

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาประสิทธิภาพและกลไกของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ <i>Streptomyces</i> spp. ในการควบคุมโรคในพืชตระกูลกะหล่ำ
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นางสาวสุภา พ่วงน่ม
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ. ดร.ผ่องเพ็ญ จิตอารีรัตน์ ผศ. ดร.อภิรดี อุทัยรัตนกิจ
หลักสูตร	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
สายวิชา	เทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว
คณะ	ทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี
ปีการศึกษา	2557

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Streptomyces* spp. ในการควบคุมโรคพืชตระกูลกะหล่ำ ทำโดยนำเชื้อแบคทีเรีย *Streptomyces* spp. ไอโซเลท F2, F3, I14, J2 และ K1 มาทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเส้นใยเชื้อรา *Rhizoctonia* sp., *Alternaria* sp., *Pythium* sp. และ *Fusarium* sp. ด้วยวิธี Dual culture bioassay บนอาหาร IMA-2 ที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5-7 วัน พบว่าเชื้อแบคทีเรีย *Streptomyces* spp. ทุกไอโซเลทมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเส้นใยเชื้อรา *Rhizoctonia* sp., *Alternaria* sp. และ *Pythium* sp. โดยมีเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอยู่ในช่วง 12.76-99.04 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ไอโซเลท I14 และ J2 ไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเส้นใยเชื้อรา *Fusarium* sp. เมื่อทดสอบความสามารถในการผลิตเอนไซม์ Chitinase บนอาหาร Chitin selective agar ที่อุณหภูมิ 28 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 วัน พบว่าเชื้อแบคทีเรีย *Streptomyces* spp. ทุกไอโซเลท มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์ Chitinase โดยย่อยโคตินและให้ clear zone ขนาด 0.92-3.58 มิลลิเมตร และเมื่อทำการวิเคราะห์กิจกรรมของเอนไซม์ Chitinase ทำโดยเลี้ยงเชื้อแบคทีเรีย *Streptomyces* spp. ในอาหารเหลว IMA-2 นาน 36 ชั่วโมง พบว่าทุกไอโซเลท สามารถผลิต Chitinase ได้สูงสุดในชั่วโมงที่ 16-24 โดยไอโซเลท J2 มีกิจกรรมเอนไซม์ Chitinase สูงสุดคือ 0.0079-0.0080 unit/ml รองลงมาคือ ไอโซเลท K1, F3, F2 และ I14 ตามลำดับ การทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Streptomyces* sp. ไอโซเลท F3 ต่อการควบคุมโรคเน่าคอดินสาเหตุจากเชื้อรา *Rhizoctonia* sp. ในสภาพโรงเรือน ที่ปลูกโดยใช้ดินและการปลูกในระบบไฮโดรโปนิคส์ ทำโดยแบ่งต้นกวางตุ้งออกเป็น 6 กลุ่ม และทำการปลูกเชื้อแบคทีเรียหรือเชื้อราสาเหตุโรคลงในดินหรือภาชนะที่ปลูกต้นกวางตุ้ง ดังนี้ 1) เชื้อ *Streptomyces* sp. ไอโซเลท F3 2) *Rhizoctonia* sp. 3)

