	7.3	26.7
T8: ขุยมะพร้าว	3.67	6.3	47.7	2.70	6.9	45.8
T9: แกลบเผา	0.85	9.0	33.8	2.62	7.9	66.5
T10: พีทมอส	1.67	6.2	38.0	2.76	7.3	42.1
T11: เม็ดดินเผา	0.82	10.7	7.0	2.31	8.4	11.8
T12: เปลือกไม้สับ	0.34	6.2	7.4	1.95	6.7	21.7

[1/] คำนวณจากน้ำหนักของน้ำที่ถูกดูดซับอยู่ในวัสดุรองรับปริมาตร 100 ml

4.1.4 จำนวนประชากรจุลินทรีย์ท้องถิ่นที่อยู่ในวัสดุรองรับ

จากการศึกษาจำนวนประชากรของจุลินทรีย์ท้องถิ่น พบว่าวัสดุรองรับแต่ละชนิดมีปริมาณจุลินทรีย์ท้องถิ่นที่แตกต่างกัน ในส่วนของเชื้อราพบมากใน ขุยมะพร้าว เปลือกไม้สับ และพีทมอส ในปริมาณ 6.3, 6.1 และ 6.0 log cfu/g, ตามลำดับ ซึ่งเป็นวัสดุรองรับประเภทอินทรีย์สาร (organic material) ในขณะที่วัสดุรองรับประเภทอนินทรีย์สารหรือที่ผ่านกระบวนการแล้ว เช่น เพอร์ไลต์ ฟองน้ำ ทรายละเอียด และแกลบเผา มีปริมาณเชื้อราค่อนข้างน้อย โดยพบในปริมาณ 1.5, 1.9, 1.9 และ 2.0 log cfu/g, ตามลำดับ ในส่วนของแบคทีเรียพบมากในเปลือกไม้สับ พีทมอส และสแฟกนั่มมอส ในปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.6, 6.4 และ 5.8 cfu/g, ตามลำดับ แต่พบน้อยในแกลบเผา เพอร์ไลต์ และฟองน้ำ ในปริมาณ 2.4, 2.9 และ 3.8 log cfu/g, ตามลำดับ (ตารางที่ 8)

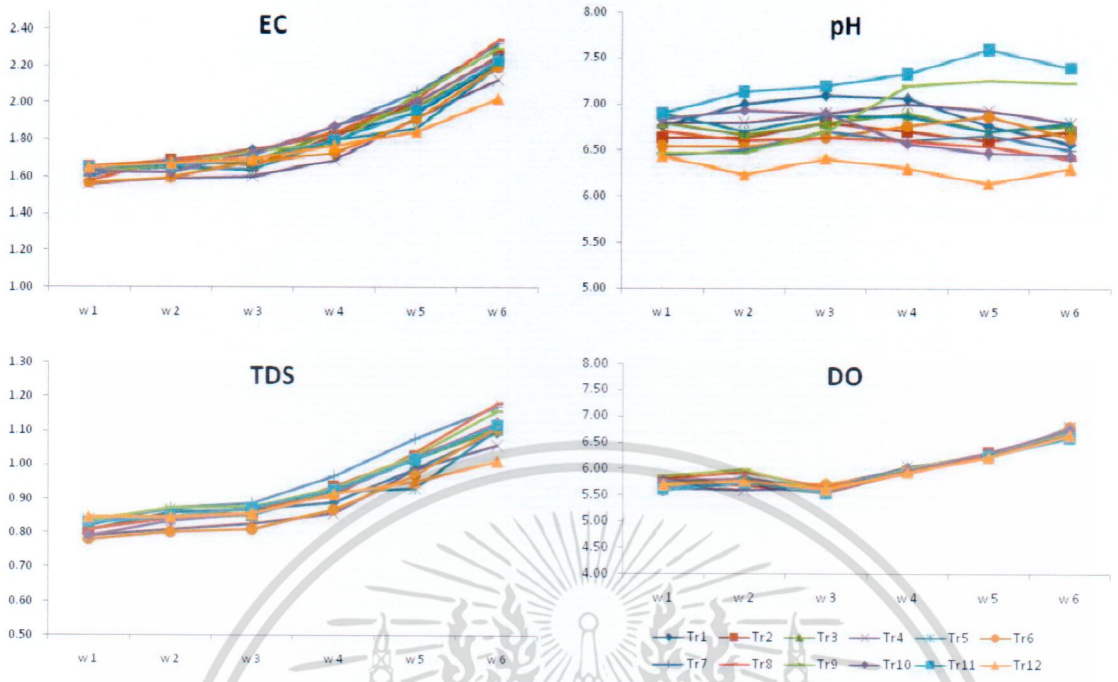
ตารางที่ 8 จำนวนประชากรจุลินทรีย์ท้องถิ่นที่ตรวจพบในวัสดุรองรับแต่ละชนิด

ชนิดวัสดุรองรับ	จำนวนประชากรจุลินทรีย์ท้องถิ่น (log cfu/ml)	
	เชื้อรา	แบคทีเรีย
T1: Control (ไม่มีวัสดุรองรับ)	ND	ND
T2: ฟองน้ำ	1.9	3.8
T3: ทรายหยาบ	>2.0	> 5.0
T4 ทรายละเอียด	1.9	4.9
T5: เพอร์ไลต์	1.5	2.9
T6: เวอร์มิคูไลต์	5.6	5.7
T7: สแฟกนั่มมอส	4.6	5.8
T8: ขุยมะพร้าว	6.3	5.0
T9: แกลบเผา	2.0	2.4
T10: พีทมอส	6.0	6.4
T11: เม็ดดินเผา	> 2.00	> 5.0
T12: เปลือกไม้สับ	6.1	6.6

4.1.5 คุณสมบัติของสารละลายธาตุอาหารที่หมุนเวียนอยู่ในระบบ

จากการตรวจวัดคุณสมบัติของสารละลายธาตุอาหาร ได้แก่ค่าการนำไฟฟ้า (Electric Conductivity: EC) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำ (Total Dissolved Solid :TDS) TDS, และ ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (Dissolved Oxygen : DO) ในแต่ละสัปดาห์ เป็นเวลา 6 สัปดาห์ (w1-w6) พบว่าทุกกรรมวิธีไม่ค่อยมีความแตกต่างกันมากนัก ยกเว้นในส่วนของค่า pH ซึ่งพบว่าสารละลายที่ไหลผ่านระบบกรองฯ ที่มีเม็ดดินเผา (Tr11) กับแกลบเผา (Tr9) เป็นวัสดุรองรับจะมีความเป็นด่างมากกว่ากรรมวิธีอื่นๆ ส่วนสารละลายที่ไหลผ่านระบบกรองฯ ที่มีเปลือกไม้สับเป็นวัสดุรองรับ (Tr12) จะมีความเป็นกรดมากกว่ากรรมวิธีอื่น (ภาพที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3 ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณ ของแข็งที่ละลายในน้ำ (TDS) และปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) ของสารละลายธาตุอาหารในแต่ละสัปดาห์ (w1-w6)
Tr1=Control, Tr2=ฟองน้ำ, Tr3=ทรายหยาบ, Tr4=ทรายละเอียด,Tr5=เพอร์ไลต์ , Tr6: เวอร์มิคูไลต์, Tr7= สแฟกนั่มมอส, Tr8=ขุยมะพร้าว, Tr9=แกลบเผา, Tr10=พีทมอส, Tr11=เม็ดดินเผา, Tr12= เปลือกไม้สับ

จากการศึกษาวัสดุรองรับที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาไปเป็น biofiltration ในสารละลายหมุนเวียน หากพิจารณาในเรื่องของการรักษาระดับของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ไว้ในระบบ พบว่าวัสดุรองรับต่างๆ สามารถที่จะคงระดับจำนวนประชากรของ *Trichoderma* sp. ให้อยู่ในระบบได้เป็นอย่างดี โดยพบในปริมาณที่มากในวัสดุดังกล่าว รวมไปถึงในสารละลายธาตุอาหาร และต่อเนื่องไปถึงบริเวณรากพืชที่ใช้เป็นตัวดัชนีชี้วัด ส่งผลให้พืชที่ปลูกในระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารที่ผ่าน biofiltration ต้นแบบที่มีวัสดุรองรับชนิดต่างๆ มีการเจริญเติบโตที่ดีกว่า control ซึ่งในการทดลองนี้พบว่าวัสดุรองรับประเภทอินทรีย์สาร เช่น สแฟกนั่มมอส เปลือกไม้สับ และขุยมะพร้าว สามารถรักษาระดับจำนวนประชากรของ *Trichoderma* sp. ไว้ได้มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุอนินทรีย์หรือวัสดุที่ผ่านกระบวนการ อย่างไรก็ตามในการพิจารณาคัดเลือกวัสดุรองรับที่จะพัฒนาไปเป็น biofiltration ยังต้องพิจาณาในด้านอื่นๆ ประกอบด้วย เช่นการปลดปล่อยจุลินทรียปฏิปักษ์ไปยังสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งหากเปรียบเทียบวัสดุรองรับทั้งสามชนิดที่กล่าวมาแล้ว พบว่าขุยมะพร้าวแม้จะมีปริมาณ *Trichoderma* sp. สูง แต่การปลดปล่อยออกสู่สารละลายจะมีปริมาณที่น้อยกว่า สแฟกนั่มมอส และเปลือกไม้สับ ในแง่ของสารละลายที่ไหลผ่านวัสดุรองรับพบว่าที่ไหลผ่านเปลือกไม้สับมีค่า pH เปลี่ยนแปลงค่อนข้างมากกว่า สแฟกนั่มมอส เป็นต้น ในส่วนของจุลินทรีย์ท้องถิ่นพบว่าทั้งขุยมะพร้าว และเปลือกไม้สับมีปริมาณจุลินทรีย์ท้องถิ่นที่มากกว่า ซึ่งอาจจะมีผลต่อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ใน biofiltration ได้ สำหรับในการทดลองนี้

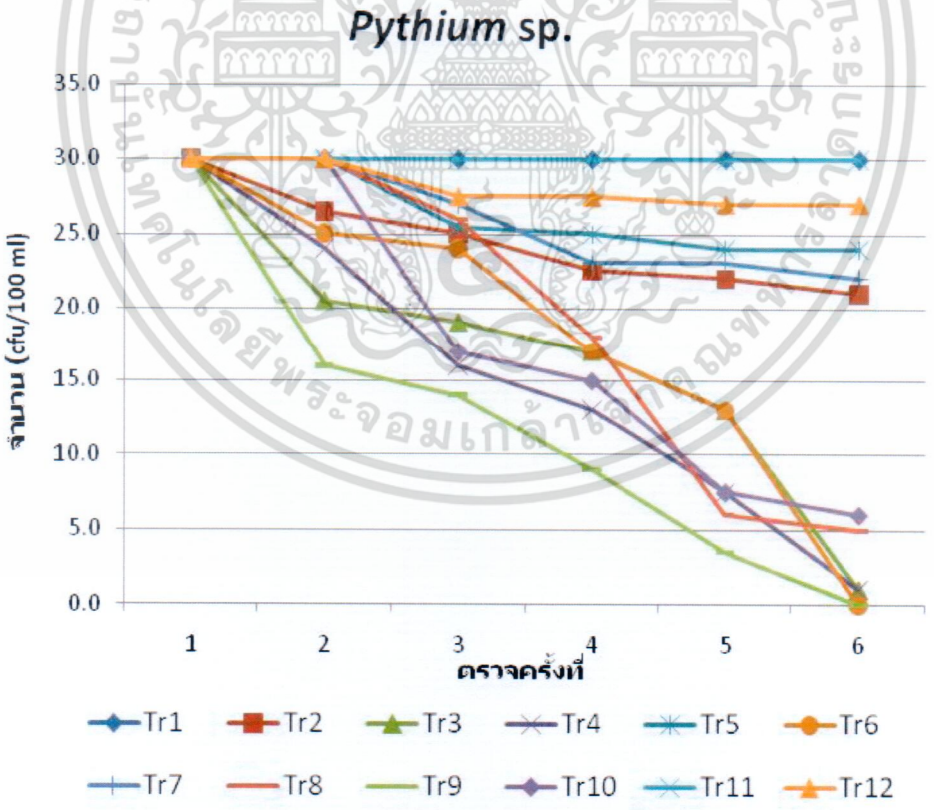
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อาจได้ข้อสรุปในเบื้องต้นว่า ในกลุ่มของวัสดุอินทรีย์ สแฟกนั่มมอส เป็นตัวเลือกหนึ่งที่จะพัฒนาไปเป็น biofiltration ในสารละลายหมุนเวียนของระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเนื่องจากสามารถรักษาระดับจำนวนของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ไว้ในระบบได้ดี และมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ค่อนข้างน้อย

4.2 การศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุกรอง และ BCA ในวัสดุกรอง ในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรค

4.2.1 ประสิทธิภาพของวัสดุกรองในการยับยังเชื้อ *Pythium* sp.

การศึกษาประสิทธิภาพของวัสดุกรองในการยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. สาเหตุโรคโคนเน่ารากเน่า โดยการนำ mycelial suspension ของเชื้อดังกล่าวความเข้มข้น 10^4 propagule/ml จำนวน 500 ml เทใส่ biofiltration ต้นแบบที่มีวัสดุรองรับชนิดต่างๆ จากการทดลองที่ 4.1 ซึ่งต่อไปนี้จะเรียกว่าเป็นวัสดุกรองชีวภาพ (bio-filter) ตาม function การทำงาน จากนั้นปิดวาล์วให้ suspension ส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อโรคอยู่ในวัสดุกรองเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงเปิดวาล์วควบคุมการไหลออกของน้ำให้อยู่ในอัตรา 300 l/hr/m^2 ซึ่งเป็นอัตราที่แนะนำของ slow sand filtration นำภาชนะมารองรับสารละลายที่ไหลออกจากวัสดุกรอง เก็บตัวอย่างสารละลายมาตรวจนับจำนวนประชากรของเชื้อ *Pythium* sp. ด้วยวิธี baiting technique เมื่อสารละลายไหลออกจากวัสดุกรองหมดให้นำสารละลายที่ได้ไปกรองซ้ำ และเก็บตัวอย่างสารละลายมาตรวจนับอีกเป็นระยะๆ ได้ผลดังแสดงไว้ในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ประสิทธิภาพของ biofiltration ที่มีวัสดุกรองชนิดต่างๆ ในการลดปริมาณเชื้อ *Pythium* sp.

Tr1=ไม่มีวัสดุกรองเ, Tr2=ฟองน้ำ, Tr3=ทรายหยาบ, Tr4=ทรายละเอียด,Tr5=เพอร์ไลต์ , Tr6: เวอร์มิคูไลต์, Tr7=สแฟกนั่มมอส, Tr8=ขุยมะพร้าว, Tr9=แกลบเผา, Tr10=พีทมอส, Tr11=เม็ดดินเผา, Tr12= เปลือกไม้สับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองพบว่า biofiltration ที่มีวัสดุกรองทุกชนิดยกเว้น Tr11 ที่มีเม็ดดินเผาเป็นวัสดุกรองสามารถลดปริมาณเชื้อ *Pyhtium* sp. ได้เมื่อสารละลายผ่านระบบกรองในแต่ละรอบ โดยจะมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อได้แตกต่างกัน กล่าวคือในกลุ่มที่มีประสิทธิภาพสูงได้แก่ Tr9, Tr4, Tr3, Tr10, Tr6 และ Tr8 ที่มีแกลบเผา ทรายละเอียด ทรายหยาบ พีทมอส เวอร์มิคูไลต์ และขุยมะพร้าว เป็นวัสดุกรอง ตามลำดับ โดยสามารถลดปริมาณเชื้อ *Pythium* sp. จากจำนวน 30 cfu/100 ml มาเหลือ 0-5 cfu/100 ml หลังจากที่ผ่านระบบกรองไปแล้ว 5 รอบ คิดเป็นประสิทธิภาพในการลดเชื้อได้ 83-100% อีกกลุ่มได้แก่ Tr2, Tr7, Tr5 และ Tr12 ที่มีฟองน้ำ สแฟกนั่มมอส เพอร์ไลต์ และเปลือกไม้สับ เป็นวัสดุกรอง ตามลำดับ โดยสามารถลดปริมาณเชื้อ *Pythium* sp. จากจำนวน 30 cfu/100 ml มาเหลือ 21-27 cfu/100 ml หลังจากที่ผ่านระบบกรองไปแล้ว 5 รอบ คิดเป็นประสิทธิภาพในการลดเชื้อได้ 10-30% (ภาพที่ 4)

4.2.2 ประสิทธิภาพของ BCA ในวัสดุกรอง ในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรค

การศึกษาประสิทธิภาพของ BCA ในวัสดุกรอง โดยการแยกเชื้อ *Trichoderma* sp. ออกจากวัสดุกรองใน biofiltration ที่ผ่านการใช้งานแล้ว มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าโดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม พบว่าเชื้อ *Trichoderma* sp. ที่ใส่ลงไปในวัสดุกรองยังคงมีประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรคพืชได้ดี โดยมีการยับยั้งอยู่ในช่วง 36-40% เช่นเดียวกับ *T. harzianum* ที่แยกใหม่จากชีวผลิตภัณฑ์ (ตารางที่ 9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 ประสิทธิภาพของ *Trichoderma* sp. ที่แยกซ้ำจากวัสดุกรองในการควบคุมเชื้อ *Pythium* sp.

