บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการและในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน

ROLE OF SOLUBLE SILICON AND BIOLOGICAL CONTROL AGENTS IN CONTROLLING OF *Phytophthora parasitica* IN VITRO AND IN HYDROPONIC CULTURE OF VEGETABLES

ฐิติกร ปริยาพร

THITIKORN PARIYAPORN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-AG-M-061-270

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการและในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน

ROLE OF SOLUBLE SILICON AND BIOLOGICAL CONTROL AGENTS IN CONTROLLING OF *Phytophthora parasitica IN VITRO* AND IN HYDROPONIC CULTURE OF VEGETABLES

ฐิติกร ปริยาพร

THITIKORN PARIYAPORN

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 81385
วัน,เดือน,ปี 11 มิ.ย. 2551

.b.....
.i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช
บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL-2008-AG-M-061-270

ROLE OF SOLUBLE SILICON AND BIOLOGICAL CONTROL AGENTS IN CONTROLLING OF *Phytophthora parasitica IN VITRO* AND IN HYDROPONIC CULTURE OF VEGETABLES

THITIKORN PARIYAPORN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN

PLANT PEST MANAGEMENT TECHNOLOGY

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2008

KMITL-2008-AG-M-061-270

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2008

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการและในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน

Role of Soluble Silicon and Biological Control Agents in Controlling of *Phytophthora parasitica in Vitro* and in Hydroponic Culture of Vegetables

ชื่อนักศึกษา นายฐิติกร ปริยาพร

รหัสประจำตัว 46062702

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ฉนิมนันต์ เจนอักษร

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ดร.อิทธิสุนทร นันทกิจ

ผศ.ดร.พรหมมาศ คูหากาญจน์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
รศ.ดร.ศุภชัย	รตโนภาส	
รศ.ดร.ฉนิมนันต์	เจนอักษร	
รศ.ดร.อิทธิสุนทร	นันทกิจ	
ผศ.ดร.พรหมมาศ	คูหากาญจน์	
รศ.ดร.มยุรา	สุนย์วีระ	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ 15 พฤษภาคม 2551 เวลา 13.00-15.00 น.

สถานที่สอบ ณ ห้อง 2206-1 (ชั้น 2 ตึกบุนนาค)

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.รวีวรรณ ชินะตระกูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....29.....**เดือน**.....พฤษภาคม.....**พ.ศ.**.....2551.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการและในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน
นักศึกษา	นายฐิติกร ปริยาพร
รหัสประจำตัว	46062702
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช
พ.ศ.	2551
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. ถนิมนันต์ เจนอักษร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ ผศ.ดร. พรหมมาศ คูหากาญจน์

บทคัดย่อ

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เป็นที่ยอมรับว่าสามารถหลีกเลี่ยงปัญหาด้านโรคพืชที่มีสาเหตุมาจากดินได้ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อมีการระบาดของโรครุนแรง เกษตรกรมักใช้สารเคมีเข้ามาป้องกันกำจัดโรคพืช ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การใช้สารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์น่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ตามแนวทางการป้องกันกำจัดโรคพืชแบบบูรณาการ การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการและในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน ซึ่งได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การศึกษาบทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *P. parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยทำการศึกษาเบื้องต้นถึงอิทธิพลของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อสาเหตุโรค และทำการศึกษาถึงอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ผลการทดลองพบว่า จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้ง 3 ชนิด (เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ที่แยกจาก product 1, เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคได้ และพบว่าชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคและเชื้อราปฏิปักษ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ sodium silicate ($Na_2Si_3O_7$) และ potassium silicate ($K_2Si_3O_7$) ทุกระดับความเข้มข้น (250, 500, 750 และ 1,000 ppm) มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* และเชื้อรา *Trichoderma* ทั้งทางด้านการเจริญเติบโตทางเส้นใยและการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. parasitica* รวมทั้งการสร้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

conidia ของเชื้อรา *Trichoderma* โดยพบว่า potassium silicate มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตมากกว่า sodium silicate ซึ่งความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตจะเพิ่มมากขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน แต่สำหรับกรณีของไฟตอน (SiO_2) ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm จึงจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *Trichoderma* แต่ทุกระดับความเข้มข้นมีผลยับยั้งการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. parasitica* และการสร้าง conidia ของเชื้อรา *Trichoderma* และเป็นที่น่าสังเกตว่าสารละลายซิลิคอนทุกชนิดและทุกระดับความเข้มข้น ไม่มีอิทธิพลต่อขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) ของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (ที่แยกจาก product 1) ส่วนการศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรค สำหรับเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ วางแผนการทดลองแบบ 3 x 3 factorials in completely randomized design จำนวน 5 ซ้ำ โดยปัจจัย A และ B คือ ชนิดของสารละลายซิลิคอน (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) และระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ผลการทดลองพบว่า การใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (ที่แยกจาก product 1) ร่วมกับ potassium silicate และ sodium silicate มีขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากกว่าการใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* อย่างเดียว โดยพบว่าการใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (ที่แยกจาก product 1) ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากที่สุด ส่วนไฟตอน (SiO_2) ไม่มีอิทธิพลต่อขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* สำหรับเชื้อราปฏิปักษ์ วางแผนการทดลองแบบ 3 x 3 x 2 factorials in completely randomized design จำนวน 5 ซ้ำ โดยปัจจัย A และ B คือ ชนิดของสารละลายซิลิคอน (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) และระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ปัจจัย C คือ ชนิดของเชื้อราปฏิปักษ์ (*T. harzianum* ที่แยกจาก product 2 และ *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม) ผลการทดลองพบว่า การใช้เชื้อราปฏิปักษ์ร่วมกับสารละลายซิลิคอน ไม่มีผลเพิ่มศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* เนื่องจากชนิดของสารละลายซิลิคอน ระดับความเข้มข้น และชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน และพบว่าการใช้เชื้อราปฏิปักษ์ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตน้อยกว่าการใช้เชื้อราปฏิปักษ์อย่างเดียว

ส่วนที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคในระบบ deep flow technique ทำการทดสอบกับผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ *(Brassica campestris* L. var. *chinensis*) โดยวางแผนการทดลองแบบ 3 x 3 x 3 factorials in completely randomized design จำนวน 2 ซ้ำ (ซ้ำละ 5 ต้น) โดยปัจจัย A และ B คือ ชนิดของสารละลายซิลิคอน (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) และระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ปัจจัย C คือ ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ [ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์, ใส่ product 1 (แบบผง), ใส่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

product 2 (แบบผง) และใส่เชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ผลการทดลองพบว่า การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลลดความความรุนแรงของโรคมากกว่าการใช้ร่วมกันที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm โดยพบว่าการใช้ product 2 ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลลดความรุนแรงของโรคมากที่สุด สำหรับปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหารและที่รากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) พบว่า การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับสารละลายซิลิคอน มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. parasitica* กล่าวคือ การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. parasitica* น้อยที่สุด สำหรับความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ขึ้นอยู่กับชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้น กล่าวคือ การใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์มากกว่า sodium silicate และไฟตอน โดยพบว่าเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม มีปริมาณความอยู่รอดมากกว่าเชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 และเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จาก product 2 แล้วนำจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่อยู่รอดได้นั้น มาทดสอบศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทุกชนิดที่แยกจากสารละลายธาตุอาหารและรากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต ยังคงมีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ได้สม่ำเสมอตลอดการทดลอง และพบว่า การใส่สารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 250 ppm มีศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากกว่าไม่ใส่สารละลายซิลิคอน กล่าวคือ การใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากที่สุด ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) พบว่า การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm จะส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ โดยพบว่าการใช้ product 2 ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Role of Soluble Silicon and Biological Control Agents in Controlling of *Phytophthora parasitica in vitro* and in Hydroponic Culture of Vegetables
Student	Mr. Thitikorn Pariyaporn
Student ID.	46062702
Degree	Master of Science
Program	Plant Pest Management Technology
Year	2008
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Tanimnun Jaenaksorn
Thesis Co-advisor	Assoc. Prof. Dr. Itthisuntorn Nuntagij
	Asst. Prof. Dr. Prommart Koohakan

ABSTRACT

One of the distinct advantages of hydroponic technology is soilborne diseases are virtually eliminated. Nevertheless, crops grown in hydroponics can become rapidly and uniformly infected with the pathogen through the passive movement of the pathogen through the nutrient solution. Giving hydroponics a helping hand to manage such pathogen by employing cultural measure and introducing indigenous or commercial biological control agents would probably provide a safe, non-toxic alternative to chemical root-disease treatment. This research was therefore conducted in order to determine the role of soluble silicon and biological control agents (BCAs) for controlling root rot disease of hydroponic vegetable crops caused by *Phytophthora parasitica*. The research was divided into 2 parts.

Part 1: the *in vitro* experiments were conducted to determine the effects of soluble silicon as well as BCAs on vegetative and reproductive growth of *P. parasitica*. Besides, the effect of soluble silicon on growth of BCAs was also evaluated. The results revealed that soluble silicon as well as BCAs could retard the growth of *P. parasitica* significantly. The pointed remark was that soluble silicon did also reduce the BCAs growths. At any tested concentrations (250, 500, 750 and 1000 ppm) of sodium silicate ($Na_2Si_3O_7$) and potassium silicate ($K_2Si_3O_7$) significantly reduced the mycelial growth and sporangia of *P. parasitica* as well as conidia of the two kinds of BCAs (*Trichoderma harzianum* from product 2 and *T. citrinoviride* from agricultural soil). Moreover, potassium silicate gave much more retardation effect than others and its effect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

increased along with the increasing concentrations. For phyton (SiO_2), its retardation effect on BCAs (only *Trichoderma*) was significantly noted only at 1000 ppm. Interesting result should be pointed out was that soluble silicon had no retardation effect on *Bacillus subtilis* (BCA product 1). The two experiments on the interaction effect of soluble silicon and BCAs were separately conducted *in vitro* regarding the types of BCA. For bacterial antagonist, 3x3 factorials in completely randomized design (CRD) with 5 replications were employed. Factor A and B were 3 kinds of soluble silicon (sodium silicate, potassium silicate and phyton) and 3 concentrations (0, 250, 500 ppm), respectively. It showed that using sodium silicate / potassium silicate together with *B. subtilis* (BCA product 1) gave significantly greater inhibition zone and percent growth inhibition of *P. parasitica* than that of using BCA alone. Furthermore, addition of potassium silicate gave better retardation effect than that of sodium silicate and its effect increased along with its increasing concentrations. For fungal antagonists, 3x3x2 factorials in CRD with 5 replications were employed. Factor A and B were 3 kinds of soluble silicon (sodium silicate, potassium silicate and phyton) and 3 concentrations (0, 250, 500 ppm), respectively. Factor C was 2 kinds of BCAs (*T. harzianum* from product 2 and and *T. citrinoviride* from agricultural soil). The result showed that soluble silicon with BCAs gave no additional retardation effect on growth of *P. parasitica* since their interaction among the kinds and concentrations of soluble silicon and BCAs was insignificant. Surprisingly, using potassium silicate at 500 ppm together with fungal BCA gave significantly less retardation effect than that of using BCA alone.