Streptomyces sp. ไอโซเลท F3 ตามด้วยเชื้อ *Rhizoctonia* sp. 4) *Rhizoctonia* sp. ตามด้วยเชื้อ *Streptomyces* sp. ไอโซเลท F3 5) *Rhizoctonia* sp. ตามด้วยสารกำจัดเชื้อรา (เบนโนมิล) และ 6) น้ำกลั่น/น้ำประปา (ชุดควบคุม) หลังการปลูกเชื้อ *Streptomyces* sp. นาน 5 วัน ผลการทดสอบผักกวางตุ้งที่ปลูกโดยใช้ดิน พบว่าการใส่เชื้อ *Streptomyces* sp. ก่อนหรือหลังการปลูกเชื้อราสาเหตุโรคสามารถควบคุมการเกิดโรคเน่าคอดินได้ 100 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าการใส่เชื้อ *Streptomyces* sp. มีผลกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับความต้านทานโรคให้สูงขึ้น ได้แก่ เอนไซม์ Chitinase, β -1,3-Glucanase และ phenylalanine ammonia-lyase ในขณะที่ผักกวางตุ้งที่ใส่เชื้อรา *Rhizoctonia* sp. เพียงอย่างเดียวพบการเกิดโรคเท่ากับ 57.14 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผักกวางตุ้งที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์ พบว่าเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. สามารถช่วยลดความรุนแรงในการเกิดโรคเน่าคอดินได้ แต่การลดลงของความรุนแรงโรคนี้อาจไม่ได้มีสาเหตุมาจากผักกวางตุ้งมีการผลิตเอนไซม์ Chitinase, β -1,3-Glucanase และ Phenylalanine ammonia lyase เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ พบว่าการปลูกเชื้อรา *Rhizoctonia* sp. มีผลกระตุ้นกิจกรรมเอนไซม์เหล่านี้ให้เพิ่มสูงขึ้นได้ด้วย จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Streptomyces* sp. ไอโซเลท F3 มีศักยภาพในการควบคุมโรคเน่าคอดินในผักกวางตุ้งได้

คำสำคัญ: กวางตุ้ง/ แบคทีเรียปฏิปักษ์/ *Rhizoctonia* sp./ *Streptomyces* spp.

Thesis Title	Study on the Efficacy and Mechanism of Antagonistic <i>Streptomyces</i> spp. on the Disease Control of Cruciferae
Credits	12 Credits
Candidate	Miss Supa Puangnim
Thesis Advisors	Asst. Prof. Dr. Pongphen Jitareerat Asst. Prof. Dr. Apiradee Uthairatanakit
Program	Master of Science
Field of Study	Postharvest Technology
Department	Postharvest Technology
Faculty	School of Bioresources and Technology
Academic Year	2014

Abstract

The efficacy of antagonistic *Streptomyces* spp. on the control of Cruciferae diseases was investigated. *Streptomyces* spp. isolate F2, F3, I14, J2 and K1 were used to test its efficiency on the inhibition of mycelia growth of *Rhizoctonia* sp., *Alternaria* sp., *Pythium* sp. and *Fusarium* sp. by Dual culture bioassay on IMA-2 medium incubated at 28 ± 2 °C for 5-7 days. The result showed that all *Streptomyces* isolates had an efficiency to inhibit the mycelial growth of *Rhizoctonia* sp., *Alternaria* sp. and *Pythium* sp. within the range of 12.76-99.04% whereas isolate I14 and J2 could not inhibit the mycelial growth of *Fusarium* sp.. All isolate of *Streptomyces* spp. could produce chitinase on chitin selective agar incubated at 28 ± 2 °C for 10 days with the clear zone was in the range of 0.93-3.58 mm. Chitinase activity was then analyzed by culturing *Streptomyces* spp. in IMA-2 broth for 36 hr. It was found that the activity of chitinase peaked at 16-24 hr. in all isolates. The highest activity was found in *Streptomyces* sp. isolate J2 with the range of 0.108-0.110 unit/ml, followed by isolates K1, F3, F2 and I14, respectively. The effect of *Streptomyces* isolate F3 to control the damping off disease caused by *Rhizoctonia* sp. was investigated in the green house by culturing in soil and in hydroponic system. Seedlings of Chinese mustard cabbage were divided into 6 groups and then inoculated with antagonistic bacteria or pathogen into the pot or chambers as the following; 1) *Streptomyces* sp. isolate F3, 2) *Rhizoctonia* sp., 3) *Streptomyces* sp. isolate F3 followed by *Rhizoctonia* sp., 4) *Rhizoctonia* sp. followed by *Streptomyces* sp. isolate F3, 5) *Rhizoctonia* sp. followed by fungicide (Benomyl) and 6) distilled or tap water (control) respectively.