กรรมวิธี	เปอร์เซ็นต์การยับยั้ง[1/]
Tr1 =*T. harzianum* แยกใหม่จากชีวผลิตภัณฑ์ (control)	38.0
Tr2 =*Trichoderma* sp. แยกจากฟองน้ำ	38.0
Tr3 =*Trichoderma* sp. แยกจากทรายหยาบ	36.7
Tr4 =*Trichoderma* sp. แยกจากทรายละเอียด	38.0
Tr5 =*Trichoderma* sp. แยกจากเพอร์ไลต์	40.0
Tr6 =*Trichoderma* sp. แยกจากเวอร์มิคูไลต์	37.8
Tr7 =*Trichoderma* sp. แยกจากสแฟกนั่ม	38.4
Tr8 =*Trichoderma* sp. แยกจากขุยมะพร้าว	38.0
Tr9 =*Trichoderma* sp. แยกจากแกลบเผา	37.1
Tr10=*Trichoderma* sp. แยกจากพีทมอส	37.6
Tr11=*Trichoderma* sp. แยกจากเม็ดดินเผา	36.4
Tr12=*Trichoderma* sp. แยกจากเปลือกไม้สับ	38.2

[1/]คำนวณเป็นเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (Growth inhibition: GI) ตามสูตร GI= $(R_1 - R_2/ R_1) \times 100$ R_1 =ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อ *Pythium* sp. ในจานอาหารควบคุม (control)R_2 = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อ *Pythium* sp. ในจานอาหารทดสอบ

จากการศึกษาประสิทธิภาพของ biofiltration ในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรค พบว่ากลุ่มของวัสดุกรองที่สามารถลดปริมาณเชื้อ *Pythium* sp. ได้ดี ได้แก่ แกลบเผา ทรายละเอียด ทรายหยาบ พีทมอส เวอร์มิคูไลต์ และขุยมะพร้าว ตามลำดับ ในขณะที่ ฟองน้ำ สแฟกนัมมอส เพอร์ไลต์ และเปลือกไม้สับ มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อได้น้อยกว่า แสดงให้เห็นว่าการเลือกวัสดุกรองที่เหมาะสมในการพัฒนาไปเป็น bio filtration ให้มีประสิทธิภาพนั้น ต้องอาศัยลักษณะทางกายภาพของวัสดุกรองร่วมด้วย ในกลุ่มแรก จะเป็นวัสดุที่มีลักษณะที่เป็นเนื้อละเอียด ขนาดอนุภาคเล็ก ความพรุนต่ำ มีช่องว่างระหว่างอนุภาคของวัสดุแคบ จึงอาจดักกักส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อได้ดี ในขณะที่กลุ่มหลังมีลักษณะที่เป็นเนื้อหยาบ ขนาดอนุภาคใหญ่ ความพรุนสูง ทำให้มีช่องว่างระหว่างอนุภาคของวัสดุกว้าง จึงอาจไม่สามารถดักกักส่วนขยายพันธุ์ของเชื้อไว้ได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มแรก นอกจากนี้การที่ช่องว่างระหว่างอนุภาคมีขนาดเล็กกว่ายังทำให้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่ครอบครองอยู่ที่ผิววัสดุกรอง สามารถสัมผัสกับเชื้อสาเหตุโรคได้ง่ายและเร็วขึ้น สำหรับในการทดลองนี้อาจได้ข้อสรุปในเบื้องต้นว่า ในกลุ่มของวัสดุอนินทรีย์หรือที่ผ่านกระบวนการแล้ว แกลบเผา เป็นตัวเลือกหนึ่งที่จะพัฒนาไปเป็น biofiltration ในสารละลายหมุนเวียนของระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเนื่องจากมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อโรคในสารละลายได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลของอัตราการไหลของสารละลายต่อประสิทธิภาพในการกรองของ biofiltration และ slow sand filtration

ในการทดลองนี้จะเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ biofiltration จากการทดลองที่ 4.1 และ 4.2 กับระบบกรองผ่านทรายแบบช้า (slow sand filtration) โดยวางแผนการทดลองแบบ split plot in CRD จำนวน 3 ซ้ำ กรรมวิธีประกอบด้วย main plot ได้แก่วัสดุกรองชีวภาพที่ใช้แกลบเผาเป็นวัสดุรองรับ (biofiltration1); วัสดุกรองชีวภาพที่ใช้สแฟกนั่มมอสเป็นวัสดุรองรับ (biofiltrationr2); และ slow sand filtration (SSF) ส่วน sub plot ได้แก่ อัตราการไหลของสารละลาย 3 ระดับ โดยอ้างอิงจากอัตราการไหลประมาณ 300L/hr /m^2 ซึ่งเป็นอัตราไหลมาตรฐานของ SSF ดังนี้

Main plot:	*Sub plot:*
a) แกลบเผา+ BCA (biofiltration 1)	1) อัตราการไหล 10 เท่าของ SSF (0.5L/min)
b) สแฟกนั่มมอส + BCA (biofiltration 2)	2) อัตราการไหล 20 เท่าของ SSF (1.0L/min)
c) slow sand filtration (SSF)	3) อัตราการไหล 40 เท่าของ SSF (2.0L/min)

อัตราไหลที่ใช้ในการทดลอง : ด้วยกระบอกกรองของ biofiltration มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 11 cm คิดเป็นพื้นที่หน้าตัด = πr^2 (22/7 x 5.5 x 5.5) = 95.1 cm^2 หรือประมาณ 100 cm^2

จากอัตราการไหลของ SSF ที่ 300L/hr /m^2 = 300L/60min/10000cm^2

ถ้าคิดที่พื้นที่หน้าตัด 100 cm^2 = 3L/60min/100cm^2

ดังนั้นอัตราการไหลตามมาตรฐานของ SSF จึง = 0.05L/min/กระบอกกรอง

- อัตราการไหล 10 เท่าของ SSF = 0.5L/min
- อัตราการไหล 20 เท่าของ SSF = 1.0L/min
- อัตราการไหล 40 เท่าของ SSF = 2.0L/min

4.3.1 ผลของอัตราการไหลในการลดโรคโคนเน่ารากเน่า

ดำเนินการทดลองโดยนำ biofilration1, biofltration2 และ SSF ประกอบสู่ระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารของแต่ละชุด เติมสารละลายธาตุอาหารที่ได้เตรียมไว้ในปริมาณที่เท่ากัน และปรับอัตราการไหลของสารละลายธาตุอาหารจนครบตามแผนการทดลองที่ได้กำหนด เปิดระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหาร และตรวจสอบอัตราการไหลให้คงที่ ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง จากนั้นทำการย้ายพืชลงสู่ระบบปลูก แล้วปลูกเชื้อสาเหตุโรคโดยใช้ mycelial suspension ของเชื้อ *Pythium* sp. ใส่ลงไปในสารละลายธาตุอาหาร ในอัตราที่เท่าๆ กัน ในทุกกรรมวิธี วัดอัตราการเกิดโรคและความรุนแรงของโรค ได้ผลดังนี้

1) การทดสอบในผักสลัดบัตเตอร์เฮต

จากการตรวจสอบความรุนแรงของการเกิดโรคโคนเน่ารากเน่าของผักสลัดบัตเตอร์เฮตภายหลังการปลูกเชื้อ *Pythium* sp. สาเหตุโรค พบการเกิดโรคในทุกกรรมวิธีที่ทำการปลูกเชื้อ (ตารางที่ 10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยมีอัตราการเกิดโรคและความรุนแรงแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับระยะเวลาหลังการปลูกเชื้อ และกรรมวิธีที่ใช้ในการทดสอบ โดยที่ระยะเวลา 7 หลังการปลูกเชื้อพบว่ามีอัตราการเกิดโรคอยู่ในช่วง 0.0-88.9% และมีความรุนแรง 0.0-52.8% หลังจากนั้นที่ 28 วันหลังการปลูกเชื้อพบว่ามีอัตราการเกิดโรคและความรุนแรงเพิ่มขึ้นเป็น 44.5-100% และ 16.7-100% ตามลำดับ การทดสอบผลของอัตราการไหลต่อการเกิดโรคโคนเน่ารากเน่าพบว่า ใน biofiltration 1 ที่อัตราการไหล 0.5 L/min ส่งผลให้อัตราการเกิดโรคและความรุนแรงน้อยกว่าที่อัตราไหล 1.0 แล 2.0 L/min และส่งผลต่อเนื่องไปจนถึงวันที่ 28 หลังการปลูกเชื้อ โดยมีอัตราการเกิดโรคและความรุนแรงเท่ากับ 55.6 และ 19.4% ที่ 7 วันหลังการปลูกเชื้อ; และ 88.9 และ 61.1% ที่ 28 วันหลังการปลูกเชื้อ ตามลำดับ แต่ใน biofiltration 2 กลับพบว่าที่อัตราการไหล 2 L/min ทำให้อัตราการเกิดและความรุนแรงน้อยกว่าที่อัตราการไหล 0.5 และ 1.0 L/min จนถึงวันที่ 28 หลังการปลูกเชื้อ โดยมีอัตราการเกิดโรคและความรุนแรงเท่ากับ 0.0 และ 0.0% ที่ 7 วันหลังการปลูกเชื้อ; และ 44.5 และ 16.7% ที่ 28 วันหลังการปลูกเชื้อ ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าที่น้อยที่สุดของการทดลองนี้ ในส่วนของ SSF ก็พบว่าที่อัตราการไหลต่ำมีแนวโน้มที่จะทำให้อัตราการเกิดโรค และความรุนแรงของการเกิดโรคน้อยกว่าที่อัตราการไหลสูง ในการเปรียบเทียบการกรองในแต่ละระบบในทุกอัตราการไหลพบว่า biofiltration 2 ที่มีสแฟกนั่มมอส + Trichoderma เป็นวัสดุกรองมีผลในการลดโรคได้มากที่สุด รองลงมาได้แก่ biofiltration 1 ที่มีแกลบเผา + Trichoderma เป็นวัสดุกรอง และ SSF ซึ่งเป็นระบบกรองผ่านทรายแบบช้าๆ โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราการเกิดโรคที่ 28 วันหลังการปลูกเชื้อเท่ากับ 81.5, 96.3 และ 100% และมีค่าเฉลี่ยความรุนแรงของโรคเท่ากับ 58.4, 85.2 และ 90.7% ตามลำดับ (ตารางที่ 10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 10 อัตราการเกิดโรคและความรุนแรงของผักสลัดบัตเตอร์เฮต ในสารละลายหมุนเวียนที่ผ่านการกรอง ที่อัตราการไหลต่างๆ

การกรอง	อัตราการไหล	อัตราการเกิดโรค (Disease incidence) ที่เวลาต่างๆ หลังการปลูกเชื้อ (%)			
		7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
Biofitration1	0.5 ลิตร/นาที	55.6	88.9	88.9	88.9
(แกลบเผา)	1.0 ลิตร/นาที	66.7	100.0	100.0	100.0
	2.0 ลิตร/นาที	66.7	100.0	100.0	100.0
ค่าเฉลี่ย Biofiltration1					***96.3***
Biofitration2	0.5 ลิตร/นาที	66.7	88.9	100.0	100.0
(สแฟกนั่มมอส)	1.0 ลิตร/นาที	55.6	66.7	88.9	100.0
	2.0 ลิตร/นาที	0.0	11.1	11.1	44.5
ค่าเฉลี่ย Biofiltration 2					***81.5***
SSF	0.5 ลิตร/นาที	66.7	100.0	100.0	100.0
(ทราย)	1.0 ลิตร/นาที	66.7	100.0	100.0	100.0
	2.0 ลิตร/นาที	88.9	100.0	100.0	100.0
ค่าเฉลี่ย Slow sand filtration					***100.0***
การกรอง	อัตราการไหล	ความรุนแรงของโรค (Disease severity) ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังการปลูกเชื้อ (%)			
		7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
Biofitration1	0.5 ลิตร/นาที	19.4	44.5	61.1	61.1
(แกลบเผา)	1.0 ลิตร/นาที	36.1	91.7	97.2	97.2
	2.0 ลิตร/นาที	44.4	63.9	88.9	97.2
ค่าเฉลี่ย Biofiltration1					***85.2***
Biofitration2	0.5 ลิตร/นาที	47.2	63.9	80.6	80.6
(สแฟกนั่มมอส)	1.0 ลิตร/นาที	36.1	41.7	66.7	77.8
	2.0 ลิตร/นาที	0.0	11.1	11.1	16.7
ค่าเฉลี่ย Biofiltration 2					***58.4***
SSF	0.5 ลิตร/นาที	47.2	66.7	77.8	77.8
	1.0 ลิตร/นาที	38.9	72.2	88.9	100.0
(ทราย)	2.0 ลิตร/นาที	52.8	91.7	91.7	94.4
ค่าเฉลี่ย Slow sand filtration					***90.7***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การทดสอบในผักสลัดเรดโครอล

การทดสอบในผักสลัดเรดโครอลให้ผลไปในทำนองเดียวกันกับผักสลัดบัตเตอร์เฮดกล่าวคือ ใน biofiltration 1 ที่อัตราการไหลต่ำมีแนวโน้มว่าจะส่งผลให้อัตราการเกิดโรคและความรุนแรงน้อยกว่าที่อัตราการไหลสูง โดยใน 7 วัน และ 28 วันหลังการปลูกเชื้อมีอัตราการเกิดโรคต่ำสุดที่อัตราไหล 1 L/min และ 0.5 L/min เท่ากับ 55.6 แล 77.8% ตามลำดับ และมีความรุนแรงของโรคต่ำสุดที่อัตราไหล 0.5 L/minเท่ากับ 38.9 และ 61.1% ตามลำดับ ส่วนใน biofiltration 2 ก็พบว่าที่อัตราการไหลที่สูงส่งผลให้อัตราการเกิดโรคและความรุนแรงน้อยกว่าที่อัตราการไหลต่ำ โดยใน 7 วัน และ 28 วันหลังการปลูกเชื้อมีอัตราการเกิดโรคต่ำสุดที่อัตราไหล 2 L/min เท่ากับ 0.0 แล 11.1% ตามลำดับ และมีความรุนแรงของโรคต่ำสุดเช่นกัน ในการเปรียบเทียบระบบกรองก็พบว่า biofiltration 2 มีมีผลในการลดโรคได้มากที่สุด รองลงมาได้แก่ biofiltration 1 และ SSF โดยมีค่าเฉลี่ยอัตราการเกิดโรคที่ 28 วันหลังการปลูกเชื้อเท่ากับ 70.4, 88.9 และ 100% และมีค่าเฉลี่ยความรุนแรงของโรคเท่ากับ 61.1, 79.6 และ 94.4% ตามลำดับ (ตารางที่ 11)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 11 อัตราการเกิดโรคและความรุนแรงของผักสลัดเรดโครอลในสารละลายหมุนเวียนที่ผ่านการกรอง ที่อัตราการไหลต่างๆ

การกรอง	อัตราการไหล	อัตราการเกิดโรค (Disease incidence) ที่เวลาต่างๆ หลังการปลูกเชื้อ (%)			
		7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
Biofitration1	0.5 ลิตร/นาที	66.7	77.8	77.8	77.8
(แกลบเผา)	1.0 ลิตร/นาที	55.6	88.9	88.9	100.0
	2.0 ลิตร/นาที	88.9	88.9	88.9	88.9
ค่าเฉลี่ย Biofiltration 1					***88.9***
Biofitration2	0.5 ลิตร/นาที	66.7	77.8	100.0	100.0
(สแฟกนั่มมอส)	1.0 ลิตร/นาที	66.7	77.8	88.9	100.0
	2.0 ลิตร/นาที	0.0	11.1	11.1	11.1
ค่าเฉลี่ย Biofiltration 2					***70.4***
SSF	0.5 ลิตร/นาที	55.5	66.7	100.0	100.0
(ทราย)	1.0 ลิตร/นาที	77.8	100.0	100.0	100.0
	2.0 ลิตร/นาที	88.9	88.9	100.0	100.0
ค่าเฉลี่ย Slow sand filtration					***100.0***
การกรอง	อัตราการไหล	ความรุนแรงของโรค (Disease severity) ที่ระยะเวลาต่างๆ หลังการปลูกเชื้อ (%)			
		7 วัน	14 วัน	21 วัน	28 วัน
Biofitration1	0.5 ลิตร/นาที	38.9	50.0	61.1	61.1
(แกลบเผา)	1.0 ลิตร/นาที	44.5	83.3	88.9	88.9
	2.0 ลิตร/นาที	50.0	83.3	83.3	88.9
ค่าเฉลี่ย Biofiltration 1					***79.6***
Biofitration2	0.5 ลิตร/นาที	41.6	77.8	77.8	86.1
(สแฟกนั่มมอส)	1.0 ลิตร/นาที	25.0	61.1	63.9	86.1
	2.0 ลิตร/นาที	0.0	11.1	11.1	11.1
ค่าเฉลี่ย Biofiltration 2					***61.1***
SSF	0.5 ลิตร/นาที	27.8	61.1	83.3	83.3
(ทราย)	1.0 ลิตร/นาที	58.4	83.3	97.2	100.0
	2.0 ลิตร/นาที	77.8	94.4	100.0	100.0
ค่าเฉลี่ย Slow sand filtration					***94.4***