Part 2: the *in vivo* experiments were conducted on Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) grown in deep flow technique (DFT). 3x3x3 factorials in CRD with 2 replications of 5 plants were employed. Factor A and B were 3 kinds of soluble silicon (sodium silicate, potassium silicate and phyton) and 3 concentrations (0, 250, 500 ppm), respectively. Factor C was 4 kinds of BCAs [w/o BCA, product 1 (wettable powder), product 2 (wettable powder) and *T. citrinoviride* from agricultural soil (spore suspension)]. The results showed that any tested kinds and concentrations of soluble silicon combined with any tested BCAs could reduce Phytophthora root rot disease severity. However, significantly greater reduction of disease severity was noted only at 250 ppm of any tested soluble silicon. Moreover, application of 250 ppm of phyton with BCA (product 2) gave the best result. Apart from disease severity, survival of pathogen and BCAs was also monitored from nutrient solution and final checked from crop root at harvest. The results revealed that the pathogen survival in all treatments treated with any concentrations of soluble silicons and BCAs detected at harvest were less than that of the

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

inoculated control. Amongst the tested soluble silicon, potassium silicate was shown to be more effective in reducing the pathogen amount than others while its retardation effect would increase along with its increasing concentrations. Regarding the tested BCAs, *T. citrinoviride* from agricultural soil was the best in suppressing the amount of pathogen. Considering BCAs survival, it showed that only the kinds of soluble silicon could affect the amount of BCAs. Interestingly, potassium silicate was shown to promote the survival of BCAs noticeably. Besides, the survival of *T. citrinoviride* from agricultural soil was the highest. Apart from monitoring the survival of BCAs, their abilities were also rechecked on the *in vitro* growth of *P. parasitica*. Their abilities to inhibit the pathogen growth still remained and seemed to be increased as they were applied with potassium silicate. In terms of crop growth, using 250 ppm of any tested soluble silicons together with any tested BCAs did promote the crop growth and yield significantly. In addition, 250 ppm of phyton with BCA from product2 was shown to be the best in this regard.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีจากความกรุณาของ รศ.ดร. ถนิมนันต์ เจนอักษร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำแก่ข้าพเจ้าเสมอมา และขอขอบพระคุณ รศ.ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้ความรู้ด้านการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแก่ข้าพเจ้าเป็นอย่างดี รวมทั้งขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. พรหมมาศ คูหากาญจน์ ที่ให้ความช่วยเหลือแก่ข้าพเจ้าตลอดมา

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร. ศุภชัย รตโนภาส และ รศ.ดร. มยุรา สุนย์วีระ ที่ให้ความกรุณาตลอดจนคำแนะนำและข้อชี้แนะที่ดี จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ขอขอบคุณ คุณพิสมัย เรืองบุปผา เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการ ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่ให้ความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์และแรงใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมา

ท้ายสุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่ออุทัย และคุณแม่กาวิน ปริยาพร ผู้ซึ่งให้ความสนับสนุนแก่ข้าพเจ้าทำวิทยาพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีอุปการคุณทุกท่าน

ฐิติกร ปริยาพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....IV

กิตติกรรมประกาศ.....VII

สารบัญ.....VIII

สารบัญตาราง.....XI

สารบัญภาพ.....XVII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มา.....1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....3

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....4

2.1 เชื้อรา *Phytophthora* spp. ที่ตรวจพบในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.....4

2.2 การใช้สารละลายซิลิคอนป้องกันและกำจัดโรคพืช.....5

2.3 การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคพืช.....6

2.3.1 การใช้เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ควบคุมโรคพืช.....6

2.3.2 การใช้เชื้อรา *Bacillus* spp. ควบคุมโรคพืชในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.....7

2.3.3 การใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ควบคุมโรคพืช.....7

2.3.4 การใช้ เชื้อรา *Trichoderma* spp. ควบคุมโรคพืชในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.....9

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....10

3.1 บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ.....10

3.1.1 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*.....10

3.1.2 การศึกษาอิทธิพลของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*.....12

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้ง... ...และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.1.3 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์....14

3.1.4 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*....16

3.2 บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน....18

3.2.1 การศึกษาความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique....19

3.2.2 การศึกษาความรุนแรงของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในการทำให้เกิดโรครากเน่าโคนเน่ากับผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique....22

3.2.3 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora parasitica* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique....24

3.3 สถานที่ทำการศึกษาและทดลอง....26

3.4 ระยะเวลาในการทดลอง....26

บทที่ 4 ผลการทดลอง....27

4.1 บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ....27

4.1.1 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*....27

4.1.2 การศึกษาอิทธิพลของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*....33

4.1.3 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์....36

4.1.4 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*....51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน 62

4.2.1 การศึกษาความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique.....62

4.2.2 การศึกษาความรุนแรงของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในการทำให้เกิดโรครากเน่าโคนเน่ากับผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique.....75

4.2.3 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora parasitica* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique.....82

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง 137

บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ 141

บรรณานุกรม.....145

ภาคผนวก.....151

ประวัติผู้เขียน 171

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) และปริมาณ sporangium หลังจากถูกกระตุ้นด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ ที่อายุ 24 ชั่วโมง 29

4.2 ศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* โดยวิธี paper-disc diffusion method ที่อายุ 9 วัน 34

4.3 ศักยภาพของเชื้อราปฏิปักษ์จำนวน 2 ชนิด [*Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) และ *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม] ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 14 วัน.....34

4.4 บริเวณการยับยั้ง (inhibition zone) ของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) ในอาหาร NA ที่มีผลจากสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) โดยวิธี paper-disc diffusion ที่อายุ 48 ชั่วโมง.....37

4.5 บริเวณการยับยั้ง (inhibition zone) ของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) ในอาหาร NA ที่มีผลจากสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 5,000, 10,000, 50,000 และ 100,000 ppm) โดยวิธี paper-disc diffusion ที่อายุ 48 ชั่วโมง.....38

4.6 บริเวณการยับยั้ง (inhibition zone) ของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) ในอาหาร NA ที่มีผลจากสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 4 ระดับความเข้มข้น (0, 150,000, 200,000 และ 250,000 ppm) โดยวิธี paper-disc diffusion ที่อายุ 48 ชั่วโมง.....39

4.7 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีและปริมาณ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm).....42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.8 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีและปริมาณ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm).....47

4.9 ศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) โดยวิธี paper-disc diffusion method ที่อายุ 9 วัน.....52

4.10 ศักยภาพของเชื้อราปฏิปักษ์จำนวน 2 ชนิด [*Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) และ *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม] ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 14 วัน.....56

4.11 ศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง) ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 14, 21 และ 28) และรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยวิธี paper-disc diffusion method ที่อายุ 9 วัน.....67

4.12 ศักยภาพของเชื้อราปฏิปักษ์ 2 ชนิด [*Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และ *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 14, 21 และ 28) และรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 14 วัน 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.13 การเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) [ความสูงต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น) จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น) และขนาดใบเฉลี่ย (ความกว้างและความยาว) (เซนติเมตร/ใบ)] ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่ (control) และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 21 และ 28 วัน 71

4.14 ลักษณะอาการและระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่า ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique 76

4.15 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและเปอร์เซ็นต์ของรากที่เป็นโรค ที่แยกจากรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อ (control) และปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique โดยวิธี tissue transplanting technique บนอาหาร PDA + BNPRA ที่อายุ 2 วัน 79

4.16 การเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) [ความสูงต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น) จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น) และขนาดใบเฉลี่ย (ความกว้างและความยาว) (เซนติเมตร/ใบ)] ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อ (control) และปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 21 และ 28 วัน 80

4.17 ระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่า (disease index) ที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย Bacillus subtilis จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในระบบ deep flow technique ที่ 5 และ 8 วันหลังจากปลูกเชื้อราสาเหตุโรค 85

เอกสารนี้เป็นเ... ไม่ว่ากรณีใดๆ ...

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.18 ความอยู่รอดของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (ปริมาณ inoculum) ในสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 14, 17, 20, 23 ,26 และ 28 วัน) และที่ราก (วันเก็บเกี่ยวผลผลิต) ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ไม่ใส่และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) 95

4.19 ความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (ปริมาณ inoculum) 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 14, 17, 20, 23 ,26 และ 28 วัน) และที่ราก (วันเก็บเกี่ยวผลผลิต) ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ไม่ปลูกเชื้อและปลูกเชื้อราสาเหตุโรค 99

4.20 ศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง) ที่แยกจากในสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 14, 23 และ 28 วัน) และที่รากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 9 วัน 111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.21 ศักยภาพของเชื้อราปฏิปักษ์ 2 ชนิด [*Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และ *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม(แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 14, 23 และ 28 วัน) และที่รากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 14 วัน 116

4.22 การเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) [ความสูงต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น), จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น) และขนาดใบเฉลี่ย (ความกว้างและความยาว) (เซนติเมตร/ใบ)] ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ไม่ปลูกเชื้อและปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 21 วัน 122

4.23 การเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) [ความสูงต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น), จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น) และขนาดใบเฉลี่ย (ความกว้างและความยาว) (เซนติเมตร/ใบ)] ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ไม่ปลูกเชื้อและปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 28 วัน (วันเก็บเกี่ยวผลผลิต) 125

เอกสารนี้เป็นเ... ...ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.24 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ต้นและราก) ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ไม่ปลูกเชื้อและปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน).....130

ข ค่า pH และ EC ของสารละลายธาตุอาหารหลังใส่สารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงในระบบ ที่พืชอายุ 13 วัน 156

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

3.1 การเตรียมต้นกล้าเพื่อใช้ปลูกในระบบ deep flow technique (DFT) ทดลอง 20

3.2 ระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดินแบบ deep flow technique (DFT).....20

4.1 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm).....30

4.2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 9 วัน 31

4.3 ลักษณะ sporangium ของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) หลังจากถูกกระตุ้นด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ ที่อายุ 24 ชั่วโมง (กำลังขยาย 400 เท่า).....32

4.4 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate).....35

4.5 กลไกของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*.....35

4.6 บริเวณการยับยั้ง (inhibition zone) ของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) ในอาหาร NA ที่มีผลจากสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ โดยวิธี paper-disc diffusion ที่อายุ 48 ชั่วโมง.....40

4.7 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 60 ชั่วโมง.....43

4.8 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 60 ชั่วโมง 44

เอกสารนี้เป็นเ... ...ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ... ...ไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.9 ลักษณะ conidiophore และ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 60 ชั่วโมง (กำลังขยาย 400 เท่า) 45

4.10 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 60 ชั่วโมง.....48

4.11 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี conidia ของเชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 60 ชั่วโมง.....49

4.12 ลักษณะ conidiophore และ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 60 ชั่วโมง (กำลังขยาย 400 เท่า).....50

4.13 ศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) โดยวิธี paper-disc diffusion method ที่อายุ 9 วัน.....53

4.14 เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) สร้างสารปฏิชีวนะ (antibiosis) ย่อยสลายผนังเซลล์ของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (ที่กำลังขยาย 400 เท่า).....54

4.15 ศักยภาพของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 14 วัน.....58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.16 ลักษณะเส้นใยของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) เจริญพันรัดเส้นใยของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (ที่กำลังขยาย 400 เท่า).....59

4.17 ศักยภาพของเชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* ที่แยกจากดินเกษตรกรรม ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 14 วัน 60

4.18 ลักษณะเส้นใยของเชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม เจริญพันรัดเส้นใยของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (ที่กำลังขยาย 400 เท่า) 61