After inoculating for 5 days, the application of *Streptomyces* sp. before or after inoculating with pathogen gave the great effect to control disease for 100%. *Streptomyces* sp. was able to induce the activities of the enzymes associated with plant defense; chitinase, β -1,3-glucanase and phenylalanine ammonia-lyase, Meanwhile, Chinese mustard cabbages inoculated with *Rhizoctonia* sp. alone showed the highest disease incidence with 57.14%. In hydroponic system, the results showed that the application of *Streptomyces* sp. could delay damping off disease severity but the delaying of severity was not resulted by the increase of chitinase, β -1,3-glucanase and Phenylalanine ammonia lyase activity in Chinese mustard cabbage. However, it was found that these enzyme production were increase with *Rhizoctonia* sp. infection. Thus, this results indicate that *Streptomyces* sp. isolate F3 may have the potential to control damping off disease in Chinese mustard cabbage.

Keywords: Antagonistic bacteria/ Chinese mustard cabbages/ *Rhizoctonia* sp./ *Streptomyces* spp.

กิตติกรรมประกาศ

ในการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ทูนสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย ทูนวิจัยมหบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภายใต้โครงการเชื่อมโยงภาคการผลิตกับงานวิจัย ทูน สกว.-อุตสาหกรรม ประจำปี 2555 และ บริษัทนิวทรีชั่น จำกัด ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย ทำให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. ผ่องเพ็ญ จิตอารีรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร. อภินันท์ อุทัยรัตนกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร. พนิดา บุญฤทธิ์ธงไชย ผศ.ดร. จุฑาทิพย์ โพธิ์อุบล และ ผศ.ดร. เนตรนภิส เขียวขำ กรรมการที่ปรึกษา ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและสนับสนุนในด้านต่างๆ ตลอดจนตรวจแก้ไขงานวิจัยนี้ให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น ขอขอบคุณเพื่อน ๆ และพี่ๆ นักศึกษาปริญญาโทและปริญญาเอก สายวิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ที่ให้ความช่วยเหลือทั้งร่างกายและแรงใจในระหว่างทำการวิจัย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ คุณตา คุณยาย ที่ให้การอบรมเลี้ยงดูเอาใจใส่เป็นอย่างดี และคอยให้กำลังใจในการศึกษาตลอดมา จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	๖
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	๗
กิตติกรรมประกาศ	๗
สารบัญ	๗
รายการตาราง	๗
รายการรูปประกอบ	๗
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ที่มาของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 สมมุติฐานของงานวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	3
2. ตรวจเอกสาร	4
2.1 ผักตระกูลกะหล่ำ	4
2.2 โรคที่สำคัญของผักตระกูลกะหล่ำ	4
2.3 การใช้สารเคมีควบคุมโรคพืช	12
2.4 การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี (Biological control)	13
2.5 ลักษณะทั่วไปและความสำคัญของเชื้อ <i>Streptomyces</i> spp.	18
2.6 เชื้อ <i>Streptomyces</i> spp. กับการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี	20
3. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	23
3.1 การศึกษากลไกการออกฤทธิ์ของเชื้อ <i>Streptomyces</i> spp. ในการควบคุมเชื้อราและแบคทีเรียสาเหตุโรคในพืชตระกูลกะหล่ำในหลอดทดลอง (in vitro test)	23