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ผลของอัตราการไหลต่อปริมาณเชื้อ *Pythium* ที่ตรวจพบในระบบ

จากการตรวจนับปริมาณเชื้อ *Pythium* ในวัสดุกรองพบว่าปริมาณเชื้อลดลงตามระยะเวลาที่ผ่านการกรอง โดยใน biofiltration 1 จะมีปริมาณลดลงอยู่ในช่วง 0.7-0.8 log cfu/g หรือประมาณ 7-8 เท่าของจำนวนเริ่มต้น รองลงมาได้แก่ใน SSF ที่มีปริมาณลดลงในช่วง 0.3-0.4 log cfu/g และ ใน biofiltration 2 ที่มีปริมาณลดลง 0.2-0.3 log cuu/g ทั้งนี้ในส่วนของอัตราการไหลพบว่า ใน biofiltration 1 และ SSF ที่อัตราการไหลน้อย (0.5-1.0 L/min) จะมีผลในการลดปริมาณเชื้อได้ดี ในขณะที่ biofiltration 2 ที่อัตราการไหลมาก (2 L/min) จะสามารถลดปริมาณเชื้อได้ดีกว่าที่อัตราการไหลน้อย (ตารางที่ 11) นอกจากนี้ยังพบว่า ปริมาณเชื้อ *Pythium* sp. ที่ลดลงตามอัตราการไหลนี้ ยังสอดคล้องกับการลดลงของโรคโคนเน่ารากเน่าที่ได้รายงานไว้ในหัวข้อที่ 4.3.1 แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าใน biofiltration 1 ที่มีการลดลงของเชื้อ *Pythium* sp. ในวัสดุกรองที่มากกว่าใน biofiltration 2 แต่ยังมีอัตราการเกิดโรคและความรุนแรงที่สูงกว่าใน biofiltration 2 แสดงว่ายังมีปัจจัยอื่นที่มีผลต่อการเกิดโรคด้วย เช่น การแพร่กระจายของเชื้อสาเหตุโรคและ BCA ในวัสดุกรองไปสู่รากพืช โดยจะพบว่าปริมาณเชื้อ *Pythium* sp. ที่ตรวจพบในรากพืชที่ปลูกในระบบที่ใช้ biofiltration 1 ทั้งในสลัดบัตเตอร์เฮต (BH) และเรดโครอล (RC) มีอยู่ค่อนข้างสูง เมื่อเปรียบเทียบกับในระบบที่มี biofiltration 2 (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ปริมาณเชื้อ *Pythium* sp. ที่ตรวจพบในวัสดุกรอง และในรากพืชหลังจากทำการปลูกเชื้อลงในระบบ

การกรอง	อัตราการไหล	ปริมาณเชื้อ *Pythium* sp. ที่ตรวจพบในวัสดุกรอง[1/] (log cfu/g)					จำนวนที่ลดลง (log cfu)	ในราก[2/] (log cfu/g)	
		0 wk	1 wk	2 wk	3 wk	4 wk		BH	RC
Biofitration1 (แกลบเผา)	0.5 ลิตร/นาที	2.8	2.7	2.3	2.0	2.0	0.8	2.4	>2.8
	1.0 ลิตร/นาที	2.7	2.4	2.1	2.0	1.9	0.8	>3.0	>3.1
	2.0 ลิตร/นาที	2.8	2.4	2.2	2.1	2.1	0.7	>3.0	>3.1
Biofitration2 (สแฟกนั่มมอส)	0.5 ลิตร/นาที	2.7	2.6	2.6	2.6	2.5	0.2	>3.0	>3.1
	1.0 ลิตร/นาที	2.7	2.6	2.6	2.6	2.5	0.2	>3.0	>3.1
	2.0 ลิตร/นาที	2.8	2.7	2.6	2.5	2.5	0.3	2.3	2.0
SSF (ทราย)	0.5 ลิตร/นาที	2.8	2.7	2.5	2.4	2.4	0.4	2.5	1.8
	1.0 ลิตร/นาที	2.8	2.7	2.6	2.5	2.4	0.4	>3.0	>3.1
	2.0 ลิตร/นาที	2.8	2.7	2.6	2.6	2.5	0.3	>3.0	>3.1

[1/] ปริมาณที่ตรวจพบหลังจากปลูกเชื้อเป็นระยะเวลาต่างๆ โดยที่ 0wk=24 ชั่วโมงหลังการปลูกเชื้อ; 1wk, 2wk, 3wk และ 4wk =1,2,3 และ 4 สัปดาห์หลังการปลูกเชื้อ ตามลำดับ

[2/] ตรวจในวันเก็บเกี่ยว ทั้งนี้หากในซ้ำใดที่มีพืชตายจะแทนค่าด้วยปริมาณที่พบมากที่สุดที่ตรวจพบได้มาใช้ในการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.3 ผลของอัตราการไหลต่อปริมาณ *Trichodrma* sp. ที่ตรวจพบในระบบ

จากการตรวจปริมาณ *Trichoderma* sp. ในวัสดุกรองของ biofiltration 1 และ biofiltration 2 พบเชื้อดังกล่าวตลอดระยะเวลาที่ทำการทดลอง ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 0-6 ในปริมาณ 3.7-4.1 และ 4.9-5.1 log cfu/g ใน biofiltration 1 และ 2 ที่มีแกลบเผา และสแฟกนั่มมอสเป็นวัสดุกรองตามลำดับ (ตารางที่ 12)ผลดังกล่าวเป็นเครื่องยืนยันถึงประสิทธิภาพของวัสดุกรองที่ทำหน้าที่เป็นวัสดุรองรับให้แก่ BCA ได้เป็นอย่างดี และสนับสนุนให้ BCA ทำหน้าที่ในการลดการเกิดโรคในระบบกรองแบบชีวภาพได้ดีกว่าระบบกรองทราย (SSF) ตามปกติ และเมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของ *Trichoderma* sp. ที่ตรวจได้จากวัสดุกรองพบปริมาณเฉลี่ยใน biofiltration 2 เท่ากับ 5.0 log cfu/g ซึ่งมากกว่าใน biofiltration 1 ที่พบในปริมาณเฉลี่ย 3.8-3.9 log cfu/g จึงอาจมีส่วนให้การลดการเกิดโรคใน biofiltration 2 ได้มากกว่า

ตารางที่ 13 ปริมาณเชื้อ *Trichoderma* sp. ที่ตรวจพบในวัสดุกรองในแต่ละสัปดาห์

การกรอง	อัตราการไหล	ปริมาณที่ตรวจพบในวัสดุกรองในแต่ละสัปดาห์ (log cfu/g)[1/]							
		0 wk	1 wk	2 wk	3 wk	4 wk	5 wk	6 wk	เฉลี่ย
Biofitration1	0.5 ลิตร/นาที	4.0	4.0	3.9	3.9	3.9	3.8	4.0	3.9
(แกลบเผา)	1.0 ลิตร/นาที	4.0	3.9	3.8	3.8	3.8	3.7	4.0	3.8
	2.0 ลิตร/นาที	4.1	4.0	3.9	3.9	3.7	3.7	4.1	3.9
Biofitration2	0.5 ลิตร/นาที	5.0	5.0	5.0	5.0	4.9	4.9	5.0	5.0
(สแฟกนั่มมอส)	1.0 ลิตร/นาที	5.0	5.0	5.0	5.0	4.9	4.9	5.0	5.0
	2.0 ลิตร/นาที	5.1	5.1	5.0	5.0	5.0	4.9	5.1	5.0
SSF	0.5 ลิตร/นาที								
(ทราย)	1.0 ลิตร/นาที	ไม่ได้ตรวจเช็ค เนื่องจากไม่ได้ใส่ Trichoderma เข้าไปในระบบ							
	2.0 ลิตร/นาที								

[1/] ปริมาณที่ตรวจพบในวัสดุกรองที่ระยะเวลาต่างๆ โดยที่ 0wk=ก่อนติดตั้งลงระบบ; 1wk, 2wk, 3wk... และ 6wk =1,2,3... และ 6 สัปดาห์หลังติดตั้งลงระบบ

4.4 การทดสอบประสิทธิภาพของ biofiltration ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินขนาดเล็ก

การทดลองนี้วางแผนการทดสอบแบบ split plot in CRD โดย main plot ได้แก่สภาพการปลูกพืช ที่มีการปลูกเชื้อสาเหตุโรคพืช และที่ไม่มีการปลูกเชื้อสาเหตุโรคพืช sub plot ได้แก่ biofiltration 1 (Bio-F1: แกลบเผา+Trichoderma), biofiltration 2 (Bio-F2: สแฟกนั่มมอส+Trichoderma), slow sand filtration (SSF) และ ไม่มีระบบกรอง (control) และเพิ่ม biofiltration อีกระบบคือ biofiltration 3 (Bio-F3: ทรายละเอียด+Trichodrma) มาทดสอบเพิ่มด้วย เพื่อเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของ biofiltration ต่อการเจริญเติบโตของพืช หรือลดการเกิดโรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1 ประสิทธิภาพของ biofiltration ต่อการเจริญเติบโตของพืชทดสอบ

1) การทดสอบครั้งที่ 1 (crop 1) ทำการทดลองในผักสลัดบัตเตอร์เฮตและเรดโครอล ได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 14 และ 15

ตารางที่ 14 การเจริญเติบโตของผักสลัดบัตเตอร์เฮตในกรรมวิธีที่มีระบบกรองชนิดต่างๆ (Crop1)

กรรมวิธี	ขนาดทรงพุ่ม (cm) ที่สัปดาห์ต่างๆ [1/]				จำนวนใบที่สัปดาห์ต่างๆ [1/]				นำหนักสด [2/]	
	1wk	2wk	3wk	4wk	1wk	2wk	3wk	4wk	ราก	ลำต้น
ไม่ปลูกเชื้อ										
control	18.0	20.1	21.7	23.5	11.1	14.3	17.2	20.1	10.5	49.3
Bio-F1	16.6	20.1	21.5	22.3	10.5	13.3	16.3	19.9	9.5	46.3
Bio-F2	17.4	21.4	22.7	23.8	10.9	13.7	17.2	20.4	10.0	76.5
Bio-F3	17.0	20.0	21.8	22.3	10.0	12.9	16.1	20.0	6.4	33.1
SSF	17.1	21.6	23.1	23.3	10.4	13.1	16.9	19.9	7.6	33.6
ANOVA [3/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ปลูกเชื้อ										
Control	7.5	1.6	0.0	0.0	4.8	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
Bio-F1	15.4	11.2	9.1	11.5	9.8	7.8	7.0	11.5	2.1	10.3
Bio-F2	17.3	18.0	15.1	18.5	10.0	11.8	12.5	15.3	4.8	22.7
Bio-F3	13.7	9.5	5.1	2.3	8.4	6.7	4.0	0	0.3	1.7
SSF	16.0	10.8	13.9	14.1	9.9	6.8	10.6	13.2	4.0	17.8
ANOVA [3/]	**	*	*	*	**	*	*	**	*	ns

[1/] ที่สัปดาห์ต่างๆ หลังย้ายกล้า ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น

[2/] ในสัปดาห์ที่ 4 หลังย้ายกล้า ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น ยกเว้นในกลุ่มทดลองที่มีการปลูกเชื้อ เฉลี่ยจากจำนวนต้นที่เหลือในแต่ละซ้ำ

[3/] ns=ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05), *=แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤ 0.05), **=แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ(P≤ 0.01); การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแสดงผลเฉพาะน้ำหนักสดลำต้นในกลุ่มทดลองที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาในสลัดบัตเตอร์เฮต crop1 ในกลุ่มทดลองที่ไม่ทำการปลูกเชื้อ *Pythium* sp. สาเหตุโรค พบว่ากรรมวิธีที่ใช้ในการทดลองไม่มีผลให้เกิดความแตกต่างกันของขนาดทรงพุ่มที่อายุ 1-4 สัปดาห์ จำนวนใบที่อายุ 1-4 สัปดาห์ และค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดรากและลำต้นที่อายุ 4 สัปดาห์หลังการย้ายกล้า แต่ในกลุ่มทดลองที่มีการปลูกเชื้อสาเหตุโรคพบว่ากรรมวิธีที่ใช้ในการทดลองส่งผลต่อความแตกต่างของขนาดทรงพุ่มที่อายุ 1-4 สัปดาห์ จำนวนใบที่อายุ 1-4 สัปดาห์ และค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดรากที่อายุ 4 สัปดาห์ แต่ไม่ส่งผลต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดลำต้นที่อายุ 4 สัปดาห์ โดยพบว่าการเจริญเติบโตของผักสลัดบัตเตอร์เฮตที่มี Bio-F2 ให้ค่าการเจริญเติบโตที่ดีที่สุด (ตารางที 14)

ตารางที่ 15 การเจริญเติบโตของผักสลัดเรดโครอลในกรรมวิธีที่มีระบบกรองชนิดต่างๆ (Crop1)

กรรมวิธี	ขนาดทรงพุ่ม (cm) ที่สัปดาห์ต่างๆ[1/]				จำนวนใบที่สัปดาห์ต่างๆ[1/]				น้ำหนักสด[2/]	
	1wk	2wk	3wk	4wk	1wk	2wk	3wk	4wk	ราก	ลำต้น
ไม่ปลูกเชื้อ										
control	16.5	18.1	19.2	20.2	7.4	8.7	10.2	13.4	6.3	33.2
Bio-F1	13.6	17.2	18.5	21.1	6.7	7.5	9.5	13.2	6.4	30.3
Bio-F2	17.0	19.0	20.9	21.4	7.8	9.1	11.6	14.3	6.9	37.0
Bio-F3	16.9	19.2	20.3	20.4	7.0	8.2	11.0	12.6	5.9	30.7
SSF	16.1	19.0	19.6	21.9	7.0	8.2	10.2	13.3	5.2	27.4
ANOVA[3/]	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
ปลูกเชื้อ										
Control	3.3	0.0	0.0	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0[a]
Bio-F1	5.8	2.0	4.1	3.4	2.7	0.8	2.2	2.1	0.1	0.1[a]
Bio-F2	13.2	17.4	13.8	14.0	5.9	7.4	6.5	8.9	2.8	13.6[a]
Bio-F3	8.9	4.1	4.9	1.7	4.1	2.5	2.5	1.1	0.4	0.5[a]
SSF	9.6	5.2	5.2	3.8	5.0	2.6	3.2	2.3	0.4	1.0[a]
ANOVA[3/]	ns	**	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	*

[1/] ที่สัปดาห์ต่างๆ หลังย้ายกล้า ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น

[2/] ในสัปดาห์ที่ 4 หลังย้ายกล้า ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น ยกเว้นในกลุ่มทดลองที่มีการปลูกเชื้อ เฉลี่ยจากจำนวนต้นที่เหลือในแต่ละซ้ำ

[3/] ns=ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05), *=แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤ 0.05), **=แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ(P≤ 0.01); การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแสดงผลเฉพาะน้ำหนักสดลำต้นในกลุ่มทดลองที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองในสลัดเรดโครอล crop1 ในกลุ่มทดลองที่ไม่ปลูกเชื้อสาเหตุโรคพบว่ากรรมวิธีที่ใช้ทดสอบไม่ส่งผลต่อขนาดทรงพุ่มที่อายุ 1-4 สัปดาห์ จำนวนใบที่อายุ 1-4 สัปดาห์ และค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดรากและลำต้นที่อายุ 4 สัปดาห์ แต่ในกลุ่มทดลองที่ปลูกเชื้อสาเหตุโรคพบว่ากรรมวิธีที่ใช้ทดสอบส่งผลต่อขนาดทรงพุ่มและจำนวนใบที่อายุ 2 สัปดาห์หลังย้ายกล้า และส่งผลต่อค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดลำต้น โดยพบว่ากรรมวิธี Bio-F2 ซึ่งได้แก่ ระบบกรอง biofiltration 2 ที่มีสแฟกนั่มมอส+Trichoderma เป็นวัสดุกรองให้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดลำต้นมากที่สุดคือ 13.6 กรัมต่อต้น แต่ก็ยังไม่แตกต่างกันทางสถิติกับค่าเฉลี่ยของกรรมวิธีอื่นๆ (ตารางที่ 15)