4.19 ความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (ปริมาณ inoculum) 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในระบบ deep flow technique ตั้งแต่วันลงระบบจนถึงวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 14-28 วัน).....64

4.20 ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในสารละลายธาตุอาหาร และที่รากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน).....65

4.21 เปรียบเทียบปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (ปริมาณ inoculum) 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 14, 21 และ 28 วัน) และที่รากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ที่ dilution 10^{-3} CFU/ml, CFU/g 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้นำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.22 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 14, 21, และ 28 วัน) และรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate).....69

4.23 การคงคุณสมบัติในการเป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate) ของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน).....70

4.24 น้ำหนักสดต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่ (control) และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน).....72

4.25 เปรียบเทียบลักษณะรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่ (control) และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน).....73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.26 ลักษณะต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่ (control) และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน).....74

4.27 ลักษณะอาการและระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่า ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique.....78

4.28 เชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่แยกจากชิ้นส่วนรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) (10 ชิ้น/ต้น) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique โดยวิธี tissue transplanting technique บนอาหาร PDA + BNPRA ที่อายุ 2 วัน.....79

4.29 น้ำหนักสดต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อ (control) และปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน).....81

4.30 ลักษณะต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อ (control) และปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน).....81

4.31 ลักษณะอาการรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในระบบ deep flow technique ที่ 5 วันหลังปลูกเชื้อรา *P. parasitica* ลงในระบบ.....87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.32 ลักษณะอาการรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 1 (แบบผง) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในระบบ deep flow technique ที่ 5 วันหลังปลูกเชื้อรา *P. parasitica* ลงในระบบ 88

4.33 ลักษณะอาการรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 2 (แบบผง) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในระบบ deep flow technique ที่ 5 วันหลังปลูกเชื้อรา *P. parasitica* ลงในระบบ 89

4.34 ลักษณะอาการรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* (แบบสปอร์แขวนลอย) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในระบบ deep flow technique ที่ 5 วันหลังปลูกเชื้อรา *P. parasitica* ลงในระบบ 90

4.35 ปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (ปริมาณ inoculum) ในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ที่ใช้ปลูกผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 28 วัน 105

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.36 เปรียบเทียบปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (ปริมาณ inoculum) ในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ที่ใช้ปลูกผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 28 วัน ที่ dilution 10^{-3} CFU/ml 106

4.37 ปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (ปริมาณ inoculum) ที่รากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm).....107

4.38 เปรียบเทียบปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (ปริมาณ inoculum) ที่รากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ที่ dilution 10^{-3} CFU/ml 108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.39 ศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* (product 1) ที่แยกจากในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ขณะที่พืชอายุ 28 วัน ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate) ที่อายุ 9 วัน 113

4.40 ศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* (product 1) ที่แยกจากรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate) ที่อายุ 9 วัน 114

4.41 ศักยภาพของเชื้อราปฏิปักษ์ 2 ชนิด [*Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และ *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม(แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ขณะที่พืชอายุ 28 วัน ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate) ที่อายุ 14 วัน 118

4.42 ศักยภาพของเชื้อราปฏิปักษ์ 2 ชนิด [*Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และ *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม(แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate) ที่อายุ 14 วัน 119

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.43 ลักษณะต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และไม่ปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) 133

4.44 ลักษณะต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 1 (แบบผง) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และไม่ปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) 133

4.45 ลักษณะต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 2 (แบบผง) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และไม่ปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) 134

4.46 ลักษณะต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* (แบบสปอร์แขวนลอย) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และไม่ปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) 134

4.47 ลักษณะต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) 135

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.48 ลักษณะต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 1 (แบบผง) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) 135

4.49 ลักษณะต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 2 (แบบผง) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) 136

4.50 ลักษณะต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* (แบบสปอร์แขวนลอย) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) 136

1 ก เชื้อรา *Phytophthora parasitica* Dastur สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ deep flow technique 152

2 ก การปลดปล่อย zoospore ของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* Dastur. 153

3 ก เชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* Bissett.....154

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

ศักยภาพของเทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (hydroponics) เป็นที่ยอมรับและนิยมกันอย่างแพร่หลายในการผลิตพืชผักและไม้ดอกเป็นการค้า ทั้งประเทศแถบทวีปยุโรป อเมริกา ออสเตรเลีย และบางประเทศในเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น รวมทั้งประเทศที่มีความก้าวหน้าทางอุตสาหกรรมทั่วไป (Benoit and Ceusterman. 1987; Douglas. 1988; Resh. 1981; Os and Benoit. 1997; Chen. 1998; Ikeda. 2001) เนื่องจากเป็นระบบการผลิตพืชที่ให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูง คุณภาพดี ใช้พื้นที่และแรงงานน้อยกว่าการปลูกในดิน อีกทั้งยังหลีกเลี่ยงปัญหาด้านโรคพืชที่มีสาเหตุมาจากดิน (soil-borne diseases) ส่งผลให้ความจำเป็นของการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคและแมลงลดลง และเป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกว่าระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด (Benoit. 1992) แต่อย่างไรก็ตาม มีรายงานว่าตรวจพบเชื้อสาเหตุโรคพืชปนเปื้อนเข้ามาในระบบ และเมื่อมีการแพร่ระบาดอย่างรุนแรงอาจก่อให้เกิดความเสียหายกับพืชได้ (พรหมมาศ คูหากาญจน์ และคณะ. 2539; Jenkins and Averre. 1983; MacDonald *et al.* 1994; Rumine and Infantino. 1994; Rumine. 1996; Stanghellini *et al.* 1996) ทำให้มีการนำสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชเข้ามาใช้ควบคุมเชื้อสาเหตุโรคดังกล่าว ส่งผลให้ข้อดีของระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสูญเสียไป

เชื้อรา *Phytophthora parasitica* เป็นราน้ำกลุ่ม Pythiaceae ที่เข้าทำลายรากพืช ทำให้พืชแสดงอาการรากเน่าโคนเน่า โดยพบว่าเชื้อรา *P. parasitica* สามารถเข้าทำลายพืชได้อย่างกว้างขวาง ทั้งพืชไร่ พืชสวน และพืชผัก เช่น สะระแหน่ ผักขม แครอท หัวหอม มะเขือเทศและกระเจี๊ยบ เป็นต้น และมีรายงานว่าสามารถเข้าทำลายพืชผักในตระกูล *Brassica* ได้ เช่น กะหล่ำปลีและผักกาดขาว (Erwin and Ribeiro. 1996) รวมทั้งมีรายงานในต่างประเทศว่าเชื้อรา *P. parasitica* สามารถเข้าทำลายพืชที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้ เช่น มะเขือเทศ ผักสลัด เยอร์บีรา เป็นต้น ทำให้พืชที่ปลูกในระบบดังกล่าวแสดงอาการรากเน่า (Pegg and Holderness. 1984; Zinnen. 1988; Jarris. 1992; Stanghellini and Rasmussen. 1994) ซึ่งเชื้อรา *P. parasitica* จะสร้าง zoospore เข้าทำลายพืชอาศัย และพบว่า zoospore สามารถแพร่กระจายไปทั่วระบบได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหาร (recirculating system) ทำให้เกิดการแพร่ระบาดของเชื้อราสาเหตุโรคดังกล่าวอย่างรวดเร็ว (พรหมมาศ คูหากาญจน์ และคณะ. 2539; Rumine and Infantino. 1994; Stanghellini *et al.* 1996) จากความสำคัญในการก่อให้เกิดโรคของเชื้อรา *P. parasitica* ที่กล่าวมาข้างต้น ที่สามารถทำให้พืชเป็นโรคได้ทั้งการปลูกพืชในดินและระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จึงเป็น

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ที่น่าวิตกว่าหากมีเชื้อรา *P. parasitica* ปนเปื้อนเข้ามาในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จะทำให้เกิดความเสียหายกับพืชเป็นอย่างมาก

เนื่องจากกระแสโลก กำลังพยายามหลีกเลี่ยงและลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช กอปรกับมีรายงานทั้งในต่างประเทศและประเทศไทย ถึงความพยายามหาวิธีทางในการป้องกันกำจัดโรคพืชทางเลือกอื่นมาทดแทนการใช้สารเคมี ซึ่งการใช้ซิลิคอนก็เป็นทางเลือกหนึ่ง โดยต่างประเทศมีการนำซิลิคอนมาใช้ในการป้องกันกำจัดโรคพืชกันอย่างมาก โดยมีรายงานการนำซิลิคอนมาใช้ควบคุมโรครากเน่าโคนเน่าและโรคราแป้งขาวของพืชตระกูลแตง มะเขือเทศ ผักกาดขาว กุหลาบ และองุ่น เป็นต้น (Carver *et al.* 1987; Menzies *et al.* 1990; 1992; Belanger *et al.* 1995; Morgan. 1999) ส่วนประเทศไทยมีการทดลองนำซิลิคอนมาใช้ป้องกันกำจัดโรคพืชเช่นกัน โดยพบว่าซิลิคอนมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium* spp. และเชื้อรา *Fusarium* spp. และสามารถลดการเกิดโรคในแตงกวายุโรปได้ (ถนิมนันต์ เจนอักษร และวรางคณา นกอยู่. 2541) แต่อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัดในการนำสารละลายซิลิคอนมาใช้ป้องกันกำจัดโรคพืชในประเทศไทย เนื่องจากสารละลายซิลิคอน (sodium silicate และ potassium silicate) ที่นำมาใช้ ยังต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ และมีราคาค่อนข้างสูง ซึ่งต่างประเทศก็มีรายงานถึงปัญหาด้านราคาของซิลิคอนเช่นกัน (Alvarez and Datnoff. 1999) ดังนั้นจึงมีการทดลองนำสารปลดปล่อยซิลิคอนชนิดอื่น ๆ ที่มีขายในท้องตลาดของประเทศไทยมาใช้ป้องกันกำจัดโรคพืช เพื่อแก้ปัญหาด้านราคาของซิลิคอน แต่อย่างไรก็ตามยังมีข้อจำกัด คือ สารปลดปล่อยซิลิคอนที่มีขายในท้องตลาดของประเทศไทย ยังไม่ได้รับการรับรองทางวิชาการอย่างชัดเจน และขาดความสม่ำเสมอในการจำหน่าย ดังนั้นถ้าจะนำสารปลดปล่อยซิลิคอนมาใช้ป้องกันกำจัดโรคพืช ควรมีการนำมาศึกษาทางวิชาการ และเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับ sodium silicate และ potassium silicate