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 การศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปฏิชีวนะ <i>Streptomyces</i> sp. ในการควบคุมโรคเน่าคอดินที่เกิดจากเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp. ในพืชตระกูลกะหล่ำในระดับโรงเรือน (Greenhouse)	29
3.3 สถานที่ดำเนินงานวิจัย	40
4. ผลการทดลอง	41
4.1 การศึกษากลไกการออกฤทธิ์ของเชื้อ <i>Streptomyces</i> spp. ในการควบคุมเชื้อราและแบคทีเรียสาเหตุโรคในพืชตระกูลกะหล่ำในหลอดทดลอง (<i>in vitro test</i>)	41
4.2 การศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปฏิชีวนะ <i>Streptomyces</i> sp. ในการควบคุมโรคเน่าคอดินที่เกิดจากเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp. ในพืชตระกูลกะหล่ำในระดับโรงเรือน (Greenhouse)	47
5. วิเคราะห์ผลการทดลอง	58
5.1 การศึกษากลไกการออกฤทธิ์ของเชื้อ <i>Streptomyces</i> spp. ในการควบคุมเชื้อราและแบคทีเรียสาเหตุโรคในพืชตระกูลกะหล่ำในหลอดทดลอง (<i>in vitro test</i>)	58
5.2 การศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรียปฏิชีวนะ <i>Streptomyces</i> sp. ในการควบคุมโรคเน่าคอดินที่เกิดจากเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp. ในพืชตระกูลกะหล่ำในระดับโรงเรือน (Greenhouse)	61
6. สรุปผลการทดลอง	64
6.1 สรุปผลการทดลอง	64
6.2 ข้อเสนอแนะ	65
เอกสารอ้างอิง	66

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก

ก	วิธีเตรียมสารเคมี	85
ข	การวิเคราะห์ผลสถิติ	93

ประวัติผู้วิจัย

104

รายการตาราง

ตาราง		หน้า
2.1	สารปฏิชีวนะบางชนิดที่ผลิตจากเชื้อในสกุล <i>Streptomyces</i> spp. และฤทธิ์ในการยับยั้งจุลินทรีย์	19
2.2	ลักษณะการออกฤทธิ์ของสารปฏิชีวนะที่ผลิตจากเชื้อ <i>Streptomyces</i> spp.	20
2.3	ตัวอย่างการศึกษาการใช้ <i>Streptomyces</i> spp. ในการควบคุมโรคพืช	22
4.1	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคของผักกวางตุ้งที่ปลูกเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp. สาเหตุโรคเน่าคอดินและ/หรือเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> sp. ไอโซเลท F3 เปรียบเทียบกับต้นกวางตุ้งที่ได้รับสารเคมีกำจัดเชื้อรา 1) น้ำกลั่น (Control) 2) <i>Streptomyces</i> sp. F3 3) <i>Rhizoctonia</i> sp. 4) <i>Streptomyces</i> sp. F3+ <i>Rhizoctonia</i> sp. 5) <i>Rhizoctonia</i> sp.+ <i>Streptomyces</i> sp. F3 และ 6) <i>Rhizoctonia</i> sp.+Benomyl	48
ข. 1	ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> spp. ไอโซเลท F2, F3, I14, J2 และ K1 ในการยับยั้งการเจริญเส้นใยเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp., <i>Alternaria</i> sp., <i>Pythium</i> sp. และ <i>Fusarium</i> sp. โดยวิธี Dual culture bioassay บนอาหาร IMA-2 บ่มที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส นาน 5-7 วัน	94
ข. 2	กิจกรรมของเอนไซม์ Chitinase ของเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> spp. ในอาหารเหลว IMA-2 บ่มที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส ในสภาวะเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที นาน 36 ชั่วโมง	95
ข. 3	กิจกรรมของเอนไซม์ Chitinase ของผักกวางตุ้ง อายุ 34 วัน ที่ปลูกด้วยระบบดิน นำผักมาปลูกเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp. สาเหตุโรคเน่าคอดินและ/หรือเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> sp. ไอโซเลท F3 เปรียบเทียบกับต้นกวางตุ้งที่ได้รับสารเคมีกำจัดเชื้อรา Benomyl และน้ำประปา (Control)	96
ข. 4	กิจกรรมของเอนไซม์ β -1,3-Glucanase ของผักกวางตุ้งอายุ 34 วัน ที่ปลูกด้วยระบบดิน นำผักมาปลูกเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp. สาเหตุโรคเน่าคอดินและ/หรือเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> sp. ไอโซเลท F3 เปรียบเทียบกับต้นกวางตุ้งที่ได้รับสารเคมีกำจัดเชื้อรา Benomyl และน้ำประปา (Control)	97

รายการตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
ข. 5	กิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase ของผักกวางตุ้งอายุ 34 วัน ที่ปลูกด้วยระบบดิน นำผักมาปลูกเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp. สาเหตุโรคเน่าคอดิน และ/หรือเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> sp. ไอโซเลท F3 เปรียบเทียบกับต้น กวางตุ้งที่ได้รับสารเคมีกำจัดเชื้อรา Benomyl และน้ำประปา (Control)	98
ข. 6	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเน่าคอดินของผักกวางตุ้งอายุ 12 วัน ที่ปลูกด้วยระบบ ไฮโดรโปนิคส์ นำผักมาปลูกเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp. สาเหตุโรคเน่าคอดินและ/ หรือเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> sp. ไอโซเลท F3 เปรียบเทียบกับต้นกวางตุ้งที่ ได้รับสารเคมีกำจัดเชื้อรา Benomyl และน้ำกลั่น (Control)	99
ข. 7	ความรุนแรงของโรคเน่าคอดินของผักกวางตุ้งอายุ 12 วัน ที่ปลูกด้วยระบบ ไฮโดรโปนิคส์เป็น นำผักมาปลูกเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp. สาเหตุโรคเน่าคอดิน และ/หรือเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> sp. ไอโซเลท F3 เปรียบเทียบกับต้น กวางตุ้งที่ได้รับสารเคมีกำจัดเชื้อรา Benomyl และน้ำกลั่น (Control)	100
ข. 8	กิจกรรมของเอนไซม์ Chitinase ของผักกวางตุ้งอายุ 12 วัน ที่ปลูกด้วยระบบ ไฮโดรโปนิคส์ นำผักมาปลูกเชื้อราสาเหตุโรคพืชและ/หรือเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> sp. ไอโซเลท F3 เปรียบเทียบกับต้นกวางตุ้งที่ได้รับสารเคมีกำจัด เชื้อรา Benomyl และน้ำกลั่น (Control)	101
ข. 9	กิจกรรมของเอนไซม์ β -1,3-Glucanase ของผักกวางตุ้งอายุ 12 วัน ที่ปลูกด้วย ระบบไฮโดรโปนิคส์ นำผักมาปลูกเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp. สาเหตุโรคเน่าคอดิน และ/หรือเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> sp. ไอโซเลท F3 เปรียบเทียบกับต้น กวางตุ้งที่ได้รับสารเคมีกำจัดเชื้อรา Benomyl และน้ำกลั่น (Control)	102
ข. 10	กิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase ของผักกวางตุ้งอายุ 12 วัน ที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์ นำผักมาปลูกเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp. สาเหตุโรค เน่าคอดินและ/หรือเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> sp. ไอโซเลท F3 เปรียบเทียบ กับต้นกวางตุ้งที่ได้รับสารเคมีกำจัดเชื้อรา Benomyl และน้ำกลั่น (Control)	103

รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า
2.1 วงจรการเกิดโรคใบจุด <i>Alternaria</i> ของต้นมะเขือเทศ ที่เกิดจากเชื้อ <i>Alternaria solani</i>	6
2.2 วงจรการเกิดโรคเหี่ยว <i>Fusarium</i> ของเชื้อ <i>Fusarium</i> sp.	7
2.3 วงจรการเกิดโรคเน่าคอดินที่เกิดจากเชื้อ <i>Pythium</i> sp.	9
2.4 วงจรการเกิดโรคเน่าคอดินของเชื้อ <i>Rhizoctonia</i> spp.	10
2.5 กลไกการทำลายพืชของเชื้อ <i>Erwinia</i> sp.	12
3.1 การทดสอบกลไกการออกฤทธิ์ของเชื้อ <i>Streptomyces</i> spp. ด้วยวิธี Dual culture bioassay กับเชื้อสาเหตุโรคพืช	24
3.2 กราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของ <i>N</i> -acetylglucosamine กับค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร สำหรับกิจกรรมเอนไซม์ Chitinase ในน้ำเลี้ยงเซลล์แบคทีเรียปฏิปักษ์ <i>Streptomyces</i> spp.	27
3.3 การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำเลี้ยงเชื้อ <i>Streptomyces</i> spp. ด้วยวิธี Filter paper disc กับเชื้อสาเหตุโรคพืช	28
3.4 กราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของ <i>N</i> -acetylglucosamine กับค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตร สำหรับกิจกรรมเอนไซม์ Chitinase ในใบกว้างตุ้ง	33
3.5 กราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของ D-glucose กับค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 520 นาโนเมตร สำหรับกิจกรรมของเอนไซม์ β -1,3-Glucanase ในใบกว้างตุ้ง	35
3.6 กราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของ Bovine Serum Albumin กับค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร สำหรับกิจกรรมของเอนไซม์ Chitinase และ β -1,3-Glucanase ในใบกว้างตุ้ง	35
3.7 กราฟมาตรฐานระหว่างความเข้มข้นของ Bovine Serum Albumin กับค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 595 นาโนเมตร สำหรับกิจกรรมเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase ในใบกว้างตุ้ง	37
3.8 วิธีการปลูกผักกว้างตุ้งด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์แบบ Deep Flow Technique (DFT)	38

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า	
3.9	ธาตุอาหารพืชไร้ดิน สูตรพระนคร สูตร A (ข้าว) และสูตร B (ข้าว)	39
4.1	ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> spp. ไอโซเลต F2, F3, I14, J2 และ K1 ในการยับยั้งการเจริญเส้นใยเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp., <i>Alternaria</i> sp., <i>Pythium</i> sp. และ <i>Fusarium</i> sp. โดยวิธี Dual culture bioassay บนอาหาร IMA-2 บ่มที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส นาน 5-7 วัน	42
4.2	ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> spp. ไอโซเลต F2, F3, I14, J2 และ K1 ในการยับยั้งการเจริญเส้นใยเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp., <i>Alternaria</i> sp., <i>Pythium</i> sp. และ <i>Fusarium</i> sp. โดยวิธี Dual culture bioassay บนอาหาร IMA-2 บ่มที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส นาน 5-7 วัน	43
4.3	ประสิทธิภาพของเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> spp. ไอโซเลต F2, F3, I14, J2 และ K1 ในการยับยั้งเจริญของเชื้อแบคทีเรีย <i>E. carotovora</i> โดยวิธี Filter paper disc technique บนอาหาร NA บ่มที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส นาน 24 ชั่วโมง	44
4.4	ความสามารถในการผลิตเอนไซม์ Chitinase ของเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> spp. ไอโซเลต F2, F3, I14, J2 และ K1 บนอาหาร Chitin selective agar บ่มที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส นาน 10 วัน	45
4.5	กิจกรรมของเอนไซม์ Chitinase ของเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> spp. ในอาหารเหลว IMA-2 บ่มที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส ในสภาวะเขย่าที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที นาน 36 ชั่วโมง	45
4.6	ประสิทธิภาพของน้ำเลี้ยงเชื้อ <i>Streptomyces</i> spp. ในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยของเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp. โดยวิธี Filter paper disc technique บนอาหาร IMA-2 บ่มที่อุณหภูมิ 28±2 องศาเซลเซียส นาน 3 วัน	46
4.7	ลักษณะต้นผักกวางตุ้งอายุ 34 วัน ที่ปลูกด้วยระบบดิน หลังปลูกเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp. สาเหตุโรคเน่าคอดินและ/หรือเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> sp. ไอโซเลต F3 เปรียบเทียบกับต้นกวางตุ้งที่ได้รับสารเคมีกำจัดเชื้อรา 1) น้ำประปา (Control) 2) <i>Streptomyces</i> sp. F3 3) <i>Rhizoctonia</i> sp. 4) <i>Streptomyces</i> sp. F3 + <i>Rhizoctonia</i> sp. 5) <i>Rhizoctonia</i> sp. + <i>Streptomyces</i> sp. F3 และ 6) <i>Rhizoctonia</i> sp. + Benomyl	48