2) การทดสอบครั้งที่ 2 (crop 2) ได้ทำการทดลองซ้ำในผักสลัดบัตเตอร์เฮดได้ผลดังแสดงไว้ในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 การเจริญเติบโตของผักสลัดบัตเตอร์เฮดในกรรมวิธีที่มีระบบกรองชนิดต่างๆ (Crop2)

กรรมวิธี	ขนาดทรงพุ่ม (cm) ที่สัปดาห์ต่างๆ[1/]				จำนวนใบที่สัปดาห์ต่างๆ[1/]				นำหนักสด[2/]	
	1wk	2wk	3wk	4wk	1wk	2wk	3wk	4wk	ราก	ลำต้น
ไม่ปลูกเชื้อ										
control	17.5	21.2	23.9	26.4	9.7	13.1	16.7	22.9	10.3	47.4^{b}
Bio-F1	17.4	22.2	24.6	26.5	9.9	13.1	17.9	23.7	9.7	61.2^{ab}
Bio-F2	19.4	23.6	28.1	28.9	10.6	14.3	20.6	28.3	14.0	86.2^{a}
Bio-F3	17.3	21.4	25.0	26.6	9.8	12.5	16.6	24.7	9.4	70.4^{ab}
SSF	19.4	22.1	25.3	27.1	10.1	13.4	17.8	25.0	9.4	62.6^{ab}
ANOVA[3/]	*	ns	*	**	ns	**	**	*	*	*
ปลูกเชื้อ										
Control	16.4	0.0	0.0	0.0	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0^{c}
Bio-F1	18.8	23.0	25.6	26.7	9.8	13.2	17.7	23.1	7.6	49.3^{b}
Bio-F2	18.8	23.0	27.6	27.8	9.8	13.8	19.7	26.8	9.9	66.8^{a}
Bio-F3	18.0	21.7	24.3	26.2	9.3	12.6	17.1	23.8	9.6	57.1^{ab}
SSF	17.2	21.9	25.0	26.2	9.1	12.6	17.7	23.0	9.3	54.3^{ab}
ANOVA[3/]	ns	**	**	**	ns	**	**	**	**	**

[1/] ที่สัปดาห์ต่างๆ หลังย้ายกล้า ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น

[2/] ในสัปดาห์ที่ 4 หลังย้ายกล้า ค่าเฉลี่ยจากจำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 3 ต้น ยกเว้นในกลุ่มทดลองที่มีการปลูกเชื้อ เฉลี่ยจากจำนวนต้นที่เหลือในแต่ละซ้ำ

[3/] ns=ไม่แตกต่างกันทางสถิติ (P>0.05), *=แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P≤ 0.05), **=แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ(P≤ 0.01); การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแสดงผลเฉพาะน้ำหนักสดลำต้นในกลุ่มทดลองที่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

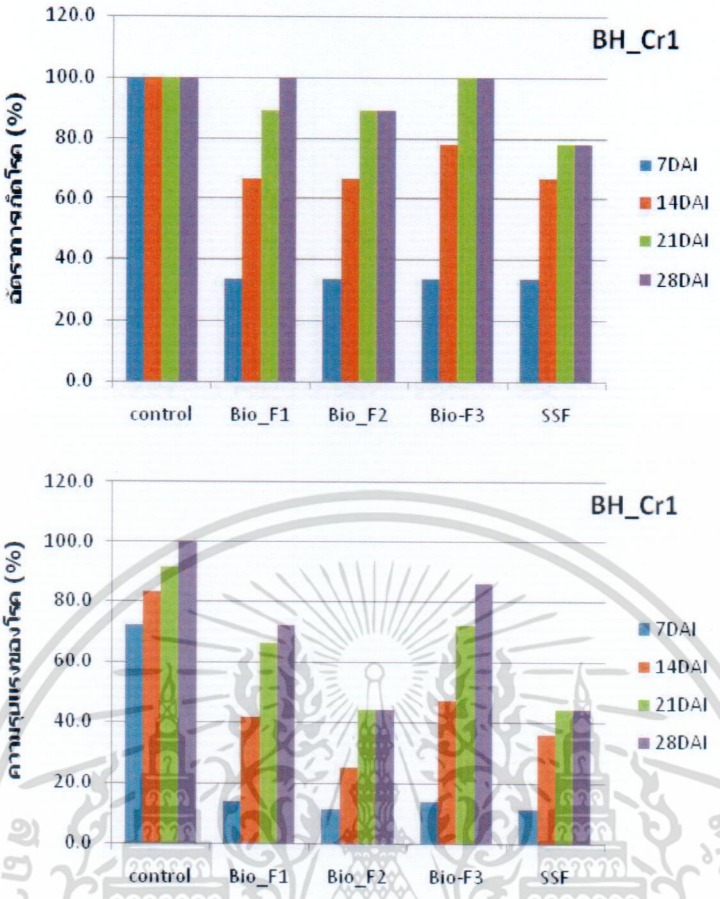
จากการทดสอบประสิทธิภาพของ biofiltration โดยการทดลองซ้ำอีกครั้งในผักสลัดบัตเตอร์เฮต ผลการทดลองพบว่ากรรมวิธีที่ใช้ทดสอบส่งผลต่อการเจริญของพืชทดสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในกลุ่มทดลองที่ไม่ปลูกเชื้อสาเหตุโรคพบว่ากรรมวิธีที่ที Bio-F2 (ระบบกรองชีวภาพที่มีสแฟกนั่มมอสผสม Trichoderma เป็นวัสดุกรอง) จะให้ค่าการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดทั้งในเรื่องของขนาดทรงพุ่ม จำนวนใบ และน้ำหนักสด ซึ่งมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต่อต้นเท่ากับ 86.2 กรัม รองลงมาได้แก่กรรมวิธี Bio-F3, SSF และ Bio-F1 ที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต่อต้นเท่ากับ 70.4, 62.6 และ 61.2 กรัม, ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่ากรรมวิธีควบคุมที่ไม่มีระบบกรองใดๆ ที่มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดเพียง 47.4 กรัมต่อต้น ในส่วนของกลุ่มทดลองที่ทำการปลูกเชื้อก็พบว่าผลการทดลองเป็นไปในทำนองเดียวกัน นั้นคือ กรรมวิธี Bio-F2 ให้ค่าการเจริญเติบโตที่ดีที่สุดคือ 66.8 กรัมต่อต้น รองลงมาได้แก่ กรรมวิธี Bio-F3, SSF และ Bio-F1 โดยมีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดเท่ากับ 57.1, 54.3 และ 49.3 กรัมต่อต้น ตามลำดับ ในขณะที่กรรมวิธีที่ไม่มีระบบกรองใดๆ (control) ต้นพืชทดลองเป็นโรคตายหมดทำให้มีค่าเฉลี่ยน้ำหนักสดต่อต้นเท่ากับ 0 (ตารางที่ 16)

4.4.2 ประสิทธิภาพของ biofiltration ในการยับยั้งการเกิดโรค

1) การทดลอง crop1

ดำเนินการทดสอบโดยวัดอัตราการเกิดโรค และความรุนแรงของโรคในกลุ่มทดลองที่ทำการปลูกเชื้อ *Pyhthium* sp. สาเหตุโรคโคนเน่ารากเน่า ผลการทดลองใน crop1 พบว่าผักสลัดบัตเตอร์เฮตปลูกในระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารที่มีการติดตั้งระบบกรอง ทั้งระบบกรองชีวภาพชนิดต่างๆ (Bio-F1, Bio-F2 และ Bio-F3) รวมทั้งระบบกรองผ่านทรายแบบช้า (slow sand filtration: SSF) จะมีอัตราการเกิดโรคและความรุนแรงของโรคน้อยกว่ากรรมวิธีควบคุม (control) ที่ไม่มีการติดตั้งระบบกรองใดๆ (ภาพที่ 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

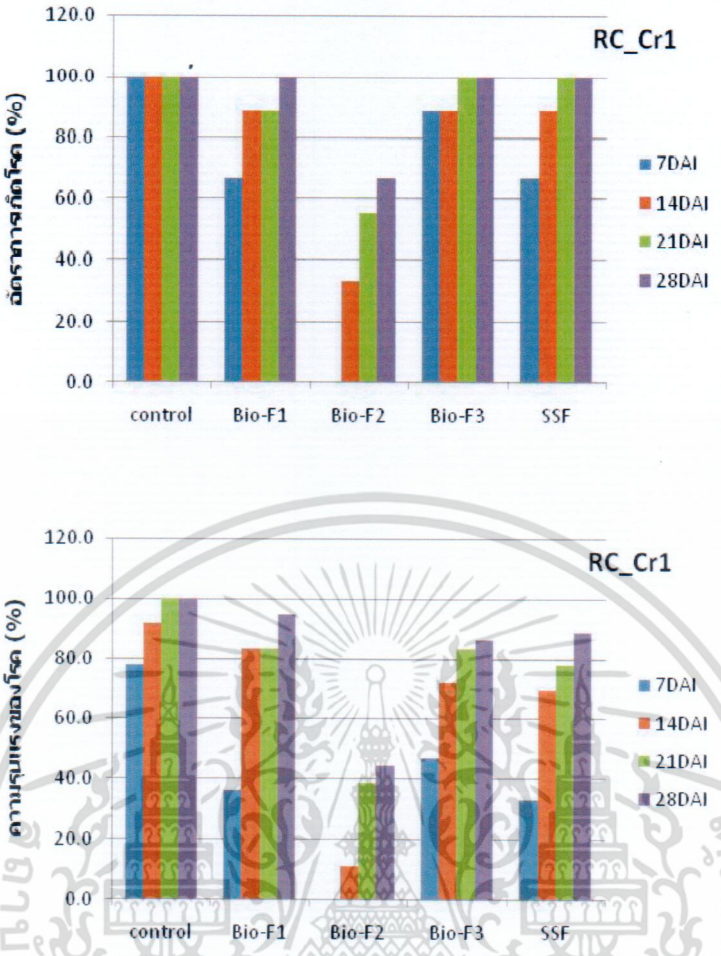


ภาพที่ 5 ประสิทธิภาพของการกรองแบบต่างๆ ในการยับยั้งการเกิดโรคโคนเน่ารากเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* sp. (การทดสอบในผักสลัดบัตเตอ์เฮต crop1: BH_Cr1)

control=ไม่มีระบบกรอง, Bio-F1=ระบบกรองชีวภาพที่มีแกลบเผา+Trichoderma เป็นวัสดุกรอง, Bio-F2= ระบบกรองชีวภาพที่มีสแฟกนั่มมอส+Trichoderma เป็นวัสดุกรอง, Bio_F3=ระบบกรองชีวภาพที่มีทราย ละเอียด+Trichoderma เป็นวัสดุกรอง, SSF=ระบบกรองผ่านทรายแบบช้า (slow sand filtration); 7, 14, 21, 28 DAI = 7, 14. 21, 28 วันหลังการปลูกเชื้อ

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบกรองแต่ละระบบ พบว่าทุกระบบสามารถลดอัตรา การเกิดโรคได้ดีในช่วง 7-14 วันหลังการปลูกเชื้อ โดยมีอัตราการเกิดโรคไม่เกิน 40% และ 80% ตามลำดับ แต่ในช่วง 21-28 วันหลังการปลูกเชื้อพบการเป็นโรคเพิ่มขึ้นเป็น 100% ในบางกรรมวิธียกเว้น ใน Bio-F2 และ SSF ในส่วนของความรุนแรงของโรคก็พบว่ากรรมวิธี Bio-F2 และ SSF มีการพัฒนาของ โรคน้อยกว่ากรรมวิธีอื่น โดยมีความรุนแรงของโรคไม่เกิน 45% ในวันที่ 28 หลังการปลูกเชื้อ ในขณะที่ กรรมวิธี Bio-F1, Bio-F2 และ control ความรุนแรงของโรคที่ 28 วันหลังการปลูกเชื้อเพิ่มสูงขึ้นถึง 72, 86 และ 100%, ตามลำดับ (ภาพที่ 5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6 ประสิทธิภาพของการกรองแบบต่างๆ ในการยับยั้งการเกิดโรคโคนเน่ารากเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* sp. (การทดสอบในผักสลัดเรดโครอล crop1: RC_Cr1)

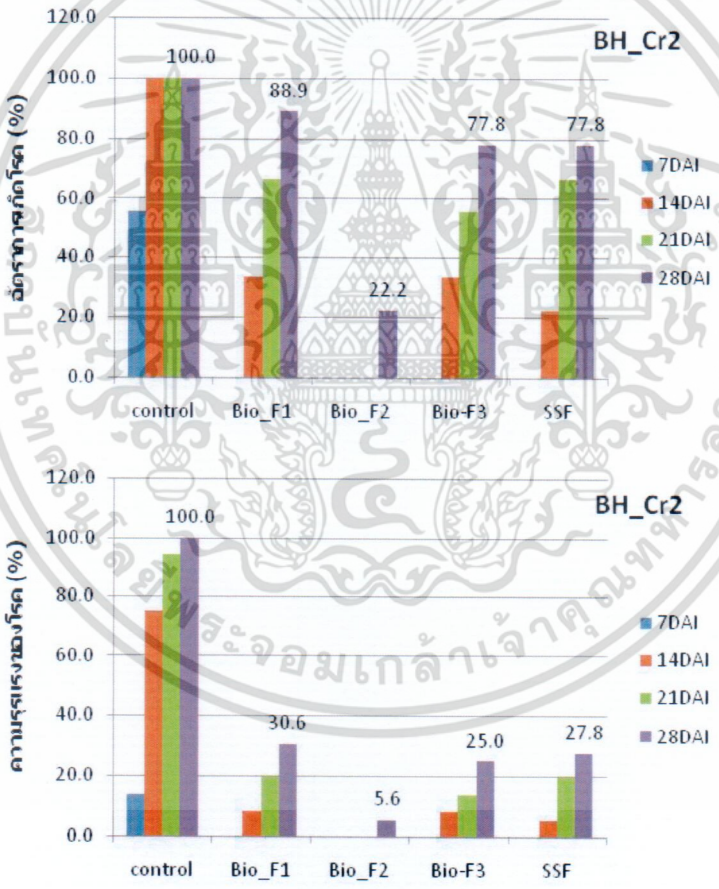
control=ไม่มีระบบกรอง, Bio-F1=ระบบกรองชีวภาพที่มีแกลบเผา+Trichoderma เป็นวัสดุกรอง, Bio-F2=ระบบกรองชีวภาพที่มีสแฟกนั่มมอส+Trichoderma เป็นวัสดุกรอง, Bio_F3=ระบบกรองชีวภาพที่มีทรายละเอียด+Trichoderma เป็นวัสดุกรอง, SSF=ระบบกรองผ่านทรายแบบช้า (slow sand filtration); 7, 14, 21, 28 DAI = 7, 14. 21, 28 วันหลังการปลูกเชื้อ

การทดลองในผักสลัดบัตเรดโครอลได้ผลเป็นไปในทำนองเดียวกันกับสลัดบัตเตอร์เฮต นั่นคือ กรรมวิธีที่มีระบบกรองสามารถชะลอการเกิดโรคลงไปได้อย่างน้อย 14 วันหลังการปลูกเชื้อเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีที่ไม่มีระบบกรอง และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการกรองในแต่ละกรรมวิธีในการลดความรุนแรงของโรคก็พบว่า กรรมวิธี Bio-F2 ที่มีสแฟกนั้มมอส+Trichoderma เป็นวัสดุกรองจะสามารถลดการเป็นโรคได้ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับกรรมวิธีอื่น โดยมีอัตราการเกิดโรคเป็นศูนย์ที่ 7 วันหลังการปลูกเชื้อ และมีระดับความรุนแรงของโรคเพียง 11-44% ที่ 14-28 วันหลังการปลูกเชื้อ (ภาพที่ 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การทดลอง crop2