อีกแนวทางหนึ่งที่ได้รับความสนใจและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี เช่น การใช้เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการป้องกันกำจัดโรคพืช ได้แก่ เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* มีรายงานว่าสามารถป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่า โรคราแป้งขาว โรคกาบใบแห้ง และโรคแอนแทรคโนสของพืชตระกูลแตง ข้าว และมะม่วง เป็นต้น (พากเพียร อรัญนารถ และคณะ. 2544; Berger *et al.* 1996; Chuang and Ann. 1997) และการใช้เชื้อราปฏิปักษ์ในการป้องกันกำจัดโรคพืช ได้แก่ เชื้อรา *Trichoderma harzianum* มีรายงานว่าสามารถป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่า และโรคเน่าดำของพืชตระกูลส้ม พริกไทย ทุเรียน และวนิลา เป็นต้น (สุณีรัตน์ สีมะเดือ และคณะ. 2540; แสงมณี ชิงดวง และคณะ. 2540; Pechprome and Soytong. 1997) ซึ่งมีการจุลินทรีย์ปฏิปักษ์หลากหลายรูปแบบ เช่น ชีวผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปแบบผง และแบบเชื้อสด ที่นิยมนำมาใช้สำหรับการปลูกพืชในดิน ส่วนในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน มีรายงานการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการป้องกันกำจัดโรคพืชบ้างแล้ว ได้แก่ เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (Grosch *et al.* 2001) และเชื้อรา *T. harzianum* (Thinggaard. 1988; Yedidia *et al.* 1999; Ozbay *et al.* 2004)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากความสำคัญของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ในแง่การป้องกันกำจัดโรคพืชดังที่กล่าวมาข้างต้น จึงได้มีแนวคิดนำเอาสารละลายซิลิคอนมาใช้ร่วมกับจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *P. parasitica* เพื่อเป็นแนวทางป้องกันกำจัดโรคพืชแบบบูรณาการ (integrated disease management) ในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน ซึ่งสารละลายซิลิคอนที่ใช้ ได้แก่ sodium silicate ($Na_2Si_3O_7$) a.i. ~ 27%, potassium silicate ($K_2Si_3O_7$) a.i. ~ 25% และผลิตภัณฑ์ซิลิคอนที่มีจำหน่ายในท้องตลาด คือ ไฟตอน (SiO_2 73.9%) ส่วนจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่นำมาทดสอบในครั้งนี้มุ่งเน้นไปที่ชีวผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ใช้สำหรับป้องกันกำจัดโรคพืช และมีขายในท้องตลาดของประเทศไทย ซึ่งเป็นรูปแบบที่แนะนำให้ใช้กับพืชที่ปลูกในดินเท่านั้น ได้แก่ เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จากชีวผลิตภัณฑ์ลาร์มิน่า, เชื้อรา *T. harzianum* จากชีวผลิตภัณฑ์ไตรซาน และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดลองในสภาพห้องปฏิบัติการ และในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดินแบบ deep flow technique โดยทำการทดสอบกับผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (Chinese cabbage; *Brassica campestris* L. var. *chinensis* : Cruciferae) (Rubatzky and Yamaguchi. 1997) เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาในการนำสารละลายซิลิคอนมาใช้ร่วมกับจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เพื่อควบคุมโรคพืช ในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดินต่อไป

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาบทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ

1.2.2 เพื่อศึกษาบทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบบทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ

1.3.2 ทราบบทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน

1.3.3 เพื่อเป็นแนวทางเลือกใหม่ของการผลิตพืชผักปลอดสารพิษในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับกระแสการเกษตรแบบยั่งยืนของโลก (sustainable agriculture)

เอกสารนี้เป็น... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น... ส่งผลต่อความปลอดภัย...

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เชื้อรา *Phytophthora* spp. ที่ตรวจพบในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

โดยหลักการของระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จัดว่าเป็นระบบที่สามารถหลีกเลี่ยงการเข้าทำลายของโรคและแมลงได้ค่อนข้างสมบูรณ์ โดยเฉพาะกลุ่มของโรคที่มีเชื้อสาเหตุมาจากดิน (soil-borne diseases) แต่ในสภาพความเป็นจริง มีการตรวจพบการเข้าทำลายของเชื้อสาเหตุโรคกับพืชที่ปลูกในระบบดังกล่าวบ่อยครั้ง ซึ่งเชื้อสาเหตุโรคเหล่านั้นอาจเข้ามาในระบบ โดยการปนเปื้อนมากับน้ำ สารละลายธาตุอาหาร ส่วนขยายพันธุ์ วัสดุเพาะ วัสดุปลูก แมลง อากาศ และอื่น ๆ หากมีการระบาดของโรคเกิดขึ้นในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ส่วนใหญ่จะเป็นไปอย่างรวดเร็วและรุนแรงกว่าการปลูกพืชในดิน โดยเฉพาะการปลูกในโรงเรือนที่มิดชิด และใช้ระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหาร (recirculating system) ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ช่วยเร่งการแพร่กระจายของเชื้อสาเหตุโรคในระบบดังกล่าว (Zinnen. 1988; Ikeda. 2001)

เชื้อสาเหตุโรคที่มีรายงานว่าสามารถเข้าทำลาย และก่อให้เกิดความเสียหายแก่พืชที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินอย่างสม่ำเสมอ คือ เชื้อราในกลุ่ม Pythiaceae สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าที่สำคัญของพืชผักและไม้ดอกหลายชนิด เช่น ผักสลัด ผักโขม พืชตระกูลแตง มะเขือเทศ ขึ้นฉ่าย วอเตอร์เครส เยอบีร่า เบญจมาศ คาร์เนชั่น กุหลาบ เป็นต้น เชื้อราในกลุ่ม Pythiaceae ได้แก่ *Phytophthora* spp. (*P. parasitica*, *P. nicotianae*, *P. erythroseptica* และ *P. cryptogea*) และ *Pythium* spp. (*Py. aphanidermatum*, *Py. coloratum*, *Py. intermedium*, *Py. irregulare*, *Py. debaryanum*, *Py. myriotylum*, *Py. ultimum* และ *Py. sylvaticum*) เนื่องจากเป็นราน้ำจึงสามารถเจริญเติบโตได้ดีในสภาพที่มีความชื้นสูง เมื่อเชื้อราดังกล่าวปนเปื้อนเข้ามาในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จะเพิ่มปริมาณและสร้าง zoospore เป็นจำนวนมาก และแพร่กระจายผ่านทางสารละลายธาตุอาหารเข้าทำลายพืชทั้งระบบได้ภายในระยะเวลาอันรวดเร็ว (Zinnen. 1988; Jarris. 1992; Stanghellini and Rasmussen. 1994)

Hutton and Forsberg (1991) รายงานว่าเชื้อรา *Phytophthora* sp. เป็นสาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของผักสลัดที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จำนวน 11 สายพันธุ์

Rumine (1996) รายงานว่าเชื้อรา *Phytophthora cryptogea* ทำให้ต้นเยอร์บีราที่ปลูกในperlite และ rockwool และใช้ระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหาร ล้มตายเป็นจำนวนมาก

Jee *et al.* (2001) รายงานว่าพบ Phytophthora root rot ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินของประเทศเกาหลี โดยพบมากในช่วงฤดูร้อน จำนวน 51 isolates และพบว่าเป็นเชื้อรา *P. drechsleri*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

ซึ่งทำให้เกิดโรคอย่างรุนแรงกับผักสลัดและผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ และทำให้เกิดโรคปานกลางกับแตงและมะเขือเทศ แต่ทำให้เกิดโรคเล็กน้อยกับพริก

Herrero *et al.* (2003) รายงานการพบเชื้อรา *Pythium* spp. และ *Phytophthora* spp. ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ที่ Norwegian greenhouse โดยพบเชื้อรา *Pythium* spp. จำนวน 16 species เช่น *Py. irregulare* และ *Py.* group F พบที่รากของมะเขือเทศ ผักสลัด และแตง, *Pythium* spp. ทุกชนิดพบที่รากของแตง และพบเชื้อรา *Phytophthora* spp. จำนวน 2 species คือ *P. cryptogea* พบที่รากของมะเขือเทศและผักสลัด, *P. nicotianae* พบที่ผลมะเขือเทศ

2.2 การใช้สารละลายซิลิคอนป้องกันและกำจัดโรคพืช

ซิลิคอนเป็นแร่ธาตุที่มีอยู่มากมายทั่วไปบนพื้นโลก แต่อย่างไรก็ตามบทบาทหรือความสำคัญในด้านการเป็นธาตุอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ยังไม่ค่อยเป็นที่ทราบแน่ชัด เกษตรกรทั่วไปทั้งในทวีปยุโรปและอเมริกามีการนำสารละลายซิลิคอนมาใช้ป้องกันกำจัดโรคพืชที่ปลูกในสภาพโรงเรือน และจากผลการศึกษาของนักวิจัยจากประเทศต่าง ๆ หลายท่าน พบว่า ถ้าเพิ่มการดูดซึมสารละลายซิลิคอนให้แก่พืช จะสามารถป้องกันกำจัดโรคพืชที่มีสาเหตุมาจากเชื้อราได้ (Carver *et al.* 1987; Belanger *et al.* 1995)

การใช้สารละลายซิลิคอนป้องกันและกำจัดโรคพืชในประเทศไทย ยังมีการศึกษาเพียงเล็กน้อย โดยมีรายงานว่าสารละลายซิลิคอนมีผลต่อเชื้อรากลุ่ม Pythiaceae (*Phytophthora palmivora*, *P. parasitica* และ *Pythium aphanidermatum*) และเชื้อรา *Fusarium* sp. ในสภาพห้องปฏิบัติการ กล่าวคือ การใช้ sodium silicate ทุกระดับความเข้มข้น (250, 500, 750 และ 1,000 ppm) มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราทั้ง 4 ชนิดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งทางด้านการเจริญเติบโตทางเส้นใย (ขนาดโคโลนี และน้ำหนักเส้นใย) และการสร้าง sporangium ของเชื้อรากลุ่ม Pythiaceae ซึ่งความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตจะเพิ่มมากขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน (ถนิมนันต์ เจนอักษร และวรางคณา นกอยู่. 2541; วรางคณา นกอยู่. 2545)

สำหรับต่างประเทศ มีรายงานการใช้สารละลายซิลิคอนป้องกันกำจัดโรคพืชกันอย่างกว้างขวาง อาทิเช่น การนำสารละลายซิลิคอนมาใช้ลดความรุนแรงของโรคราแป้ง (*Sphaerotheca fuliginea*) ของแตง รวมทั้งศึกษากลไกและบทบาทของสารละลายซิลิคอนโดยใช้ scanning electron microscopy ร่วมกับ X-ray analysis พบว่าใบพืชที่ได้รับสารละลายซิลิคอนจะมีการสะสมซิลิคอนใน trichome base ระหว่างที่มีการติดเชื้อรา *S. fuliginea* โดยเฉพาะบริเวณที่เชื้อราแทงผ่านจะพบการสะสมซิลิคอนในปริมาณสูง ส่วนบริเวณ epidermal cell และ trichome hair จะพบการสะสมซิลิคอนในปริมาณต่ำ และยังพบว่าจะมีสะสมซิลิคอนใน conidia ของเชื้อราที่กำลังจะงอก โดย

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใด ...