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป		หน้า
4.8	กิจกรรมของเอนไซม์ Chitinase ของผักกวางตุ้ง อายุ 34 วัน ที่ปลูกด้วยระบบดิน นำผักมาปลูกเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp. สาเหตุโรคเน่าคอดินและ/หรือเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> sp. ไอโซเลท F3 เปรียบเทียบกับต้นกวางตุ้งที่ได้รับสารเคมีกำจัดเชื้อรา 1) น้ำเปล่า (Control) 2) <i>Streptomyces</i> sp. F3 3) <i>Rhizoctonia</i> sp. 4) <i>Streptomyces</i> sp. F3 + <i>Rhizoctonia</i> sp. 5) <i>Rhizoctonia</i> sp. + <i>Streptomyces</i> sp. F3 และ 6) <i>Rhizoctonia</i> sp. + Benomyl	49
4.9	กิจกรรมของเอนไซม์ β -1,3-Glucanase ของผักกวางตุ้งอายุ 34 วัน ที่ปลูกด้วยระบบดิน นำผักมาปลูกเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp. สาเหตุโรคเน่าคอดินและ/หรือเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> sp. ไอโซเลท F3 เปรียบเทียบกับต้นกวางตุ้งที่ได้รับสารเคมีกำจัดเชื้อรา 1) น้ำเปล่า (Control) 2) <i>Streptomyces</i> sp. F3 3) <i>Rhizoctonia</i> sp. 4) <i>Streptomyces</i> sp. F3 + <i>Rhizoctonia</i> sp. 5) <i>Rhizoctonia</i> sp. + <i>Streptomyces</i> sp. F3 และ 6) <i>Rhizoctonia</i> sp. + Benomyl	50
4.10	กิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase ของผักกวางตุ้งอายุ 34 วัน ที่ปลูกด้วยระบบดิน นำผักมาปลูกเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp. สาเหตุโรคเน่าคอดินและ/หรือเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> sp. ไอโซเลท F3 เปรียบเทียบกับต้นกวางตุ้งที่ได้รับสารเคมีกำจัดเชื้อรา 1) น้ำเปล่า (Control) 2) <i>Streptomyces</i> sp. F3 3) <i>Rhizoctonia</i> sp. 4) <i>Streptomyces</i> sp. F3 + <i>Rhizoctonia</i> sp. 5) <i>Rhizoctonia</i> sp. + <i>Streptomyces</i> sp. F3 และ 6) <i>Rhizoctonia</i> sp. + Benomyl	51
4.11	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคเน่าคอดินของผักกวางตุ้งอายุ 12 วัน ที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์ นำผักมาปลูกเชื้อราสาเหตุโรคพืชและ/หรือเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> sp. ไอโซเลท F3 เปรียบเทียบกับต้นกวางตุ้งที่ได้รับสารเคมีกำจัดเชื้อรา 1) น้ำกลั่น (Control) 2) <i>Streptomyces</i> sp. F3 3) <i>Rhizoctonia</i> sp. 4) <i>Streptomyces</i> sp. F3 + <i>Rhizoctonia</i> sp. 5) <i>Rhizoctonia</i> sp. + <i>Streptomyces</i> sp. F3 และ 6) <i>Rhizoctonia</i> sp. + Benomyl	52