เป็นการทดลองซ้ำในผักสลัดบัตเตอร์เฮต โดยใช้วัสดุกรองชุดเดิมที่ทำการทดลองไปแล้วใน crop1 เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการกรองในแต่ละกรรมวิธี ผลการทดลองแสดงให้เห็นชัดขึ้นว่าผักสลัดบัตเตอร์เฮตที่ปลูกในระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารที่ติดตั้งระบบกรองชีวภาพแบบต่างๆ (biofiltration: Bio-F1, Bio-F2, Bio-F3) รวมทั้งระบบกรองผ่านทรายแบบช้า (slow sand filtration: SSF) สามารถลดการเกิดโรคโคนเน่ารากเน่าได้ โดยพบว่ามีอัตราการเกิดโรคและความรุนแรงของโรคต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุม (control) อย่างชัดเจน โดยมีอัตราการเกิดโรคที่ 28 วันหลังการปลูกเชื้อไม่เกิน 90% ในกรรมวิธีที่มีอัตราการเกิดโรคสูงสุด (Bio-F1) และไม่เกิน 23% ในกรรมวิธีที่มีอัตราการเกิดโรคต่ำสุด (Bio-F2) ในส่วนของความรุนแรงของโรคก็พบว่าอยู่ในระดับที่ต่ำกว่ากรรมวิธีควบคุมมาก โดยมีความรุนแรงในช่าง 25-31% ในกรรมวิธี Bio-F1, Bio-F3 และ SSF และต่ำสุดประมาณ 6% ในกรรมวิธี Bio-F2 ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมมีอัตราการเกิดโรคและความรุนแรงของโรคเป็น 100% (ภาพที่ 7)



ภาพที่ 7 ประสิทธิภาพของการกรองแบบต่างๆ ในการยับยั้งการเกิดโรคโคนเน่ารากเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* sp. (การทดสอบในผักสลัดบัตเตอ์เฮต crop2: BH_Cr2)

control=ไม่มีระบบกรอง, Bio-F1=ระบบกรองชีวภาพที่มีแกลบเผา+Trichoderma เป็นวัสดุกรอง, Bio-F2=ระบบกรองชีวภาพที่มีสแฟกนั่มมอส+Trichoderma เป็นวัสดุกรอง, Bio_F3=ระบบกรองชีวภาพที่มีทรายละเอียด+Trichoderma เป็นวัสดุกรอง, SSF=ระบบกรองผ่านทรายแบบช้า (slow sand filtration); 7, 14, 21, 28 DAI = 7, 14. 21, 28 วันหลังการปลูกเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการกรองในแต่ละกรรมวิธีในการลดการเกิดโรคโคนเน่ารากเน่า พบว่ากรรมวิธี Bio-F2 สามารถลดการเกิดโรคได้สูงสุดโดยไม่พบการเกิดโรคเลยในช่วง 7-21 วันหลังการปลูกเชื้อ ส่วนที่ 28 วันหลังการปลูกเชื้อพบอัตราการเกิดโรคเพียง 22.2% ซึ่งต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับ Bio-F3, SSF, Bio-F1 และ control ที่มีอัตราการเกิดโรคอยู่ในช่วง 78-100% ส่วนความรุนแรงของโรคก็อยู่ในระดับที่ต่ำสุดเช่นกัน โดยมีค่าเท่ากับ 5.6% ในขณะที่กรรมวิธี Bio-F3, SSF, Bio-F1 มีระดับความรุนแรงของโรคที่ 28 วันหลังการปลูกเชื้อเท่ากับ 25.0, 27.8 และ 30.6% ตามลำดับ (ภาพที่ 7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

1) การศึกษาวัสดุรองรับที่เหมาะสมสำหรับการพัฒนาไปเป็น biofiltration ในสารละลายหมุนเวียน

พบว่า สแฟกนั่มมอส เป็นตัวเลือกหนึ่งที่จะพัฒนาไปเป็น biofiltration ในสารละลายหมุนเวียนของระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เนื่องจากสามารถรักษาระดับจำนวนของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ไว้ในระบบได้ดี และมีปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ค่อนข้างน้อย

2) การศึกษาประสิทธิภาพของระบบกรองชีวภาพ (biofiltration) ในการยับยั้งเชื้อสาเหตุโรค

พบว่าแกลบเผา และทรายละเอียด เป็นตัวเลือกหนึ่งที่จะพัฒนาไปเป็น biofiltration ในสารละลายหมุนเวียนของระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเนื่องจากมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อโรค (*Pythium* sp.) ในสารละลายได้เป็นอย่างดี

3) ผลของอัตราการไหลของสารละลายต่อประสิทธิภาพในการกรองของ biofiltration และ slow sand filtration

พบว่าขึ้นอยู่กับวัสดุกรองที่ทำหน้าที่รองรับจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ โดย biofiltration ที่มีสแฟกนั่มมอส และ *Trichoderma* เป็นวัสดุกรอง จะมีประสิทธิภาพที่อัตราการไหลสูง ที่ 2L/min ของการกรองที่ใช้ในการทดลองนี้ ส่วน biofiltration มีแกลบเผา และ *Trichoderma* เป็นวัสดุกรองและ slow sand filtration จะมีประสิทธิภาพที่อัตราการไหลต่ำ คือที่ 0.5L/min

4) การทดสอบประสิทธิภาพของ biofiltration ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินขนาดเล็ก

พบว่ามีประสิทธิภาพในการลดการเกิดโรคได้อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเทียบกับที่ไม่มีระบบกรอง โดยเฉพาะในระบบกรองที่มีที่มีสแฟกนั่มมอส และ *Trichoderma* เป็นวัสดุกรอง สามารถชะลอการเกิดโรคได้ถึง 21 วัน โดย และสามารถลดความรุนแรงของโรคได้มากกว่า 90% จากการทดลองในครั้งนี้

5.2 ข้อเสนอแนะ

ระบบกรองชีวภาพ (biofiltration) ที่ได้พัฒนามานี้มีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าระบบกรองผ่านทรายแบบช้า (slow sand filtration) แต่สามารถใช้ในอัตราการไหลที่สูงได้ เทียบเท่ากับ 40 เท่า ของ slow sand filtration (12,000L/h/m^2) ซึ่งอาจนำไปปรับใช้กับระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินที่มีสารละลายหมุนเวียนอยู่ในระบบในปริมาณมากๆ เช่นระบบ NFT หรือ DRFT ได้ โดยอาจไม่ได้ทำหน้าที่เป็น bio-filter ที่คอยดักจับเชื้อสาเหตุโรคแต่เพียงอย่างเดียว แต่อาจทำหน้าที่เป็น bio-generator เพื่อปลดปล่อย biocontrol agent ลงสู่ระบบด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลผลิตงานวิจัย

6.1 เผยแพร่ผลงาน และตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการระดับชาติจำนวน 3 เรื่องดังนี้

คเณศ ใจเก่งกาจ และ พรหมมาศ คูหากาญจน์. 2559. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดวัสดุรองรับ และอัตราการไหลของสารละลายธาตุอาหารของระบบกรองชีวภาพเพื่อควบคุมเชื้อ *Pythium* sp. สาเหตุโรครากเน่าของผักสลัดในระบบไฮโดรโพนิกส์. *ใน* เรื่องเต็มการประชุมวิชาการงานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 14, 1-2 พฤศจิกายน 2559. คณะเกษตรศาสตร์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, p 43-49.

ทักษพร ช้างม่วง คเณศ ใจเก่งกาจ และ พรหมมาศ คูหากาญจน์. 2559. ผลของวัสดุรองรับอินทรีย์ในการคงระดับจำนวนประชากรของเชื้อรา *Trichoderma* sp. และประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. ในสารละลายธาตุอาหารของระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 15, 1-2 พฤศจิกายน 2559. โรงแรมรามาการ์เด้นท์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.

ปาณิศา ประสม คเณศ ใจเก่งกาจ และ พรหมมาศ คูหากาญจน์. 2559. ผลของวัสดุรองรับอนินทรีย์ในการคงระดับจำนวนประชากรของเชื้อรา *Trichoderma* sp. และประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. ในสารละลายธาตุอาหารของระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 15, 1-2 พฤศจิกายน 2559. โรงแรมรามาการ์เด้นท์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ธิติ ทองคำงาม พรหมมาศ คูหากาญจน์ และ ถนิมนันต์ เจนอักษร. 2555. รายงานครั้งแรกของโรคเหี่ยวในผักสลัดที่ปลูกในระบบ NFT ที่เกิดจากเชื้อ *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucae* และการทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคกับผักสลัด 4 สายพันธุ์. การประชุมวิชาการเกษตรนเรศวรครั้งที่ 10, คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, หน้า 72-81.

พรหมมาศ คูหากาญจน์ ถนิมนันต์ เจนอักษร และ ศุภชัย รตโนภาส. 2540. โรคที่พบบนแตงกวายุโรปที่ปลูกในระบบปลูกพืชที่ไม่ใช้ดินในช่วงฤดูหนาว. การประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 35, หน้า 179-187.

พรหมมาศ คูหากาญจน์. 2548. ศักยภาพของแบคทีเรียบริเวณเขตรากพืช ในการควบคุมโรครากเน่าของผักสลัดที่เกิดจากเชื้อ *Pythium myriotylum* ในระบบ NFT. การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 7, ณ โรงแรมโลตัส ปางสวนแก้ว จ.เชียงใหม่, หน้า 1082 - 1092.

พรหมมาศ คูหากาญจน์ และ อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2548 ก. ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี ในการควบคุมโรครากเน่าของผักสลัดที่เกิดจากเชื้อ *Pythium* ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. ว. วิทยาศาสตร์เกษตร 36 (5-6) : 1191-1194.

พรหมมาศ คูหากาญจน์ และ อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2548 ข. ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี และจุลินทรีย์บริเวณเขตรากพืชที่แยกได้จากสลัดที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อ *Pythium myriotylum*. ว. วิทยาศาสตร์เกษตร 36 (5-6) : 1195-1198.

พรหมมาศ คูหากาญจน์, นงลักษณ์ เภรินทวงค์, จักรพงษ์ หรั่งเจริญ และ ถนิมนันต์ เจนอักษร. 2552. การคัดเลือกแบคทีเรียที่มีศักยภาพจากระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเพื่อควบคุมโรครากเน่าที่เกิดจากเชื้อ *Pythium*. การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 9, โรงแรมสุนีย์ แกรนด์ จังหวัดอุบลราชธานี, หน้า 445-45

อิทธิสุนทร นันทกิจ. 2557. การปลูกพืชในระบบ NFT (nutrient film technique). ในเอกสารการฝึกอบรมหลักสูตร การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินรุ่นที่ 16. จัดโดยคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ.

Berkelmann, B., Wohanka, W. and Wolf, G.A. 1992. Characterization of the bacterial flora in circulating nutrient solution of a hydroponic system with rockwool. Acta Horticulturae 361: 372-381.

Duijff, B.J., Meijer, J.W., Bakker, P.A.H.M. and Schipper, B. 1993. Siderophore-mediation for iron and induced resistance in suppression of Fusarium wilt of carnation by fluorescent Pseudomonas spp. Neth. J. Plant Pathol. 99: 277-289.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Favrin, R.J., Rahe, J.E. and Mouza, B. 1988. *Pythium* spp. associated with crown rot cucumber In British Columbia greenhouse. Plant Disease 72 : 683-687.

Fujiwara K., Iida Y., Iwai T., Aoyama C., Inukai R., Ando A., Okawa J., Ohnishi J., Terami F., Takano M., and Shinohara M. 2013. The rhizosphere microbial community in a parallel mineralization system suppression the pathogenic fungus Fusarium oxysporum. MicrobiologyOpen 2(6): 997-1009: doi; 10.1002/mbo3.140

Garibaldi A., Minuto A., Grasso V., and Gullimo M.L. 2003. Application of selected antaagonistic strain against Pphytophthora cryptogea on gerbera in closed soilless systems with disinfection by slow sand filtration. Crop Protection 22: 1053-1061.

Gravel, V., Martinez, C., Antoun, H. and Tweddell, R.J. 2006. Control of greenhouse tomato root rot (*Pythium ultimum*) in hydroponics systems, using plant-growth-promoting microorganisms. Canadian Journal of Plant Pathology 28: 475-483.

Grosch, R., Kofoet, A. and Junge, H. 2001. Biological control of root pathogen in soilless culture using bacteria. Acta Horticulturae 548: 393-400.

Jaenaksorn T., Koohakan P. and Prathuangwong S. 2010. Efficacy of indigeneous Trichoderma and PGPR for controlling Pythium root rot of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown in deep flow technique. 16th Asian Agricultural Symposium and 1st International Symposium on Agricultural Technology King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand, pp 671-674.

Koohakan P. 2007. Occurrence and distribution of *Pythium* spp. in NFT facilities. the International Conference on Instigation on Integration Science & Technology for Sustainable Development (ICIST), Bangkok, Thailand, pp 418-422.

Koohakan P. 2010. Efficiency of indigenous rhizobacteria on growth of hydroponics lettuce. The Annual Meeting of Thai Phytopathological Society and Plant Pathology Conference, Kasetsart University, Bangkok, Thailand.

Koohakan P. and Rangjaroen J. 2009. Evaluation of indigenous bacteria for biological control agent of root rot disease in leafy vegetables grown in hydroponics. Agricultural Biotechnology International Conference (ABIC 2009): Agricultural Biotechnology for Better Living and Clean Environment, Queen Sirikit National Convention Center, Bangkok, Thailand, p 190.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Koohakan P., Ikeda H., Jeanaksorn T., Tojo M., Kusakari S-I. Okada K., and Sato S. 2004. Evaluation of the indigenous microorganisms in soilless culture: occurrence and quantitative characteristics in the different growing systems. Scientia Horticulturae 101: 179-188.

Martinez F., Castillo S., Carmona E. and Aviles M. 2009. Effect of soilless growing systems on the spread of Verticillium dahliae and the severity of the Verticillium wilt in strawberry. Spanish Journal of Agricultural Research 7 (2): 447-453.

Martinez F., Castillo S., Carmona E. and Aviles M. 2010. Dissemination of *Phytophthora cactorum*, cause of crown rot in strawberry, in open and closed soilless growing systems and the potential for control using slow sand filtration. Scientia Horticulturae 125: 756-760.

Paulitz T.C. and Belanger R.R. 2001. Biological control in greenhouse system. Annual Review Phytopathology 39: 103-133.

Paulitz, T.C. 1997. Biological control of root pathogens in soilless and hydroponic system. HortScience 32: 193-196.

Paulitz, T.C., Zhou, T. and Rankin, L. 1992. Selection of rhizobacteria for biological control of *Pythium aphanidermatum* on hydroponically grown tomato. Biological Control 2(3): 226-237.

Postma, J. 2004. Suppressiveness of root pathogens in closed cultivation systems. Acta Horticulturae 644: 503-510.

Postma, J., Willemsen-de Klein, M.J.E.I.M. and van Elsas, J.D. 2000. Effect of indigenous microflora on the development of root and crown rot caused by *Pythium aphanidermatum* in cucumber grown on rockwool. Phytopathology 90: 125-133.

Rankin L. and Paulitz T.C. 1994. Evaluation of rhizosphere bacteria for biological control of Pythium root rot of greenhouse cucumbers in hydroponic culture. Plant Disease 78: 447-451.

Runia, W.Th. 1995. A review of possibilities for disinfection of recirculation water from soilless cultures. Acta Horticulturae 382: 221-229.

Stanghellini, M.E. and Rasmussen, S.L. 1994. Hydroponics: A solution for zoosporic pathogens. Plant Disease 78: 1129-1138.