พบว่า conidia ที่ได้รับสารละลายซิลิคอนจะมี germ tube สั้น แต่ไม่มีผลยับยั้งการงอกของ conidia ส่วนเส้นใยที่งอกออกมาจะมีความกว้างน้อยกว่า conidia ที่ไม่ได้รับสารละลายซิลิคอน (Samuels *et al.* 1991)

Menzies *et al.* (1992) รายงานว่าการใช้ potassium silicate กับแตงกวา (*Cucumis sativus* L.), muskmelon (*C .melo* L.) และ zucchini squash (*Cucurbita pepo* L.) เพื่อควบคุมเชื้อรา *Sphaerotheca fuliginea* (สาเหตุโรคของแตงกวา และ muskmelon) และ *Erysiphe cichoracearum* (สาเหตุโรคของ zucchini squash) โดยใส่สารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 1.7 mM ทางราก พืช หรือพ่นสารละลายซิลิคอน 1.7, 8.5, 17 และ 34 mM บนใบพืช เปรียบเทียบกับการพ่นน้ำเปล่า พบว่าการใส่สารละลายซิลิคอนผ่านทางรากพืช จะพบจำนวน colony ของเชื้อราสาเหตุโรคบนใบพืชน้อยกว่าการฉีดพ่นที่ใบ และจำนวน colony จะลดลงเมื่อพ่นด้วยสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 17 และ 34 mM โดยพบว่าการพ่นสารละลายซิลิคอนเป็นเวลา 7 วัน ก่อนปลูกเชื้อราสาเหตุโรค มีผลทำให้จำนวน colony ของเชื้อราสาเหตุโรคลดลงเช่นเดียวกัน

2.3 การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคพืช

2.3.1 การใช้เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ควบคุมโรคพืช

การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก จุลินทรีย์ที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. มีรายงานว่าสามารถควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืชได้หลายชนิด รวมทั้งเชื้อราในกลุ่ม Pythiaceae เช่น การใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ควบคุมเชื้อราในกลุ่ม Pythiaceae (*Phytophthora* spp. และ *Pythium* spp. สาเหตุโรค damping-off) และเชื้อรา *Sphaerotheca fuliginea* สาเหตุโรคราแป้งของ zucchini squash (Berger *et al.* 1996) เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าเชื้อแบคทีเรีย *B. amyloliquefaciens*, *B. pumilus* สามารถควบคุมเชื้อรา *Botrytis cinerea* สาเหตุโรคราสีเทาของลูกแพร์ (Mari *et al.* 1996), เชื้อแบคทีเรีย *B. megaterium* สามารถควบคุมเชื้อรา *Bipolaris* (*Cochliobolus*) *australiensis*, *Cochliobolus pallescens* และ *Exserohilum rostratum* (*Setosphaeria rostrata*) ในสภาพห้องปฏิบัติการ (Ninq *et al.* 1998) และเชื้อแบคทีเรีย *B. polymyxa* สามารถควบคุมเชื้อรา *Pythium ultimum* และ *P. irregulare* ได้ (Hwang *et al.* 1996)

พากเพียร อรัญนารถ และคณะ (2544) รายงานว่าการนำชีวภัณฑ์ของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* มาใช้ควบคุมโรคกาบใบแห้งของข้าว ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Rhizoctonia solani* Khun. พบว่าชีวผลิตภัณฑ์ทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ ชีวผลิตภัณฑ์เหลว TRF สูตร A และ B, Larminar WP และ Agroguard Liq. มีประสิทธิภาพในการควบคุมโรคกาบใบแห้งในสภาพเรือนทดลองและแปลงนาทดลองได้ดี ทั้ง ในฤดูนาปีและนาปรัง โดยพบว่ามีเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของการเกิดโรคเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50.48, 52.53, 54.59 และ 55.18 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับวิธีการควบคุมที่มีเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของการเกิดโรคเท่ากับ 65.46 แม้จะใช้ได้ผลดีไม่เท่ากับวิธีการใช้ Validacin 3% Liq ที่มีเปอร์เซ็นต์ความรุนแรงของการเกิดโรคเท่ากับ 28.69 ก็ตาม แต่พบว่าปริมาณของผลผลิตที่ได้ไม่แตกต่างกัน

Chuang and Ann (1997) ทดสอบความสามารถของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* isolates Tp-Tu311 ในการควบคุมโรคแอนแทรคโนสของมะม่วง ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides (Glomerella cingulata)* โดยปลูกเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* บนแผลที่ทำไว้บนผลมะม่วงร่วมกับเชื้อราสาเหตุโรค พบว่าสามารถยับยั้งการเกิดแผลลามของโรคแอนแทรคโนสได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ขนาดของแผลลดลงเฉลี่ย 20-45 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการใช้ Bavisitin (Carbendazim) และ Bavistin+oil พบว่าการพ่นเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* isolates บนผลก่อนการห่อผลมะม่วงในสภาพแปลงปลูก สามารถลดการเกิดโรคแอนแทรคโนสในผลมะม่วงสุกหลังการเก็บเกี่ยวได้

Li. *et al.* (1998) รายงานว่าการใช้เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* strain Cot 1 ที่แยกมาจากเนื้อเยื่อของ *Cotinus* ในการควบคุมเชื้อรากลุ่ม Oomycete ได้แก่ *Phytophthora* sp. และ *Pythium* sp. พบว่าสามารถลดระดับการเกิดโรค damping-off ของ *Aster*, *Baphne*, *Photinia* และ *Hemerocallis* ได้ และสามารถลดปริมาณของเชื้อราสาเหตุโรคได้เทียบเท่ากับวิธีการใช้ metalaxyl รวมทั้งพบว่าเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* strain Cot 1 สามารถเจริญเข้าครอบครองบริเวณรากพืชได้ ส่วนการใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* strain CL27 และ CL45 ที่แยกมาจากใบของ *Brassica* พบว่าสามารถลดระดับการเกิดโรคราสีเทา ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Botrytis cinerea* ได้

2.3.2 การใช้เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ควบคุมโรคพืชในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

มีรายงานความสำเร็จของการใช้เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus* spp. ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดย Grosch *et al.* (2001) รายงานว่าการใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* บนต้นกล้ามะเขือเทศในสภาพห้องปฏิบัติการได้ ส่วนในระบบปลูกโดยไม่ใช้ดิน พบว่าระหว่างทำการทดลองมีการตรวจพบเชื้อแบคทีเรียที่เกิดขึ้นเองภายในระบบ คือ *B. subtilis* FZB 44 และเมื่อนำมาทดลองใช้ควบคุมโรคในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน พบว่าเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* FZB 44 มีประสิทธิภาพในการลดความรุนแรงของโรครากเน่าที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *P. aphanidermatum* ได้ และลดความสูญเสียผลผลิตของพืช โดยเป็นการส่งเสริมให้พืชเกิดความแข็งแรง

2.3.3 การใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ควบคุมโรคพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อรา *Trichoderma* spp. เป็นจุลินทรีย์อีกชนิดหนึ่ง ที่มีความสามารถในการควบคุมโรคพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังมีรายงานว่าการศึกษาประสิทธิภาพของเชื้อรา *T. harzianum*

(CB-PIN-01) ในการควบคุมโรครากเน่าโคนเน่าของส้มเขียวหวาน ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสวนเกษตรกร อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี โดยใช้วิธีการหว่านส่วนผสมของผงเชื้อรา *T. harzianum* (CB-PIN-01) กับอาหารเสริม (รำข้าว) และสารเสริม (ปุ๋ยหมัก) อัตราส่วน 1:4:10 หว่านรอบทรงพุ่มของต้นส้มในอัตราส่วน 100 กรัมต่อตารางเมตร พบว่าดินที่มีการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จะพบปริมาณของเชื้อรา *P. parasitica* น้อย และพบว่าต้นพืชมีความสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม ที่มีความสมบูรณ์ของต้นพืชลดลง 20 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใช้น้ำผสมผงเชื้อรา *T. harzianum* ฉีดพ่น พบว่าต้นพืชจะมีความสมบูรณ์เพิ่มขึ้นเช่นกัน (สุณีรัตน์ สีมะเดือ และคณะ. 2540)

แสงมณี ชิงดวง และคณะ (2540) ศึกษาอิทธิพลของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* จำนวน 8 isolates ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของพริกไทย และเชื้อรา *P. palmivora* สาเหตุโรคเน่าดำของวนิลา ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วมบนอาหาร พบว่าเชื้อรา *T. harzianum* no.P1 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* และ *P. palmivora* ได้ 43.3 เปอร์เซ็นต์ และ 38.9 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งจากการศึกษากลไกของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่าเชื้อรา *T. harzianum* สร้างเส้นใยพันรัดเส้นใยของเชื้อรา *Phytophthora* และเจาะเข้าไปแย่งอาหารที่อยู่ภายใน ทำให้เกิดช่องว่างภายในเส้นใยของเชื้อรา *Phytophthora* ที่ถูกเข้าทำลาย และพบว่าผนังเส้นใยของเชื้อรา *Phytophthora* จะถูกย่อยสลาย ทำให้ไม่สามารถเจริญเติบโตต่อไปได้ และยังพบว่าเชื้อรา *T. harzianum* no.1-4 และ *T. harzianum* no.7 สามารถยับยั้งการสร้าง sporangium ของเชื้อราสาเหตุโรคได้ตั้งแต่วันแรกที่เข้าทำลาย

Goldfarb *et al.* (1989) ทดสอบศักยภาพของเชื้อรา *Trichoderma* spp. จำนวน 7 isolate 6 species ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phellinus weirii* ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าเชื้อรา *T. viride*, *T. polysporum* และ *T. harzianum* มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. weirii* มากกว่า *T. citrinoviride* และพบว่าเชื้อรา *T. harzianum* สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. weirii* ได้ดีที่สุด ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ส่วนเชื้อรา *T. viride* และ *T. polysporum* สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. weirii* ได้ดีที่สุด ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส

Pechprome and Soytong (1997) ทดสอบศักยภาพของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* PC01 และ *T. hamatum* PC02 ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora palmivora* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของทุเรียน ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วมบนอาหาร พบว่าเชื้อรา *T. harzianum* PC01 และ *T. hamatum* PC02 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. palmivora* ได้ 76.77 และ 71.38 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อนำยาเชื้อ *Trichoderma* (PC01+PC02) ชนิดเม็ดมาใช้ควบคุมเชื้อรา *P. palmivora* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของทุเรียนพันธุ์ชะนี อายุ 1 ปี ในสภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรือนทดลอง พบว่าการใช้ยาเชื้อ *Trichoderma* ชนิดเม็ด อัตรา 10 กรัมต่อต้น สามารถลดการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าได้ 85 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในสภาพไร่พบว่ายาเชื้อ *Trichoderma* ชนิดเม็ด อัตรา 80 กรัมต่อต้น สามารถลดการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าได้ 68.78 เปอร์เซ็นต์ในปีแรก และ 80.60 เปอร์เซ็นต์ในปีที่สอง

Yong *et al.* (2004) รายงานการใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ควบคุมโรค damping-off ของ *Echinacea angustifolia* ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Pythium ultimum* โดยคัดเลือกเชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่แยกมากจากบริเวณรากของผักที่แสดงอาการ Pythium damping-off จากจำนวนกว่า 400 isolates เหลือเชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่มีศักยภาพดี จำนวน 24 isolates ได้แก่ เชื้อรา *T. harziamun* 12 isolates, *T. viride* 7 isolates, *T. koningii* 4 isolates และ *T. aureoviridae* 1 isolate และนำไปทดสอบต่อในสภาพเรือนทดลอง โดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ใส่ลงในดินที่มีการปลูกเชื้อรา *P. ultimum* พบว่าการใช้เชื้อรา *T. harziamun* isolate Tri 01091 รูปแบบผง สามารถลดระดับการเกิดโรคได้ดีเทียบเท่าวิธีการควบคุม วิธีการใช้เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* และวิธีการใช้ metalaxyl

2.3.4 การใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ควบคุมโรคพืชในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

มีรายงานการใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ควบคุมโรคพืชในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพของเชื้อรา *T. virens* สายพันธุ์พื้นเมืองที่แยกได้มาจากป่า Sherwood และ *T. harzianum* สายพันธุ์ T_{39} (รูปแบบทางการค้า Trichodex) เปรียบเทียบกับวิธีการใช้ benomyl+captan เพื่อควบคุมอาการ grey rot ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Botrytis cinerea* โดยทำการทดสอบกับผักสลัด butterhead พันธุ์ *Esmeralda* ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ floating system ด้วย Wye nutrient solution ในเรือนกระจกของประเทศ Chile โดยทำการฉีดพ่นผักสลัดด้วยเชื้อรา *T. virens* 10^9 conidia/ml, Trichodex และ benomyl+captan ก่อนปลูกเชื้อรา *B. cinerea* 10^6 conidia/ml ตามลงไป หลังจากนั้นประเมินอาการ grey rot ที่ 40 วันหลังย้ายปลูกพืช พบว่าผักสลัดที่ใช้เชื้อรา *T. virens* จะเกิดอาการ grey rot ต่ำ และมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตที่ขายทางการค้าสูงกว่าวิธีการควบคุม ทั้งนี้พบว่าการใช้เชื้อรา *T. virens*, Trichodex และ benomyl+captan สามารถควบคุมโรคที่เกิดจากเชื้อรา *B. cinerea* ได้ไม่แตกต่างกัน (Lolas *et al.* 2005)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ ดังนี้

3.1 บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ

3.2 บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน

รายละเอียดของการทดลองมีดังต่อไปนี้

3.1 บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ

เพื่อศึกษาอิทธิพลร่วมของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยแยก *เชื้อราสาเหตุโรค Phytophthora parasitica* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าจากผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ส่วน *สารละลายซิลิคอน* ที่นำมาทดสอบมี 3 ชนิด คือ 1. sodium silicate ($Na_2Si_3O_7$) a.i. ~ 27% 2. potassium silicate ($K_2Si_3O_7$) a.i. ~ 25% และ 3. ไฟตอน ประกอบด้วย 73.9% SiO_2, 12.9% Al_2O_3, 1.4% Fe_2O_3, 2.1% FeO, 0.8% MgO, 0.8% CaO, 2.2% Na_2O, 5.7% K_2O และ 0.2% P_2O_5 *ระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน* ที่นำมาทดสอบมี 5 ระดับความเข้มข้น คือ 0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm สำหรับ *จุลินทรีย์ปฏิปักษ์* ที่นำมาทดสอบมี 3 ชนิด คือ 1. เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จากชีวผลิตภัณฑ์ลาร์มิน่า (product 1) 2. เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จากชีวผลิตภัณฑ์ไตรซาน (product 2) และ 3. เชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม ซึ่งแยกมาจากบริเวณรอบรากต้นกระเพรา อ.บางแพ จ.ราชบุรี โดยมีวิธีดำเนินการศึกษา ดังนี้

3.1.1 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงาน

เพื่อให้ทราบถึงอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนที่มีต่อการเจริญเติบโตทางเส้นใย และการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. parasitica* โดยแบ่งเป็น 2 การทดลองย่อย ดังนี้

3.1.1.1 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*

วางแผนการทดลองแบบ 3x5 factorials in completely randomized design จำนวน 5 ซ้ำ ดังนี้

ปัจจัย A คือ ชนิดของสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด คือ

1. sodium silicate ($Na_2Si_3O_7$) a.i. ~ 27%
2. potassium silicate ($K_2Si_3O_7$) a.i. ~ 25%
3. ไฟตอน (SiO_2 73.9%)

ปัจจัย B คือ ระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนที่ผสมในอาหาร potato dextrose agar (PDA) 5 ระดับ คือ 0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm

เตรียมเชื้อทดสอบ โดยเลี้ยงเชื้อรา *P. parasitica* บนอาหาร PDA เป็นเวลา 9 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. เจาะบริเวณขอบโคโลนีเพื่อนำไปใช้ในการทดลอง

ทำการทดลอง โดยนำชิ้นวุ้นของเชื้อรา *P. parasitica* วางลงบนจานทดสอบที่บรรจุอาหาร PDA ปริมาณ 15 มล. ผสมสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

บันทึกผลการทดลอง โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีทุกวัน จนกระทั่งโคโลนีของเชื้อรา *P. parasitica* บนสิ่งทดลองควบคุม (0 ppm) เจริญเต็มจานทดสอบ วิเคราะห์ผลทางสถิติ และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของโคโลนีเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ดังนี้ เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของโคโลนี = [(R1 – R2) / R1] x 100; R1 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *P. parasitica* บนสิ่งทดลองควบคุม (0 ppm), R2 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *P. parasitica* บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน

3.1.1.2 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*

วางแผนการทดลองแบบ 3x5 factorials in completely randomized design จำนวน 5 ซ้ำ ดังนี้

ปัจจัย A คือ เชื้อรา *P. parasitica* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. sodium silicate ($Na_2Si_3O_7$) a.i. ~ 27%
2. potassium silicate ($K_2Si_3O_7$) a.i. ~ 25%
3. ไฟตอน (SiO_2 73.9%)

ปัจจัย B คือ ระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนที่ผสมในอาหาร PDA 5 ระดับ คือ 0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm

เตรียมเชื้อทดสอบ ทำการทดลองต่อเนื่องจากการทดลองที่ 3.1.1.1 โดยใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. เจาะบริเวณขอบโคโลนีของเชื้อรา *P. parasitica* จากจานทดสอบของทุกสิ่งทดลองเพื่อนำไปใช้ในการทดลอง

ทำการทดลอง โดยนำชิ้นวุ้นของเชื้อรา *P. parasitica* วางลงในจานทดสอบที่บรรจุน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อปริมาณ 15 มล. เพื่อกระตุ้นการสร้าง sporangium และบ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

บันทึกผลการทดลอง โดยนับปริมาณการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. parasitica* หลังจากใส่น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ภายใต้กล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 100 เท่า โดยสังเกตบริเวณรอบ ๆ ชิ้นวุ้น กำหนดให้การมองเห็น 1 จุดของกล้องจุลทรรศน์เป็น 1 field สุ่มทำ 4 fields วิเคราะห์ผลทางสถิติ และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้าง sporangium ดังนี้ เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้าง sporangium = [(S1 – S2) / S1] x 100; S1 = จำนวน sporangium ของเชื้อรา *P. parasitica* ที่เจริญบนสิ่งทดลองควบคุม (0 ppm), R2 = จำนวน sporangium ของเชื้อรา *P. parasitica* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน รวมทั้งสังเกตลักษณะ sporangium ของเชื้อรา *P. parasitica* จากทุกสิ่งทดลองภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พร้อมถ่ายภาพประกอบ

หมายเหตุ สรุปผลการทดลองถึงชนิดและระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน ที่มีอิทธิพลในการยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยและการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. parasitica* เพื่อนำมาใช้ในการทดลองที่ 3.1.4 ต่อไป

3.1.2 การศึกษาอิทธิพลของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*

เพื่อให้ทราบถึงศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้ง 3 ชนิด ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* โดยแบ่งเป็น 2 การทดลองย่อยตามชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่นำมาทดสอบ ดังนี้

3.1.2.1 การศึกษาอิทธิพลของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*

เตรียมเชื้อทดสอบ โดยเลี้ยงเชื้อรา *P. parasitica* บนอาหาร PDA เป็นเวลา 9 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. เจาะบริเวณขอบโคโลนีเพื่อนำไปใช้ในการทดลอง ส่วนเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* เตรียมโดยนำโคโลนีเดี่ยวบนอาหาร nutrient agar (NA) ไปเพิ่มปริมาณโดยการ streak 20 ขีด ใน NA slant ที่บรรจุอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณ 5 มล. นาน 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 28°C จากนั้นนำมาเตรียม bacterial suspension โดยเติมน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 5 มล. เพื่อนำไปใช้ในการทดลอง

ทำการทดลอง โดยวิธี paper-disc diffusion method ซึ่งจะใช้ไมโครปิเปตดูด bacterial suspension ปริมาณ 10 µl หยดบนแผ่นกระดาษกรองนึ่งฆ่าเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม. แล้วนำแผ่นกระดาษกรองนั้นไปวางลงบนจานทดสอบที่บรรจุอาหาร PDA ปริมาณ 15 มล. และมีชิ้นวุ้นของเชื้อรา *P. parasitica* วางตรงกลางจานทดสอบ โดยวางแผ่นกระดาษกรองในแนวเส้นผ่านศูนย์กลางทั้ง 4 ด้าน ให้ห่างจากชิ้นวุ้นของเชื้อรา *P. parasitica* เป็นระยะ 3 ซม. โดยเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม (control) ซึ่งใช้น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อหยดบนแผ่นกระดาษกรองแทน bacterial suspension และบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

บันทึกผลการทดลอง เมื่อโคโลนีของเชื้อรา *P. parasitica* บนวิธีการควบคุม (control) เจริญเต็มจานทดสอบ ทำการวัดขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *P. parasitica* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plates) และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition, GI) ดังนี้ GI = [(R1 – R2) / R1] x 100; R1 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *P. parasitica* บนวิธีการควบคุม (control), R2 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *P. parasitica* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม รวมทั้งศึกษากลไกของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยสังเกตลักษณะของแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการเข้าทำลายเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรค พร้อมถ่ายภาพประกอบ

3.1.2.2 การศึกษาอิทธิพลของเชื้อราปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design จำนวน 5 ซ้ำ มี 2 วิธีการ คือ

วิธีการที่ 1 เชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 2

วิธีการที่ 2 เชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม

เตรียมเชื้อทดสอบ โดยเลี้ยงเชื้อรา *P. parasitica* บนอาหาร PDA เป็นเวลา 9 วัน และเลี้ยงเชื้อรา *Trichoderma* แต่ละชนิด บนอาหาร PDA เป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. เจาะบริเวณขอบโคโลนีเพื่อนำไปใช้ในการทดลอง

ทำการทดลอง โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic tests) ซึ่งจะนำชิ้นวุ้นของเชื้อรา *P. parasitica* วางลงบนจานทดสอบที่บรรจุอาหาร PDA ปริมาณ 15 มล. และนำชิ้นวุ้นของเชื้อรา *Trichoderma* มาวางด้านตรงข้ามให้มีระยะห่าง 6 ซม. โดยเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม (control) และบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกผลการทดลอง เมื่อโคโลนีของเชื้อรา *P. parasitica* บนวิธีการควบคุม (control) เจริญเต็มจานทดสอบ ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *P. parasitica* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plates) และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition, GI) ดังนี้ GI = [(R1 – R2) / R1] x 100; R1 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *P. parasitica* บนอาหารวิธีการควบคุม (control), R2 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *P. parasitica* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม รวมทั้งศึกษากลไกของเชื้อรา *Trichoderma* ทั้ง 2 ชนิด ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยสังเกตลักษณะเส้นใยของเชื้อราปฏิปักษ์ในการเข้าทำลายเชื้อราสาเหตุโรค พร้อมถ่ายภาพประกอบ

หมายเหตุ สรุปผลการทดลองถึงชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ที่มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* เพื่อนำมาใช้ในการทดลองที่ 3.1.4 ต่อไป

3.1.3 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์

เพื่อต้องการทราบว่า สารละลายซิลิคอนที่นำมาทดสอบจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์หรือไม่ โดยทำการศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนที่มีต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ โดยแบ่งเป็น 2 การทดลองย่อยตามชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่นำมาทดสอบดังนี้