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า
4.12 ลักษณะต้นผักกวางตุ้ง (a) ลำต้น (b) ราก หลังปลูกเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp. สาเหตุโรคเน่าคอดินและ/หรือเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> sp. ไอโซเลท F3 เปรียบเทียบกับต้นกวางตุ้งที่ได้รับสารเคมีกำจัดเชื้อรา 1) น้ำกลั่น (Control) 2) <i>Streptomyces</i> sp. F3 3) <i>Rhizoctonia</i> sp. 4) <i>Streptomyces</i> sp. F3 + <i>Rhizoctonia</i> sp. 5) <i>Rhizoctonia</i> sp. + <i>Streptomyces</i> sp. F3 และ 6) <i>Rhizoctonia</i> sp. + Benomyl	53
4.13 ความรุนแรงของโรคเน่าคอดินของผักกวางตุ้งอายุ 12 วัน ที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์ นำผักมาปลูกเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp. สาเหตุโรคเน่าคอดินและ/หรือเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> sp. ไอโซเลท F3 เปรียบเทียบกับต้นกวางตุ้งที่ได้รับสารเคมีกำจัดเชื้อรา 1) น้ำกลั่น (Control) 2) <i>Streptomyces</i> sp. F3 3) <i>Rhizoctonia</i> sp. 4) <i>Streptomyces</i> sp. F3 + <i>Rhizoctonia</i> sp. 5) <i>Rhizoctonia</i> sp. + <i>Streptomyces</i> sp. F3 และ 6) <i>Rhizoctonia</i> sp. + Benomyl	54
4.14 กิจกรรมของเอนไซม์ Chitinase ของผักกวางตุ้งอายุ 12 วัน ที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์ นำผักมาปลูกเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp. สาเหตุโรคเน่าคอดินและ/หรือเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> sp. ไอโซเลท F3 เปรียบเทียบกับต้นกวางตุ้งที่ได้รับสารเคมีกำจัดเชื้อรา 1) น้ำกลั่น (Control) 2) <i>Streptomyces</i> sp. F3 3) <i>Rhizoctonia</i> sp. 4) <i>Streptomyces</i> sp. F3 + <i>Rhizoctonia</i> sp. 5) <i>Rhizoctonia</i> sp. + <i>Streptomyces</i> sp. F3 และ 6) <i>Rhizoctonia</i> sp. + Benomyl	55
4.15 กิจกรรมของเอนไซม์ β -1,3-Glucanase ของผักกวางตุ้งอายุ 12 วัน ที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์ นำผักมาปลูกเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp. สาเหตุโรคเน่าคอดินและ/หรือเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> sp. ไอโซเลท F3 เปรียบเทียบกับต้นกวางตุ้งที่ได้รับสารเคมีกำจัดเชื้อรา 1) น้ำกลั่น (Control) 2) <i>Streptomyces</i> sp. F3 3) <i>Rhizoctonia</i> sp. 4) <i>Streptomyces</i> sp. F3 + <i>Rhizoctonia</i> sp. 5) <i>Rhizoctonia</i> sp. + <i>Streptomyces</i> sp. F3 และ 6) <i>Rhizoctonia</i> sp. + Benomyl	56

รายการรูปประกอบ (ต่อ)

รูป	หน้า	
4.16	กิจกรรมของเอนไซม์ Phenylalanine ammonia lyase (PAL) ของผักกวางตุ้งอายุ 12 วัน ที่ปลูกด้วยระบบไฮโดรโปนิคส์ นำผักมาปลูกเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp. สาเหตุโรคเน่าคอดินและ/หรือเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> sp. ไอโซเลท F3 เปรียบเทียบกับต้นกวางตุ้งที่ได้รับสารเคมีกำจัดเชื้อรา 1) น้ำกลั่น (Control) 2) <i>Streptomyces</i> sp. F3 3) <i>Rhizoctonia</i> sp. 4) <i>Streptomyces</i> sp. F3 + <i>Rhizoctonia</i> sp. 5) <i>Rhizoctonia</i> sp. + <i>Streptomyces</i> sp. F3 และ 6) <i>Rhizoctonia</i> sp. + Benomyl	57
ก .1	การทำ Serial dilutions plate count สำหรับหาความเข้มข้นเซลล์ของเชื้อแบคทีเรีย <i>Streptomyces</i> sp. และเชื้อรา <i>Rhizoctonia</i> sp.	89