Vallance J., De´niel F., Floch G.L., Gue´rin-Dubrana L., Blancard D. and Rey P. 2011. Pathogenic and beneficial microorganisms in soilless cultures. Agron Sustain Dev 31: 191-203.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Van Os E.A. 2010. Disease management in soilless culture system. Acta Horticulturrae 883: 385-393.

van Peer, R., van Kuik, A.J., Rattink, H. and Schippers, B. 1990. Control of Fusarium wilt in carnation grown in rockwool by Pseudomonas sp. strain WCS417r and by Fe-EDDHA. Neth. J. Plant Pathol. 96: 119-132.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รหัสโครงการ/รหัสสัญญา A11859054

แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รายงานการเงินครั้งสุดท้ายรอบ 12 เดือน ประจำปีงบประมาณ 2559

✓ แหล่งงบประมาณแผนดิน(แบบปกติ) ☐ แหล่งเงินรายได้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) ระบบกรองชีวภาพสำหรับลดปริมาณเชื้อราสาเหตุโรคพืชในสารละลายธาตุอาหาร ของระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

(ภาษาอังกฤษ) Biofiltration for reducing pathogenic fungi in the nutrient solution of hydroponics

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน/ผู้วิจัย (รศ.ดร.) พรหมมาศ คูหากาญจน์

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2558 ถึงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2560

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี เดือนตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2558 ถึงวันที่ 30 กันยายน 2559 (ขอขยายเวลาถึง 31 มกราคม 2560

ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)

งวดที่ 1 169,150 บาท 85 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ป/ด/ว) 1 ตุลาคม 2558

งวดที่ 2 29,850 บาท 15 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ป/ด/ว) 15 กรกฎาคม 2559

2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย)

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบบุคลากร:ค่าจ้างชั่วคราว	48,000.00	48,000.00	0.00
งบดำเนินงาน			
ค่าตอบแทน	-	-	-
ค่าใช้สอย	56,000.00	56,230.00	230
ค่าวัสดุ	95,000.00	94,999.75	(0.25)
ค่าสาธารณูปโภค	-	-	-
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	-	-	-
รวม	199,000.00	199,299.75	(229.75)

(รศ.ดร.พรหมมาศ คูหากาญจน์)
ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

(.....)
ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน/เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ประวัติผู้วิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Proceedings

การประชุมวิชาการ งานเกษตรนเรศวร ครั้งที่ 14

"เกษตรและสุขภาพ" (Agriculture and Health)

วันที่ 1 – 2 พฤศจิกายน 2559

คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดวัสดุรองรับ และอัตราการไหลของสารละลายธาตุอาหารของระบบกรองชีวภาพเพื่อควบคุมเชื้อ *Pythium* sp. สาเหตุโรครากเน่าของผักสลัดในระบบไฮโดรโพนิกส์

Study on the relationship between supporting material in biofiltration and flow rate of nutrient solution for controlling of Pythium root rot disease of lettuce grown in hydroponics

คเณศ ใจเก่งกาจ[1] และ พรหมมาศ คูหากาญจน์[1*]
Kanet Jaikengkaj[1] and Prommart Koohakan[1*]

Abstract

Biofiltration was modified from slow sand filtration (SSF) for controlling root rot disease and maintained *Trichoderma* population in hydroponics. The aim of research was to study the relationship of supporting material in biofiltration and flow rate of nutrient solution for controlling *Pythium* sp. This research was used split plot in CRD, main plot was type of supporting material (rice husk charcoal and sphagnum moss) and compared with SSF. Sub plot was flow rate of nutrient solution (0.5, 1 and 2 liters/minute). Each supporting materials were filled into container (PVC size 10×100 centimeters) and installed to the solution culture consisted with 50 liters of nutrient solution (NS) in the tank. NS was re-circulated through the container and ran off to the NS tank in continuously. Butter head and red coral lettuces (3 weeks of age) were grown in this system. One day after, *Pythium* sp. (10^6 propagules/ml) was inoculated to the top of supporting material. Disease incidence and disease severity were weekly assessed. The result revealed that, biofiltration with sphagnum moss as supporting material was lowest disease incident and disease severity about 44.5 and 16.67 percent of flow rate at 2 l/min. For SSFat flow rate 0.5 of l/min, disease severity was lowest about 77.8 percent when compared with other flow rate.

Keywords: slow sand filtration, *Pythium* sp., biofiltration

บทคัดย่อ

ระบบกรองชีวภาพ (biofiltration) เกิดขึ้นจากการดัดแปลงระบบกรองผ่านทรายแบบช้า (slow sand filtration: SSF) มีจุดมุ่งหมาย เพื่อลดอัตราการเกิดโรคที่เกิดทางราก และเพื่อรักษาระดับจำนวนประชากรเชื้อราปฏิปักษ์ (*Trichoderma harzianum*) ให้อยู่ในระบบได้ยาวนานขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การจัดการโรคพืชอย่างยั่งยืนโดยปราศจากการใช้สารเคมีในระบบไฮโดรโปนิกส์ ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดวัสดุรองรับของระบบกรองชีวภาพและอัตราการไหลของสารละลายธาตุอาหาร เพื่อควบคุมเชื้อ *Pythium* sp. โดยวางแผนการทดลองแบบ split plot in CRD กำหนดให้ปัจจัยหลัก คือ ชนิดวัสดุรองรับ (แกลบเผาและสแฟกนั่มมอส) เปรียบเทียบกับ SSF ปัจจัยรองคือ อัตราการไหลของสารละลายธาตุอาหาร 3 ระดับ (0.5, 1 และ 2 ลิตรต่อนาที) ทำการทดลองในระบบ solution culture โดยมี ท่อ PVC ขนาดหน้ากว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร บรรจุวัสดุรองรับชนิดต่างๆ ปริมาตร 3 ลิตร ติดตั้งปั๊มให้สารละลายไหลผ่านวัสดุดังกล่าวลงสู่ถังสารละลายปริมาตร 50 ลิตร ตลอดเวลา จากนั้นนำผักสลัดบัตเตอร์เฮด และเรดคอรัลอายุ 3 สัปดาห์ ใส่ลงในระบบ หลังจากนั้น 1 วัน ทำการปลูกเชื้อ *Pythium* sp. ที่ความเข้มข้น 10^6 propagules/ml ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ตรวจนับปริมาณเชื้อดังกล่าวทุกสัปดาห์พร้อมทั้งประเมินเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและความรุนแรงของโรค ผลการทดลองพบว่า ที่อัตราการไหล 2 ลิตรต่อนาที ของระบบกรองชีวภาพที่มีสแฟกนั่มมอสเป็นวัสดุรองรับ ผักสลัดบัตเตอร์เฮดมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและความรุนแรงของโรคน้อยที่สุด คือ 44.5 และ 16.67 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ SSF ที่อัตราการไหล 0.5 ลิตรต่อนาที มีความรุนแรงของโรคน้อยที่สุด คือ 77.8 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการไหลอื่นๆ ของ SSF

คำสำคัญ: การควบคุมโดยชีววิธี เชื้อราไตรโคเดอร์มา ระบบกรองชีวภาพ

[1] สาขาเทคโนโลยีการผลิตพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
[*] Corresponding author: E-mail: kkprommа@kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

ปัจจุบันปัญหาสำคัญของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินหรือไฮโดรโพนิกส์ (Hydroponics) คือ การปนเปื้อนของจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืช เช่น เชื้อ *Fusarium* sp. *Pythium* sp. และ *Phytophthora* sp. จุลินทรีย์เหล่านี้ สามารถทำให้เกิดโรครากเน่ากับพืช (ธิติ และคณะ, 2555; Blancard *et al*., 2006) ยิ่งหากเป็นระบบที่มีการหมุนเวียนของสารละลายธาตุอาหาร จะทำให้เกิดความเสียหายกับพืชทั้งหมดได้ (พรหมมาศ, 2546) ในขณะนี้ประเทศไทยกำลังจะก้าวไปสู่ยุคไทยแลนด์ 4.0 ดังนั้นภาคการเกษตรควรขานรับนโยบายดังกล่าว และเตรียมพร้อมที่จะเข้าสู่ยุคเกษตร 4.0 โดยการหาเทคโนโลยีใหม่ๆ หรือพัฒนาวิทยาการที่มีอยู่ก่อนแล้วเพื่อที่จะจัดระบบการป้องกันกำจัดโรคอย่างยั่งยืน โดยมุ่งเน้นไปในทางที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น การพัฒนาการจัดการโรครากเน่าในระบบไฮโดรโพนิกส์ที่จากเดิมใช้เพียงการกรองผ่านทรายแบบช้า (slow sand filtration: SSF) ที่มีประสิทธิภาพในการกรองทางกายภาพได้ดีในระดับหนึ่ง ให้มาเป็นการกรองทางชีวภาพ (Biofiltration) ซึ่งเกิดจากการประยุกต์และดัดแปลงจากการใช้ทรายเพียงอย่างเดียว มาเป็นวัสดุรองรับชนิดอื่นร่วมกับเชื้อรา *Trichoderma* sp. เพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการโรครากเน่าให้ดีที่สุด ซึ่งก่อนหน้านี้ได้มีการพัฒนาและทดสอบไว้ในเบื้องต้น จนได้วัสดุรองรับดีที่สุด (แกลบเผา และสแฟกนั่มมอส) และปริมาตรของวัสดุรองรับที่เหมาะสม ต่อการรักษาระดับประชากรเชื้อรา *Trichoderma harzianum* เพื่อที่จะพัฒนามาเป็นระบบกรองชีวภาพมาในระดับหนึ่งแล้ว แต่ยังเล็งเห็นว่า อัตราการไหลที่แตกต่างกัน น่าจะส่งผลต่อการควบคุมโรคด้วย เช่น อัตราการไหลที่ต่ำอาจทำให้เพิ่มกิจกรรมการยับยั้งในชั้นวัสดุรองรับได้ หรืออัตราการไหลที่เร็วอาจทำให้ *Trichoderma harzianum* ที่อยู่ในชั้นวัสดุรองรับถูกปลดปล่อยลงสู่สารละลายธาตุอาหารได้มากขึ้น ด้วยเหตุนี้จึงทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดวัสดุรองรับและอัตราการไหลของสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งจะนำไปสู่การควบคุมโรคอย่างยั่งยืน เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม รวมถึงสุขภาพของเกษตรกรและผู้บริโภคต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดวัสดุรองรับ และอัตราการไหลของสารละลายธาตุอาหารของระบบกรองชีวภาพเพื่อควบคุมเชื้อ *Pythium* sp. สาเหตุโรครากเน่าของผักสลัดในระบบไฮโดรโพนิกส์

วางแผนการทดลองแบบ split plot in completely randomized design กำหนดให้ ปัจจัยหลัก คือ ชนิดวัสดุรองรับ (แกลบเผาและสแฟกนั่มมอส) เปรียบเทียบกับระบบกรองผ่านทรายแบบช้า (slow sand filtration: SSF) ปัจจัยรอง คือ อัตราการไหลของสารละลายธาตุอาหาร 3 ระดับ (0.5, 1 และ 2 ลิตรต่อนาที) ทำการทดลองในระบบ solution culture ออกแบบโดยใช้ท่อ PVC ขนาดหน้ากว้าง 10 เซนติเมตร ยาว 100 เซนติเมตร ติดตั้งวาล์วปรับระดับสารละลาย เพื่อควบคุมอัตราการไหลของสารละลาย และให้มีทางน้ำล้น (overflow) จากนั้นนำวัสดุรองรับได้แก่ สแฟกนั่มมอสและแกลบเผา ซึ่งได้ทำการหมักกับเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ชนิดหัวเชื้อสด ในอัตรา วัสดุรองรับ 3 ลิตร ต่อหัวเชื้อสด 1 กรัม (ได้ทำการทดสอบไว้ก่อนหน้านี้แล้วว่าเป็นวัสดุรองรับที่เหมาะสมและปริมาตรที่ดีที่สุดในการชะลอการลดลงของเชื้อ *Trichoderma harzianum*) ในส่วนของ SSF ดัดแปลงจาก Wohanka (1995) และ Bergstrand (2011) กำหนดให้มีชั้นทรายหยาบ 10 เซนติเมตร และชั้นทรายละเอียด 50 เซนติเมตร ติดตั้งปั๊มให้สารละลายไหลผ่านวัสดุดังกล่าวลงสู่ถังสารละลายปริมาตร 50 ลิตร ตลอดเวลา ปรับอัตราการไหลตามที่กำหนด จากนั้นทำการย้ายผักสลัดบัตเตอร์เฮดและเรดคอรัลที่อายุ 3 สัปดาห์ จำนวนชนิดละ 3 ต้น ลงสู่ระบบดังกล่าว หลังจากนั้น 1 วัน จึงทำการปลูกเชื้อ *Pythium* sp. ที่ความเข้ม 10^6 propagules/ml ลงบริเวณด้านบนของวัสดุรองรับ ตรวจนับจำนวนประชากรเชื้อ *Pythium* sp. ด้วยวิธี spread plate technique ลงบนอาหารเลี้ยงเชื้อ corn meal agar+BNPRA (ประกอบด้วย Benomyl 0.01 g/l, nystatin 0.025 g/l, Pentachloronitrobenzene 0.5 g/l, Rifampicin 0.025 g/l, ampicillin 0.025 g/l: พรหมมาศ, 2539) และตรวจนับประชากรเชื้อ *Trichoderma harzianum* ในวัสดุรองรับและในสารละลายธาตุอาหารด้วยวิธี pour plate technique ในอาหารเลี้ยงเชื้อ Trichoderma selective media (TSM; Elad *et al*., 1981) พร้อมกับประเมินเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและความรุนแรงของโรค ในทุกสัปดาห์

- วัดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค (Disease incidence) ดังสูตร

$$\text{Disease incidence} = \frac{\text{จำนวนต้นที่เป็นโรค}}{\text{จำนวนต้นทั้งหมด}} \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- วัดความรุนแรงของการเกิดโรค (Disease severity)

โดยให้คะแนนการเกิดโรค 0 = ไม่เกิดโรค, 1 = รากแดง, 2 = รากเน่า, 3 = รากเน่าและเหี่ยว, 4 = เหี่ยวถึงตาย

$$\text{Disease severity} = \frac{\text{ผลรวม (จำนวนต้นที่เป็นโรค× ดัชนีความรุนแรงของโรค)}}{\text{จำนวนต้นทั้งหมด× ดัชนีความรุนแรงของโรคสูงสุด}} \times 100$$

ผลการทดลอง

1. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดวัสดุรองรับ และอัตราการไหลของสารละลายธาตุอาหารของระบบกรองชีวภาพเพื่อควบคุมเชื้อ *Pythium* sp. สาเหตุโรครากเน่าของผักสลัดในระบบไฮโดรโพนิกส์

1.1 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและความรุนแรงของโรค

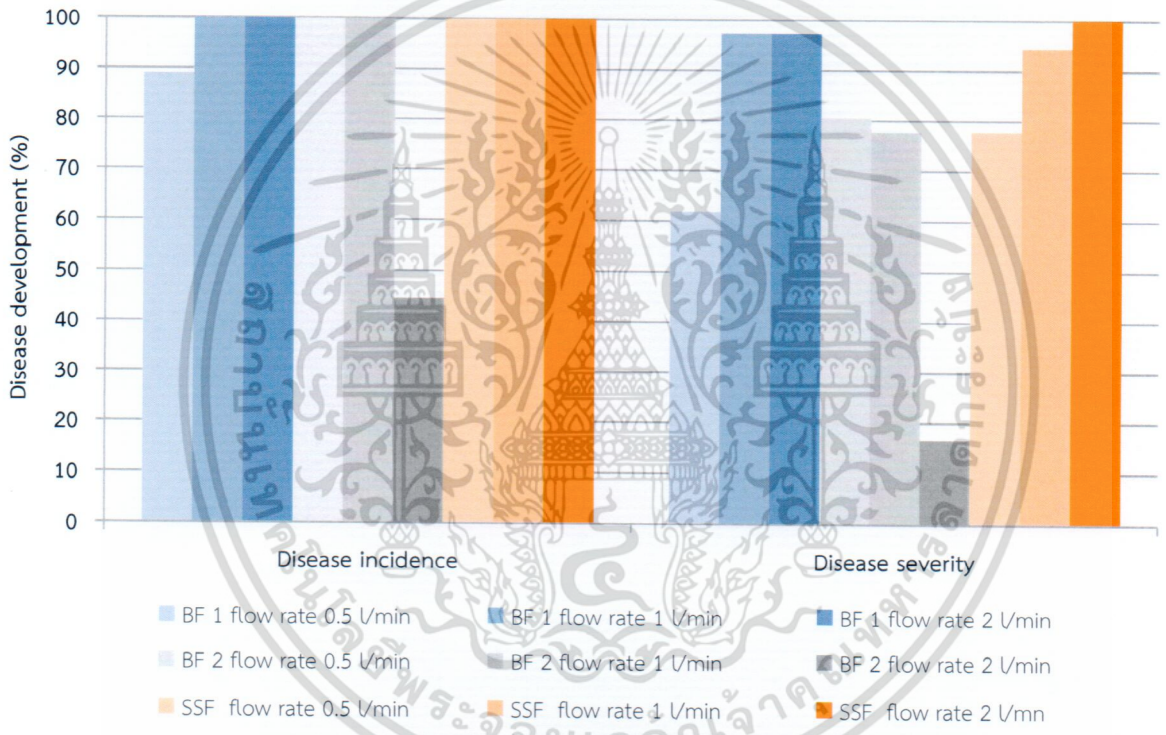


Figure 1 Disease incidence and disease severity of butter head (BF 1: Biofiltration, rice husk charcoal as supporting material; BF 2: Biofiltration, sphagnum moss as supporting material; SSF: slow sand filtration)

จากภาพเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และความรุนแรงของโรคในผักสลัดบัตเตอร์เฮด ผลการทดลองพบว่า มีเพียง BF 1 (ระบบกรองชีวภาพที่มีแกลบเผาเป็นวัสดุรองรับ) อัตราการไหล 0.5 ลิตรต่อนาที และ BF 2 (ระบบกรองชีวภาพที่มีสแฟกนั่มมอสเป็นวัสดุรองรับ) อัตราการไหล 2 ลิตรต่อนาที ที่สามารถลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคได้ ในขณะที่กรรมวิธีอื่นๆ มีการเกิดโรค 100 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อสังเกตในด้านความรุนแรงของโรคจะพบว่าทุกกรรมวิธี (ยกเว้น SSF อัตราการไหล 2 ลิตรต่อนาที) สามารถลดความรุนแรงของโรคได้ โดย BF 2 อัตราการไหล 2 ลิตรต่อนาที มีความรุนแรงของโรคน้อยที่สุดคือ 16.7 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ BF 1 อัตราการไหล 0.5 ลิตรต่อนาที มีความรุนแรงของโรค 61.8 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ SSF อัตราการไหล 0.5 ลิตรต่อนาที 77.8 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกันใน SSF จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า แม้จะมีเพียงสองกรรมวิธีที่สามารถลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคลงได้ แต่ทุกกรรมวิธีก็สามารถลดความรุนแรงของโรคได้ (Fig. 1)

ทางด้านเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และความรุนแรงของโรคในผักสลัดเรดคอรัล ยังคงมีผลการทดลองเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ซึ่งมีเพียง และ BF 2 (สแฟกนั่มมอสเป็นวัสดุรองรับ) อัตราการไหล 2 ลิตรต่อนาที BF 1 (แกลบเผาเป็นวัสดุรองรับ) อัตราการไหล 0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลิตรต่อนาที ที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคน้อยที่สุด คือ 11.1 และ 77.8 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่กรรมวิธีอื่นๆ มีการเกิดโรค 100 เปอร์เซ็นต์ แม้ว่าระบบกรองชีวภาพทั้งสองจะลดอัตราการเกิดโรคได้ไม่มาก แต่เมื่อพิจารณาความรุนแรงของโรค ซึ่งระบบทั้งสองก็สามารถลดลงได้มากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับระบบกรองทรายผ่านช้า โดยในกรรมวิธี BF 2 อัตราการไหล 2 ลิตรต่อนาที พืชทดสอบมีความรุนแรงของโรคน้อยที่สุดคือ 11.1 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ BF 1 อัตราการไหล 0.5 ลิตรต่อนาที คือ 61.8 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ SSF อัตราการไหล 0.5 ลิตรต่อนาที มีความรุนแรงของโรค 83.3 เปอร์เซ็นต์ ส่วน SSF ที่อัตราการไหลอื่นๆ มีความรุนแรงของโรค 100 เปอร์เซ็นต์ (Fig. 2)

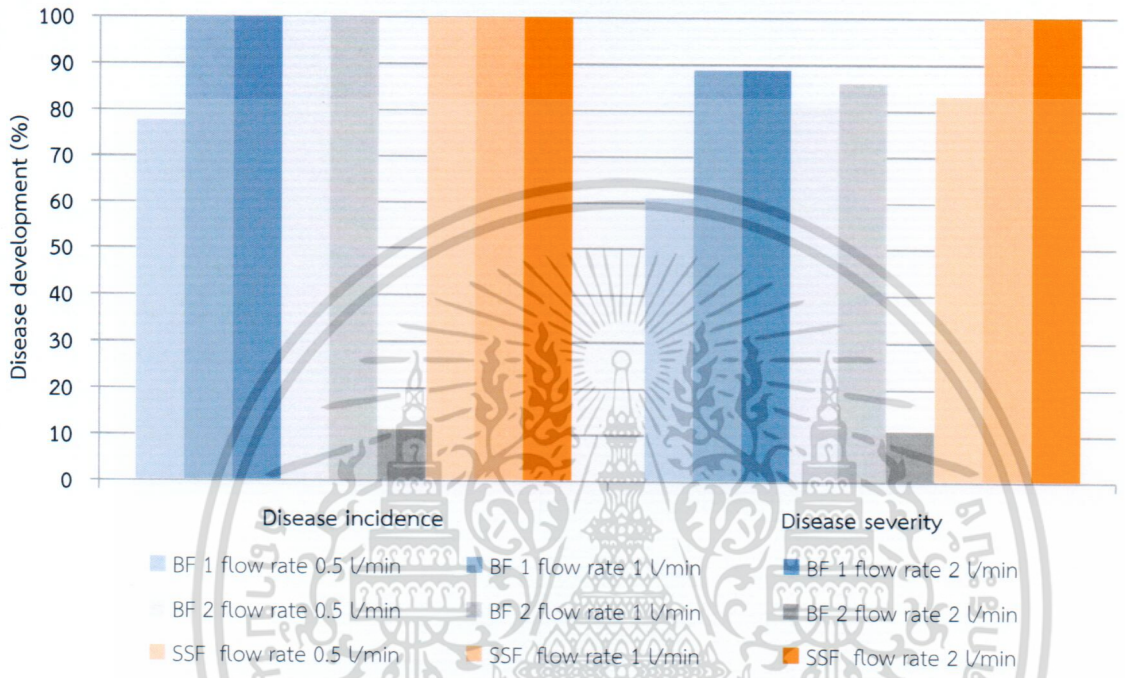


Figure 2 Disease incidence and disease severity of red coral (BF 1: Biofiltration, rice husk charcoal as supporting material; BF 2: Biofiltration, sphagnum moss as supporting material; SSF: slow sand filtration)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ปริมาณเชื้อ *Pythium* sp.

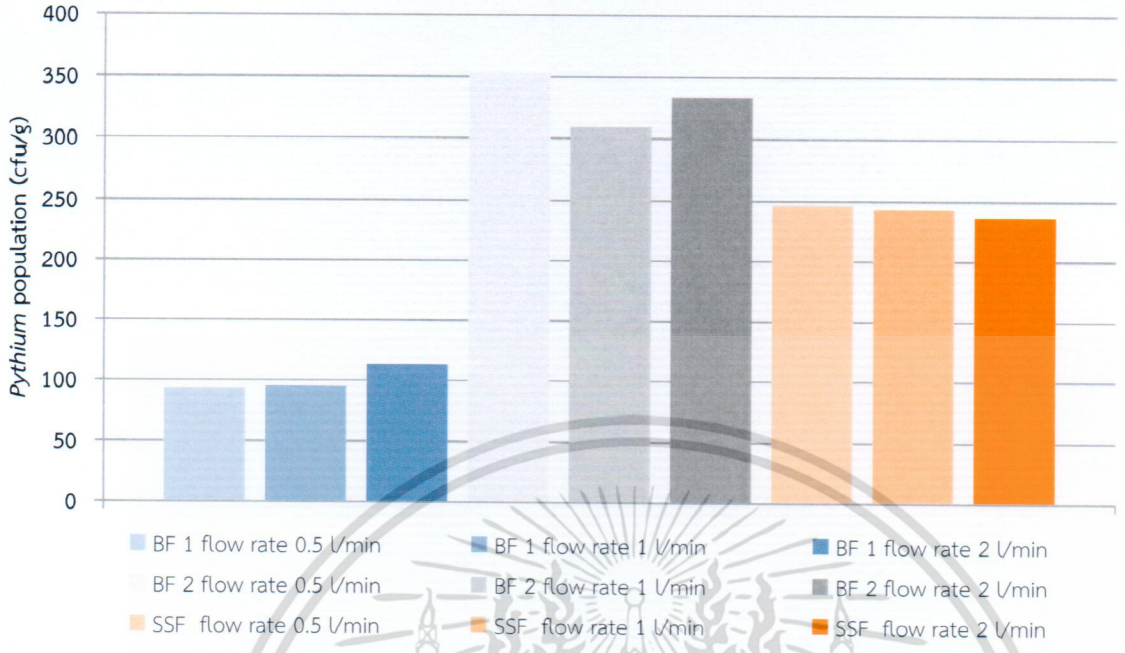


Figure 3 Amount of *Pythium* sp. in supporting material

จากการตรวจนับปริมาณเชื้อ *Pythium* sp. ในวัสดุรองรับ ภายหลังจากการใส่เชื้อดังกล่าวลงไปแล้วเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่าทุกกรรมวิธียังคงตรวจพบเชื้อ *Pythium* sp. แต่ในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยใน BF 1 ทั้ง 3 อัตราการไหล ตรวจพบเชื้อดังกล่าวน้อยที่สุดในช่วง 93.4-113.4 cfu/g ส่วนใน BF 2 ตรวจพบมากที่สุดในช่วง 310-353.4 cfu/g ขณะที่ SSF ตรวจพบอยู่ในช่วง 236.6-246.6 cfu/g อย่างไรก็ตาม แม้ในกรรมวิธี BF 2 จะมีปริมาณเชื้อ *Pythium* sp. สูงที่สุด แต่กลับมีเปอร์เซ็นต์ การเกิดโรคและความรุนแรงของโรคน้อยกว่าในกรรมวิธีอื่นๆ (Fig. 3) ส่วนปริมาณเชื้อ *Pythium* sp. ถังสารละลายธาตุอาหารตรวจพบในปริมาณที่น้อยกว่า 40 cfu/g ในทุกกรรมวิธี (ไม่แสดงผล)

1.3 ปริมาณเชื้อ *Trichoderma harzianum*

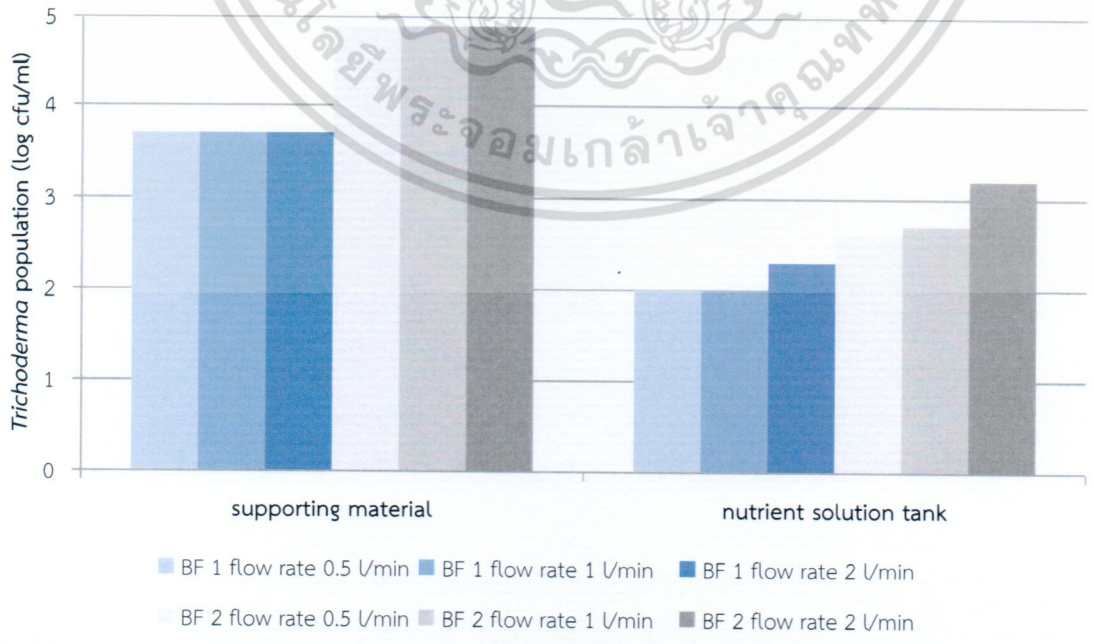


Figure 4 *Trichoderma harzianum* population in supporting material and nutrient solution in the tank of biofiltration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการตรวจนับประชากรเชื้อ *Trichoderma harzianum* ที่หลงเหลืออยู่ในระบบกรองชีวภาพทั้งสอง หลังจากทำการทดลองมาแล้วเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ประชากร *Trichoderma harzianum* ในวัสดุรองรับของ BF 1 มีปริมาณที่เท่ากันทั้ง 3 อัตราไหล คือ 3.7 log cfu/ml ส่วนในถังสารละลายธาตุอาหารพบในปริมาณที่ไม่แตกต่างกันมากนักคือ 2-2.3 log cfu/ml สำหรับประชากรในวัสดุรองรับของ BF 2 ไม่แตกต่างกันในทั้ง 3 อัตราไหล คือ 4.9 log cfu/ml แต่จะเห็นความแตกต่างของ *Trichoderma harzianum* ในถังสารละลายธาตุอาหาร โดยที่อัตราไหล 2 ลิตรต่อนาที ตรวจพบเชื้อดังกล่าวมากที่สุด คือ 3.2 log cfu/ml ในขณะที่อัตราไหลอื่นๆ พบในช่วง 2.6-2.7 log cfu/ml จากผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าจำนวนประชากร *Trichoderma harzianum* ในถังสารละลายของ BF 2 ที่อัตราไหล 2 ลิตรต่อนาที ซึ่งมีมากที่สุด ส่งผลทำให้เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและความรุนแรงของโรคน้อยกว่าในกรรมวิธีอื่นๆ (Fig. 4)

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการศึกษาการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชนิดวัสดุรองรับ และอัตราการไหลของสารละลายธาตุอาหารของระบบกรองชีวภาพ เพื่อควบคุมเชื้อ *Pythium* sp. สาเหตุโรครากเน่าของผักสลัดในระบบไฮโดรโพนิกส์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระบบกรองชีวภาพที่มีแกลบเผาเป็นวัสดุรองรับ และระบบกรองผ่านทรายแบบช้า (slow sand filtration) มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและความรุนแรงของโรคน้อยในอัตราการไหลของสารละลายธาตุอาหารที่ต่ำ (0.5 ลิตรต่อนาที) เนื่องจากอัตราการไหลที่ต่ำจึงทำให้อนุภาคอินทรีย์ และอนินทรีย์รวมถึงเชื้อโรคจะถูกพื้นผิวทรายและวัสดุรองรับจับยึดไว้ (Wohanka, 1995) ส่งผลทำให้อัตราการเกิดโรคและความรุนแรงของโรคในอัตราการไหลที่ต่ำมีน้อยกว่าอัตราการไหลที่สูง ขณะที่ระบบกรองชีวภาพที่มีสแฟกนั่มมอสเป็นวัสดุรองรับ กลับมีผลการทดลองไปในทิศทางตรงกันข้าม โดยอัตราการไหล 2 ลิตรต่อนาที ซึ่งเป็นอัตราการไหลที่สูงที่สุดกลับมีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และความรุนแรงของโรคน้อย ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากภายในวัสดุรองรับมี *Trichoderma harzianum* อยู่ในปริมาณมาก (ประมาณ log 4.9 cfu/ml) อัตราการไหลที่สูงอาจทำให้ประชากร *Trichoderma harzianum* หลุดรอดลงสู่กระบะสารละลายธาตุอาหารได้มากกว่า จากนั้นเชื้อดังกล่าวจะเข้าครอบครองรากพืช (colonize) และช่วยกระตุ้นให้พืชต้านทานต่อโรครากเน่าได้ (Gul *et al*., 2008; Vinale *et al*., 2009; Cai *et al*., 2013; Nawrocka and Malolepzsa, 2013) นอกจากนี้ยังพบว่าวัสดุรองรับในระบบกรองชีวภาพสามารถรักษาจำนวนประชากร *Trichoderma harzianum* ให้อยู่ในระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารได้ยาวนานขึ้น (Jaikengkaj *et al*., 2015; คเณศ และคณะ, 2558)

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ระบบกรองชีวภาพที่มีแกลบเผาเป็นวัสดุรองรับ และระบบกรองผ่านทรายแบบช้า (slow sand filtration) จะมีประสิทธิภาพที่ดีในการลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และความรุนแรงของโรค ในอัตราการไหลของสารละลายธาตุอาหารที่ต่ำ (0.5 ลิตรต่อนาที) ในขณะที่ระบบกรองชีวภาพที่มีสแฟกนั่มมอสเป็นวัสดุรองรับสามารถลดเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค และความรุนแรงของโรคได้ดีที่สุดที่อัตราการไหล 2 ลิตรต่อนาที เป็นที่น่าสนใจว่า ระบบกรองชีวภาพทั้งสองมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดโรครากเน่าได้ดีกว่าระบบกรองทรายอย่างช้า ซึ่งหากมีการพัฒนาต่อยอด จะทำให้ลดความสูญเสียที่เกิดจากโรคดังกล่าว ทั้งยังส่งเสริมให้พืชเจริญเติบโตได้ดีขึ้น อันจะนำไปสู่การจัดการโรคอย่างเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ลดการใช้สารเคมี ปลอดภัยต่อสุขภาพของเกษตรกรและผู้บริโภคต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนการดำเนินงานวิจัยตามสัญญาเลขที่ A118-59-054 และให้ทุนในการนำเสนอผลงานวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

คเณศ ใจเก่งกาจ ชิติพันธ์ ทองเจริญสุขชัย และพรหมมาศ คูหากาญจน์. 2558. การศึกษาผลของวัสดุรองรับต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากร *Trichoderma harzianum* ในสารละลายธาตุอาหารหมุนเวียน. *ใน* การประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติครั้งที่ 14. 18-20 พฤศจิกายน. โรงแรมสวนนงนุชการ์เด้น, ชลบุรี.