3.1.3.1 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์

วางแผนการทดลองแบบ 3x5 factorials in completely randomized design จำนวน 5 ซ้ำ ดังนี้

ปัจจัย A คือ ชนิดของสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด คือ

1. sodium silicate ($Na_2Si_3O_7$) a.i. ~ 27%
2. potassium silicate ($K_2Si_3O_7$) a.i. ~ 25%
3. ไฟตอน (SiO_2 73.9%)

ปัจจัย B คือ ระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนที่ผสมในน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 5 ระดับ คือ 0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm

เตรียมเชื้อทดสอบ โดยนำโคโลนีเดี่ยวของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* บนอาหาร NA จำนวน 10 loops ไปเพิ่มปริมาณในอาหาร nutrient broth (NB) ปริมาณ 100 มล. บ่มเชื้อบนเครื่องเขย่า (rotary shaker) นาน 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง จะได้ bacterial suspension ประมาณ 10^9 cell/ml (ตรวจนับโดยวิธี dilution spread plate) เพื่อนำไปใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการทดลอง โดยวิธี paper-disc diffusion method ซึ่งจะใช้ปิเปตดูด bacterial suspension จำนวน 2 มล. ผสมลงในขวดที่บรรจุอาหาร NA ปริมาณ 15 มล. ที่หลอมและทิ้งไว้ให้มี

อุณหภูมิประมาณ 45 องศาเซลเซียส ผสมให้เข้ากันและเทลงในจานทดสอบ ปล่อยทิ้งไว้ให้ผิวหน้าอาหารแห้งประมาณ 2-3 ชั่วโมง และใช้ไมโครปิเปตดูดสารละลายซิลิคอนผสมน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ความเข้มข้นละ 10 µl หยดบนแผ่นกระดาษกรองนึ่งฆ่าเชื้อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม. แล้วนำแผ่นกระดาษกรองนั้นไปวางลงบนจานทดสอบ ซึ่งจะวาง 6 ตำแหน่งต่อหนึ่งจานทดสอบ โดยเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม (control) ที่ใช้น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ และวิธีการควบคุม (control) ที่ใช้ tetracycline ระดับความเข้มข้น 30 ppm หยดบนแผ่นกระดาษกรองแทนสารละลายซิลิคอน และบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

บันทึกผลการทดลอง ทำการวัดขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) ของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* หลังจากปลูกเชื้อเป็นเวลา 48 ชั่วโมง วิเคราะห์ผลทางสถิติ

3.1.3.2 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราปฏิปักษ์

วางแผนการทดลองแบบ 3x5 factorials in completely randomized design จำนวน 5 ซ้ำ ดังนี้

ปัจจัย A คือ ชนิดของสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด คือ

1. sodium silicate ($Na_2Si_3O_7$) a.i. ~ 27%
2. potassium silicate ($K_2Si_3O_7$) a.i. ~ 25%
3. ไฟตอน (SiO_2 73.9%)

ปัจจัย B คือ ระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนที่ผสมในอาหาร PDA 5 ระดับ คือ 0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm

เตรียมเชื้อทดสอบ โดยเลี้ยงเชื้อรา *Trichoderma* แต่ละชนิด บนอาหาร PDA เป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. เจาะบริเวณขอบโคโลนีเพื่อนำไปใช้ในการทดลอง

ทำการทดลอง โดยนำชิ้นวุ้นของเชื้อรา *Trichoderma* แต่ละชนิด วางลงบนจานทดสอบที่บรรจุอาหาร PDA ปริมาณ 15 มล. ผสมสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

บันทึกผลการทดลอง โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีทุก 12 ชั่วโมง จนกระทั่งโคโลนีของเชื้อรา *Trichoderma* บนสิ่งทดลองควบคุม (0 ppm) เจริญเต็มจานทดสอบ วิเคราะห์ผลทางสถิติ และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของโคโลนีเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ดังนี้ เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของโคโลนี = [(R1 – R2) / R1] x 100; R1 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Trichoderma* บนสิ่งทดลองควบคุม (0 ppm), R2 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Trichoderma* บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน รวมทั้งสังเกตลักษณะ conidiophore และ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma* จากทุกสิ่งทดลองภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พร้อมถ่ายภาพประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หมายเหตุ สรุปผลการทดลองถึงชนิดและระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนที่ไม่มีอิทธิพล หรือมีอิทธิพลน้อยที่สุดในการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ เพื่อนำมาใช้ในการทดลองที่ 3.1.4 ต่อไป

3.1.4 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*

เพื่อให้ทราบถึง อิทธิพลร่วมของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* โดยพิจารณากำหนดชนิดและระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน และชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่จะใช้ในการทดลองที่ 3.1.4 นี้ จากการประมวลและสรุปผลการทดลองที่ได้จากการทดลองที่ 3.1.1, 3.1.2 และ 3.1.3 เพื่อให้การทดลองนี้ประสบผลสัมฤทธิ์สูงสุด โดยแบ่งเป็น 2 การทดลองย่อยตามชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่นำมาทดสอบ ดังนี้

3.1.4.1 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*

วางแผนการทดลองแบบ 3x3 factorials in completely randomized design จำนวน 5 ซ้ำ ดังนี้

ปัจจัย A คือ ชนิดของสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด คือ

1. sodium silicate ($Na_2Si_3O_7$) a.i. ~ 27%
2. potassium silicate ($K_2Si_3O_7$) a.i. ~ 25%
3. ไฟตอน (SiO_2 73.9%)

ปัจจัย B คือ ระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนที่ผสมในอาหาร PDA 3 ระดับ คือ 0, 250 และ 500 ppm

เตรียมเชื้อทดสอบ โดยเลี้ยงเชื้อรา *P. parasitica* บนอาหาร PDA เป็นเวลา 9 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. เจาะบริเวณขอบโคโลนีเพื่อนำไปใช้ในการทดลอง ส่วนเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* เตรียมโดยนำโคโลนีเดี่ยวบนอาหาร NA ไปเพิ่มปริมาณโดยการ streak 20 ขีด ใน NA slant ที่บรรจุอาหารปริมาณ 5 มล. นาน 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาเตรียม bacterial suspension โดยเติมน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ 5 มล. เพื่อนำไปใช้ในการทดลอง

ทำการทดลอง โดยวิธี paper-disc diffusion method ซึ่งจะใช้ไมโครปิเปตดูด bacterial suspension ปริมาณ 10 µl หยดบนแผ่นกระดาษกรองนึ่งฆ่าเชื้อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มม. แล้วนำแผ่นกระดาษกรองนั้นไปวางลงบนจานทดสอบที่บรรจุอาหาร PDA ปริมาณ 15 มล. ผสมสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และมีชิ้นวุ้นของเชื้อรา *P. parasitica* วางตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

กลางจานทดสอบ โดยวางแผ่นกระดาษกรองในแนวเส้นผ่านศูนย์กลางทั้ง 4 ด้าน ให้ห่างจากชิ้นวุ้นของเชื้อรา *P. parasitica* เป็นระยะ 3 ซม. โดยเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม (control) ที่ใช้น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อหยดบนแผ่นกระดาษกรองแทน bacterial suspension และบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

บันทึกผลการทดลอง เมื่อโคโลนีของเชื้อรา *P. parasitica* บนวิธีการควบคุม (control) เจริญเต็มจานทดสอบ ทำการวัดขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *P. parasitica* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plates) และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition, GI) ดังนี้ GI = [(R1 – R2) / R1] x 100; R1 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *P. parasitica* บนวิธีการควบคุม (control), R2 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *P. parasitica* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม รวมทั้งศึกษากลไกของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 0, 250 และ 500 ppm ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยสังเกตลักษณะของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการเข้าทำลายเส้นใยของเชื้อราสาเหตุโรค พร้อมถ่ายภาพประกอบ

3.1.4.2 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและเชื้อราปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*

วางแผนการทดลองแบบ 3x3x2 factorials in completely randomized design จำนวน 5 ซ้ำ ดังนี้

ปัจจัย A คือ ชนิดของสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด คือ

1. sodium silicate ($Na_2Si_3O_7$) a.i. ~ 27%
2. potassium silicate ($K_2Si_3O_7$) a.i. ~ 25%
3. ไฟตอน (SiO_2 73.9%)

ปัจจัย B คือ ระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนที่ผสมในอาหาร PDA 3 ระดับ คือ 0, 250 และ 500 ppm

ปัจจัย C คือ ชนิดของเชื้อราปฏิปักษ์ 2 ชนิด คือ

1. เชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 2
2. เชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม

เตรียมเชื้อทดสอบ โดยเลี้ยงเชื้อรา *P. parasitica* บนอาหาร PDA เป็นเวลา 9 วัน และเลี้ยงเชื้อรา *Trichoderma* แต่ละชนิด บนอาหาร PDA เป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. เจาะบริเวณขอบโคโลนีเพื่อนำไปใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

81385

ทำการทดลอง โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic tests) ซึ่งจะนำชิ้นวุ้นของ เชื้อรา *P. parasitica* วางลงบนจานทดสอบที่บรรจุอาหาร PDA ปริมาณ 15 มล. ผสมสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และนำชิ้นวุ้นของเชื้อรา *Trichoderma* มาวางด้านตรงข้ามให้มีระยะห่าง 6 ซม. โดยเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม (control) และบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

บันทึกผลการทดลอง เมื่อโคโลนีของเชื้อรา *P. parasitica* บนสิ่งทดลองควบคุม (control) เจริญเต็มจานทดสอบ ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเชื้อรา *P. parasitica* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plates) และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition, GI) ดังนี้ GI = [(R1 – R2) / R1] x 100; R1 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *P. parasitica* บนสิ่งทดลองควบคุม (control), R2 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *P. parasitica* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม และศึกษากลไกของเชื้อรา *Trichoderma* ทั้ง 2 ชนิด ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 0, 250 และ 500 ppm ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ รวมทั้งสังเกตลักษณะเส้นใยของเชื้อราปฏิปักษ์ในการเข้าทำลายเชื้อราสาเหตุโรค พร้อมถ่ายภาพประกอบ

หมายเหตุ สรุปผลการทดลองถึงอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพิจารณากำหนดรายละเอียดแผนการทดลองในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน เช่น ชนิดและระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน

3.2 บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน

เพื่อศึกษาอิทธิพลร่วมของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ในการควบคุมเชื้อรา *P. parasitica* ในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน โดยนำผลการทดลองที่ได้จากในสภาพห้องปฏิบัติการมาทำการศึกษาขยายผลต่อในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน แบบ deep flow technique โดยทำการทดสอบกับผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ส่วน *สารละลายซิลิคอน* ที่นำมาทดสอบมี 3 ชนิด คือ 1. sodium silicate ($Na_2Si_3O_7$) a.i. ~ 27% 2. potassium silicate ($K_2Si_3O_7$) a.i. ~ 25% และ 3. ไฟตอน ประกอบด้วย SiO_2 73.9%, Al_2O_3 12.9%, Fe_2O_3 1.4%, FeO 2.1%, MgO 0.8%, CaO 0.8%, Na_2O 2.2%, K_2O 5.7% และ P_2O_5 0.2% *ระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน* ที่นำมาทดสอบมี 3 ระดับความเข้มข้น คือ 0, 250 และ 500 ppm สำหรับ *จุลินทรีย์ปฏิปักษ์* ที่นำมาทดสอบมี 3 ชนิด คือ 1. เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชีวผลิตภัณฑ์ลาร์มิน่า (product 1) 2. เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จากชีวผลิตภัณฑ์ไตรซาน (product 2) และ 3. เชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม โดยมีวิธีดำเนินการศึกษา ดังนี้