ธิติ ทองคำงาม พรหมมาศ คูหากาญจน์ และ ถนิมนันต์ เจนอักษร. 2555. รายงานครั้งแรกของโรคเหี่ยวในผักสลัดที่ปลูกในระบบ NFT ที่เกิดจากเชื้อ *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucae* และการทดสอบความสามารถในการทำให้เกิดโรคกับผักสลัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 สายพันธุ์. *ใน* การประชุมวิชาการเกษตรนเรศวรครั้งที่ 10, คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, หน้า 72-81.

พรหมมาศ คูหากาญจน์. 2539. เรื่องน่ารู้บางประการเกี่ยวกับเชื้อ *Pythium* sp. (ตอนที่ 2). วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 15(3): 47-53.

พรหมมาศ คูหากาญจน์. 2546. โรคพืชในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินและการควบคุมโรค. วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 21: 76-87.

Bergstand, K.J., Khalil S., Hultberg, M. and Alsaninus, B.W. 2011. Cross response of slow filters to dual pathogen inoculation in closed hydroponics growing systems. The Open Horticulture Journal 4: 1-9.

Blancard, D., Lot H. and Maisoneuve, B. 2006. A colour atlas of diseases of lettuce and related salad crops. Manson publishing. U.K. 375 pp.

Cai, F., Yu, G., Wang, P., Wei, Z., Fu, L., Shen, Q. and Chen, W. 2013. Harzianolide, a novel plant growth regulator and systemic resistance elicitor form *Trichoderma harzianum*. Plant Physiology and Biochemistry 73: 106-113.

Elad, Y., Chet, I. and Henis, Y. 1981. Selective media for improving quantitative isolation of *Trichoderma* spp. from soil. Phytoparasitica 9(1): 59-67.

Gul, A., Kidogin, F., Tuzel, Y. and Tuzel, H. I. 2008.Effect of *Bacillus amyloliquefaciens* on tomato (*Solanum lycopersicum* L.) growing in perlite. Spainish Journal of Agricultural Research 6(3): 422-429.

Jaikengkaj, K., Koohakan, P. and Jeanaksorn, T. 2015. Comparisonof *Trichoderma* population in the re-circulating nutrient solution with and without supporting material. page 177-180. 2nd International symposium on Agricultural Technology. 1-4 July 2015. A-one the royal cruise hotel, Chonburi.

Nawrocka, J. and Malolepsza, U. 2013. Diversity in plant systemic resistance induced by *Trichoderma*. Biological Control 67: 149-156.

Vinale, F., Flematti, G., Sivasithamparum, K., Lorito, M., Marra, R., Skelton, B. W. and Ghisalberti, E. L. 2009. Harzianic acid, an antifungal and plant growth promoting metabolite from *Trichoderma harzianum*. Journal of Natural Products 72: 2032-2035.

Wohanka, W. 1995. Disinfection of recirculating nutrient solution by slow sand filtration. Acta Horticulturae 382: 246–255.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาพืชศาสตร์ คณะทรัพยากรธรรมชาติ

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90112

โทรศัพท์ : 074-286138-9 | Fax : 074-558803 | E-Mail : nhc2016.fnr@gmail.com

Facebook : NHC2016

www.natres.psu.ac.th/nhc15

จัดโดย

บทคัดย่อ
Abstract

ครั้งที่ 15

การประชุมวิชาการ

พืชสวนแห่งชาติ

[พืชสวนไทย ปลอดภัย มั่งคั่ง และยั่งยืน]

9-12 พฤศจิกายน 2559

ณ โรงแรม ลี การ์เดนส์ พลาซ่า อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

บทคัดย่อ การประชุมวิชาการ พืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 15

สารบัญบทคัดย่อ

ภาคบรรยาย

รหัส	ชื่อเรื่อง/ผู้แต่ง	หน้า
OV23	การใช้สารสกัดหยาบใบหมี่เหม็น (*Litsea glutinosa*) ในการควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) ***พรไพลิน อิงคโชติวณิช, ธิเบธ ตังเปา, เยาวลักษณ์ จันทร์บาง, บาจรีย์ ฉัตรทอง และ สรณะ สมโน***	76
OV24	ผลของเชื้อรายย่อยสลายและระยะเวลาในการหมักปุ๋ยต่อคุณภาพปุ๋ยหมักผักตบชวา ***สุรพงค์ คุณา, กนิษฐา ทองเกล็ด, บุญร่วม คิดค้า และ วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก***	77
OV25	สารล่อต่อการตอบสนองของตัวเต็มวัยเพศผู้และเพศเมียแมลงวันพริก *Bactrocera latifrons* Hendel (Diptera: Terphritidae) ***อโนทัย วิงสระน้อย และ ศรีสุภา ลีทอง***	78
OV26	อิทธิพลของสีกับดักและช่วงเวลาระหว่างวันต่อการดักจับแมลงวันแตง *Zeugodacus cucurbitae* (Couqillett) (Diptera: Tephritidae) ด้วยสารคิว-ลัวร์ในสภาพแปลง ***นริศ ท้าวจันทร์, ยาวารียีะห์ สาเมาะ และ กนกกาญจน์ ตลึงผล***	79
OV27	การคัดเลือกเชื้อรา *Trichoderma* spp. เพื่อควบคุมเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* สาเหตุโรคโคนเน่าแก่นตะวัน ***สุนัสดา โสรัตน์สะ, นิรัตน์ หนูทอง และ สุภาภรณ์ เอี่ยมเข่ง***	80
OV28	ผลของระยะเวลาในการรมน้ำมันหอมระเหยตะไคร้หอมต่อการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Aspergillus tubingenesis* และ *Penicillium steckii* ในผลิตภัณฑ์หัตถกรรมผักตบชวา ***สมสุดา วรพันธุ์, วิพรพรรณ์ เนื่องเม็ก และ วาสนา พิทักษ์พล***	81
OV29	ผลของวัสดุรองรับอินทรีย์ในการคงระดับจำนวนประชากรของเชื้อรา *Trichoderma* sp. และประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. ในสารละลายธาตุอาหารของระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ***ทักษพร ช้างม่วง, คเณศ ใจเก่งกาจ และ พรหมมาศ คูหากาญจน์***	82
OV30	ผลของวัสดุรองรับอนินทรีย์ในการคงระดับจำนวนประชากรของเชื้อรา *Trichoderma* sp. และประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. ในสารละลายธาตุอาหารของระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ***ปาณิศา ประสม, คเณศ ใจเก่งกาจ และ พรหมมาศ คูหากาญจน์***	83
OV31	ความยั่งยืนของการปลูกวานิลลาเชิงการค้าในประเทศไทย ***ธิติมา วงษ์ชีรี***	84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของวัสดุรองรับอินทรีย์ในการคงระดับจำนวนประชากรของเชื้อรา *Trichoderma* sp. และประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. ในสารละลายธาตุอาหารของระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

Effects of Organic Supporting-Material to Maintain Trichoderma Population and The Efficiency to Suppress *Pythium* sp. in The Nutrient Solution of Hydroponics

ทักษพร ช้างม่วง[1] คเณศ ใจเก่งกาจ[1] และ พรหมมาศ คูหากาญจน์[1]
Changmuang, T.[1], Jaikengkaj, K.[1] and Koohakam, P.[1]

บทคัดย่อ

ศึกษาผลของวัสดุรองรับอินทรีย์ จำนวน 7 ชนิด ได้แก่ ขุยมะพร้าว พีทมอส เวอร์มิคูไลท์ แกลบ เปลือกไม้สับ สแฟกนั่มมอส และรำ ในการคงระดับจำนวนประชากรของเชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma harzianum* เพื่อนำไปใช้ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ผลการทดลองพบว่าวัสดุรองรับอินทรีย์ทุกชนิดยกเว้นรำ สามารถรักษาจำนวนประชากรของ *T. harzianum* ให้คงอยู่ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้เป็นอย่างดี โดยเฉพาะสแฟกนั่มมอสที่สามารถรักษาจำนวนประชากรของราปฏิปักษ์ในสัปดาห์สุดท้ายได้ถึง 5.5 log cfu/ml ในขณะที่กรรมวิธีควบคุม (ไม่มีวัสดุรองรับ) เหลือเพียง 0.7 log cfu/ml และยังพบว่าผักสลัดกรีนโอ๊คที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไหลผ่านวัสดุรองรับของทุกกรรมวิธีมีการเจริญเติบโตได้ดีกว่ากรรมวิธีควบคุม จากนั้นเมื่อแยกเชื้อรา *T. harzianum* ซ้ำจากวัสดุรองรับที่ใช้แล้วในการทดลองมาทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมเชื้อ *Pythium sp.* ด้วยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม พบว่าทุกไอโซเลทยังคงมีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อ *Pythium sp.* ได้เป็นอย่างดี โดยพบกลไกการยับยั้ง 2 กลไกคือ กลไกแบบ competition และกลไกแบบ parasitism และเมื่อนำวัสดุรองรับที่มีเชื้อราปฏิปักษ์มาทดสอบประสิทธิภาพในการลดปริมาณเชื้อ *Pythium sp.* พบว่าทุกกรรมวิธีสามารถลดปริมาณเชื้อ Pythium sp.ได้ โดยพบปริมาณเชื้ออยู่ในช่วง 6.6-63.3 cfu/100ml ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมพบปริมาณเชื้อถึง 88.3 cfu/100 ml นอกจากนี้ในการทดสอบการมีชีวิตรอดของ *T. harzianum* ที่เลี้ยงในวัสดุรองรับในสภาพที่มีอากาศ และอับอากาศ พบว่ายังสามารถคงระดับประชากร และความมีชีวิตรอดได้เป็นระยะเวลา 10 สัปดาห์ถึงแม้ว่าจะสามารถเจริญได้ดีในสภาพที่มีอากาศแต่ในสภาพอับอากาศก็ยังสามารถมีชีวิตรอดได้ซึ่งในสแฟกนั่มมอสจะมีการลดลงของจำนวนประชากรน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุรองรับชนิดอื่นๆ ข้อมูลที่ได้นี้จึงเป็นประโยชน์ต่อการนำไปพัฒนาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมโรคโดยชีววิธีในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้ต่อไป

คำสำคัญ: ระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ราปฏิปักษ์ *Trichoderma harzianum* วัสดุรองรับอินทรีย์

Abstract

This study focused on 7 kinds of organic materials namely; coconut-husk dust, vermiculite, peat moss, rice husk, chopped bark, sphagnum moss and rice bran as a supporting material to maintain the population of *Trichoderma harzianum* in hydroponics. The result showed that most of organic supporting materials except for rice bran, could maintain the population of *T. harzianum* in the re-circulated nutrient solution system at higher level than control (without supporting material). Especially sphagnum moss, the antagonistic fungus was found at 5.5 log cfu/ml., while control was found only 0.7 log cfu/ml. Furthermore, green oak lettuce grown in the nutrient solution that passes though this supporting material had better growth than control. The study on the characteristics and properties of the antagonist in used- supporting materials were also evaluated. The results showed that all isolates, re-isolated from used- supporting materials still had an antagonistic activities against *Pythium* sp., and the competition and parasitism mechanism were also found. The reduction of *Pythium* sp. by each supporting material plus antagonist showed an appropriate results. All treatments could decrease this pathogen, it was found around 6.6-63.3 cfu/100ml, while control was 88.3 cfu/100 ml. The survival of *T. harzianum* was also evaluated inaerobic and anaerobic condition. The result found that *T. harzianum* had alive so long up to 10 weeks in both conditions and it's population in sphagnum moss was decrease slightly compared with other supporting material. This information is useful for developing the biological control methods to improve its efficiency and apply to hydroponics.

Keywords: hydroponics, antagonistic fungus *Trichoderma harzianum*, organic supporting materials

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชคณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง รุงเทพฯ 10520
[1] Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

ลิขสิทธิ์เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลของวัสดุรองรับอนินทรีย์ในการคงระดับจำนวนประชากรของเชื้อรา *Trichoderma* sp. และประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อ *Pythium* sp. ในสารละลายธาตุอาหารของระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

Effects of Inorganic Supporting-Material to Maintain Trichoderma Population and the Efficiency to Suppress *Pythium* sp. in the Nutrient Solution of Hydroponics

OV

ปาณิศา ประสม[1] คเณศ ใจเก่งกาจ[1] และ พรหมมาศ คูหากาญจน์[1]
Prasom, P.[1], Jaikengkaj, K.[1] and Koohakan, P.[1]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้ได้นำวัสดุรองรับประเภทอนินทรีย์ ได้แก่ ทรายหยาบ ทรายละเอียด เพอร์ไลท์ ฟองน้ำ เม็ดดินเผา และใยสังเคราะห์มาใช้ในการเป็นวัสดุรองรับเชื้อรา *Trichaderma harzianum* เพื่อช่วยในการคงระดับจำนวนประชากรของเชื้อราดังกล่าว ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จากการทดลองพบว่าวัสดุรองรับทุกชนิดสามารถรักษาระดับจำนวนประชากรให้ลดลงอย่างช้าๆ โดยเพอร์ไลท์สามารถคงระดับจำนวนประชากรได้สูงที่สุด มีจำนวนเชื้อคงเหลือถึง 4.20 log cfu/ml หลังสิ้นสุดการทดลอง ในขณะที่กรรมวิธีควบคุมเหลือปริมาณเชื้ออยู่เพียง 1.80 log cfu/ml และพบว่าผักสลัดกรีนโอ๊คในทุกกรรมวิธียังมีการเจริญเติบโตดีกว่ากรรมวิธีควบคุมอีกด้วย ในการตรวจสอบความสามารถในการลดปริมาณเชื้อ *Pythium* sp. พบว่าทุกกรรมวิธีสามารถลดปริมาณเชื้อดังกล่าวได้ดีกว่ากรรมวิธีควบคุม โดยเฉพาะอย่างยิ่งทรายละเอียดที่ไม่ตรวจพบปริมาณเชื้อ *Pytium* sp. ตั้งแต่สัปดาห์ที่ 3 รองลงมาได้แก่ ทรายหยาบ เม็ดดินเผา เพอร์ไลท์ ฟองน้ำ และ ใยสังเคราะห์ ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบว่าเชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกซ้ำจากวัสดุรองรับอนินทรีย์หลังจากการใช้งานในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินทุกไอโซเลท ยังคงมีลักษณะทางสัณฐานวิทยา และคุณสมบัติไม่ต่างจากเชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกใหม่จากชีวผลิตภัณฑ์ (control) โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้ง 36.66-40 เปอร์เซ็นต์ และจากการทดสอบการมีชีวิตรอดของ *T. harzianum* ที่เลี้ยงในวัสดุรองรับในสภาพที่มีอากาศ และอับอากาศ พบว่ายังสามารถคงระดับประชากร และความมีชีวิตรอดได้เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ผลการศึกษาครั้งนี้สามารถนำไปพัฒนาและปรับใช้ในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้ในอนาคต

คำสำคัญ: ระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ราปฏิปักษ์ *Trichoderma harzianum* วัสดุรองรับอนินทรีย์

Abstract

In this study, inorganic materials such as coarse sand, fine sand, perlite, polyethene foam, expanded clay and polyester fiber were studied as a supporting material to maintain the population of *Trichoderma harzianum* in an appropriate level in hydroponics system. The result showed that the population of *T. harzianum* in the system with supporting material was reduced slowly. In perlite, the population of *T. harzianum* was highest at 4.20 log cfu/ml while in control it reduced to 1.80 log cfu/ml at the end of experiment. In addition, green oak lettuce grown in systems with supporting material had better growth than control. All treatments could reduce the population of *Pytium* sp. when compared with control. Especially in fine sand, *Pythium* sp. was not detected since 3 week after inoculation followed by coarse sand, expanded clay, perlite, polyethene foam and polyester fiber, respectively. Furthermore, *T. harzianum* re-isolate from used-inorganic supporting materials were not changed in their morphology and properties to control *Pythium* sp. with their inhibition form 36.66-40 percentages. The survival of *T. harzianum* in aerobic and anaerobic condition was also studied. The result found *T. harzianum* had alive up to 8 weeks in both conditions. This study is useful information to improve the efficiency of *T. harzianum* for application in hydroponics system.

Keywords: hydroponics, antagonistic fungus *Trichoderma harzianum*, inorganic supporting materials

[1] ภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืชคณะเทคโนโลยีการเกษตรสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังกรุงเทพฯ 10520
[1] Department of Plant Production Technology, Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้