3.2.1 การศึกษาความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique

เพื่อให้ทราบถึง ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหารและที่รากพืช และการคงศักยภาพในการเป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ รวมทั้งผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ DFT โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design จำนวน 3 ซ้ำ (ซ้ำละ 5 ต้น) 5 วิธีการ คือ

วิธีการที่ 1 ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (control)

วิธีการที่ 2 ใส่เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จาก product 1 (แบบผง)

วิธีการที่ 3 ใส่เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง)

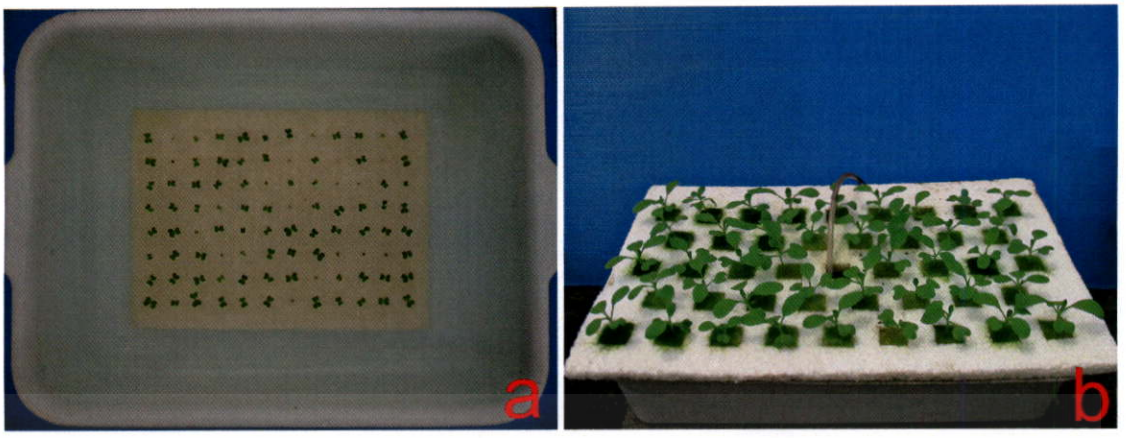
วิธีการที่ 4 ใส่เชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)

การปลูกพืชผักในระบบ deep flow technique (DFT)

ทำการปลูกพืชผักในระบบ DFT ภายในโรงเรือน evaporation ที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

การเตรียมต้นกล้า ทำการเพาะเมล็ดผักในฟองน้ำสำหรับปลูกพืชขนาด 2.5x2.5 ซม. จนต้นกล้าเริ่มมีใบจริงจึงรดด้วยสารละลายธาตุอาหารสูตรสำหรับปลูกพืชผักกินใบของ Benoit (1992) (ภาคผนวก ข) ที่ EC = 1 mS/cm ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 5.6-6.2 (ภาพที่ 3.1a) จนพืชอายุ 7 วัน ย้ายไปอนุบาลในระบบ DFT อนุบาล ที่ประกอบด้วย กระบะพลาสติกสำหรับบรรจุสารละลายธาตุอาหาร (ขนาด 25x40x15 ซม. ความจุ 5 ลิตร) และปิดปากกระบะด้วยแผ่นโฟมที่เจาะช่องขนาด 2.2x2.2 ซม. ไว้ 42 ช่อง สำหรับใส่ต้นกล้าช่องละ 1 ต้น เพิ่มอากาศให้สารละลายธาตุอาหารโดยจ่ายอากาศผ่านหัวทรายด้วยปั๊มอากาศ (ภาพที่ 3.1 b) และเมื่อต้นกล้าอายุ 14 วัน จึงย้ายไปปลูกในระบบ DFT ทดลองต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3.1 การเตรียมต้นกล้าเพื่อใช้ปลูกในระบบ deep flow technique (DFT) ทดลอง: a. เพาะเมล็ดผักในฟองน้ำสำหรับปลูกพืช, b. อนุบาลต้นกล้าในระบบ DFT อนุบาล

การปลูกพืชผักในระบบทดลอง นำต้นกล้าที่เตรียมไว้มาปลูกในระบบ DFT ทดลองที่ประกอบด้วยกะละมังพลาสติกสำหรับบรรจุสารละลายธาตุอาหาร (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 43 ซม. สูง 15 ซม. ความจุ 15 ลิตร) และปิดปากกะละมังด้วยแผ่นโฟม (ขนาด 50x50x1 ซม.) ที่เจาะช่องขนาด 2.2x2.2 ซม. ไว้ 5 ช่อง สำหรับใส่ต้นกล้าช่องละ 1 ต้น โดยเตรียมสารละลายธาตุอาหารที่ EC = 2 mS/cm ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 5.6-6.2 และเพิ่มอากาศให้สารละลายธาตุอาหารโดยจ่ายอากาศผ่านหัวทรายด้วยปั๊มอากาศ (ภาพที่ 3.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสาร...ะโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.2 ระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดินแบบ deep flow technique (DFT)

ทำการทดลอง

วันแรกที่ย้ายต้นกล้าลงระบบ DFT ทดลอง (พืชอายุ 14 วัน) ทำการใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์แต่ละชนิดลงในระบบ ตามอัตราการใช้ที่ระบุบนฉลากชีวผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืชแต่ละชนิด โดยมีวิธีการเตรียมจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ดังนี้

1. ชีวผลิตภัณฑ์ product 1 (แบบผง) เป็นเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ที่อยู่ในรูปแบบผงแห้ง จึงคำนวณและเตรียมเชื้อแบคทีเรียให้มีระดับความเข้มข้น 10^6 CFU/ml ในสารละลายธาตุอาหาร 15 ลิตร แต่ก่อนจะใส่ลงในระบบ ควรนำมาใส่น้ำแช่ทิ้งไว้ประมาณ 2-3 ชั่วโมง เพื่อกระตุ้นให้เชื้อแบคทีเรียหยุดการพักตัว

2. ชีวผลิตภัณฑ์ product 2 (แบบผง) เป็นเชื้อรา *T. harzianum* ที่อยู่ในรูปแบบผงสปอร์แห้ง จึงคำนวณและเตรียมเชื้อราให้มีระดับความเข้มข้น 10^5 conidia/ml ในสารละลายธาตุอาหาร 15 ลิตร แต่ก่อนจะใส่ลงในระบบ ควรนำผงสปอร์แห้งที่เตรียมไว้มาใส่น้ำแช่ทิ้งไว้ประมาณ 2-3 ชั่วโมง เพื่อกระตุ้นให้สปอร์หยุดการพักตัว

3. เชื้อรา *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) เลี้ยงบนอาหาร PDA เป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นเตรียมเชื้อราให้อยู่ในรูปแบบของ spore suspension ที่ระดับความเข้มข้น 10^5 conidia/ml ในสารละลายธาตุอาหาร 15 ลิตร

บันทึกผลการทดลอง

: ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหารและที่รากพืช โดยเก็บตัวอย่างสารละลายธาตุอาหารทุกวัน (พืชอายุ 14-28 วัน) และเก็บตัวอย่างรากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) มาตรวจสอบปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ สำหรับเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ตรวจสอบโดยวิธี dilution pour plate บน *Bacillus subtilis* semiselective medium ที่ประกอบด้วย V-8 juice 400 ml, NaCl 40 g, dextrose 1 g, agar 20 g และ distilled water 600 ml ปรับ pH ให้ได้ 5.2 (Turner and Backman, 1991) ส่วนเชื้อรา *Trichoderma* ตรวจสอบโดยวิธี dilution spread plate บน Martin's medium ที่ประกอบด้วยสารเคมีดังต่อไปนี้ agar 15 g., KH_2PO_4 1 g., $MgSO_4.7H_2O$ 0.5 g., peptone 5 g., dextrose 10 g., rose bengal (1% in alcohol) 3.3 ml., distilled water 1,000 ml. และ streptomycin 1 g. (Johnson and Curl, 1972) แล้วทำการตรวจนับโคโลนีที่เกิดขึ้นบน selective media

: ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ DFT โดยแยกจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จากสารละลายธาตุอาหารทุกสัปดาห์ (พืชอายุ 14, 21 และ 28 วัน) และที่รากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) มาทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ สำหรับเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ทดสอบโดยวิธี paper-disc diffusion method ทำการวัดขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

inhibition) ส่วนเชื้อรา *Trichoderma* ทดสอบโดยวิธี bi-culture antagonistic tests และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition)

: การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช โดยทำการวัดการเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ทางด้านความสูง จำนวนใบ และขนาดใบทุกสัปดาห์ (พืชอายุ 21 และ 28 วัน) รวมทั้งน้ำหนักสดของต้นและรากในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

หมายเหตุ สรุปผลการทดลองถึงชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่สามารถอยู่รอดได้ในระบบ DFT และยังคงศักยภาพในการเป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่ดี รวมทั้งไม่ส่งผลกระทบด้านลบต่อการเจริญเติบโตของพืช เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับพิจารณากำหนดชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ และจำนวนครั้งที่เหมาะสมของการใส่ลงในระบบของการทดลองที่ 3.2.3 ต่อไป

3.2.2 การศึกษาความรุนแรงของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในการทำให้เกิดโรครากเน่าโคนเน่ากับผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique

เพื่อให้ทราบถึง ความรุนแรงของเชื้อรา *P. parasitica* ในการทำให้เกิดโรครากเน่าโคนเน่ากับผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ DFT ได้แก่ ลักษณะอาการและระดับการเกิดโรค รวมทั้งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design จำนวน 3 ซ้ำ (ซ้ำละ 5 ต้น) 2 วิธีการ คือ

วิธีการที่ 1 ไม่ปลูกเชื้อรา *P. parasitica*

วิธีการที่ 2 ปลูกเชื้อรา *P. parasitica*

การปลูกพืชผักในระบบ deep flow technique (DFT)

ทำการปลูกพืชผักในระบบ DFT ภายในโรงเรือน evaporation ที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ส่วนการเตรียมต้นกล้าและปลูกพืชผักในระบบทดลอง มีวิธีการเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.2.1

เตรียมเชื้อทดสอบ

เลี้ยงเชื้อรา *P. parasitica* บนอาหาร PDA เป็นเวลา 9 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. เจาะบริเวณขอบโคโลนีเพื่อนำไปเพิ่มปริมาณโดยการย้ายปลูกลงใน V-8 juice broth ที่ประกอบด้วย V-8 juice 200 ml, $CaCO_3$ 2 g และ distilled water 800 ml ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 5.8-6.0 บ่มเชื้อบนเครื่องเขย่า (rotary shaker) เป็นเวลา 9 วัน จากนั้นกรองเอาส่วนของเส้นใยไปกระตุ้นการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. parasitica* ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำเข้าเครื่องปั่น (blender) เพื่อนำไปเตรียม sporangium suspension นับและปรับระดับความเข้มข้นที่ 10^6 sporangium/ml ในสารละลายธาตุอาหาร 15 ลิตร และนำไปชักนำการปลดปล่อย zoospore โดยบ่ม sporangium suspension ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ก่อนจะนำไปปลูกเชื้อลงในระบบ

ทำการทดลอง

วันแรกที่ย้ายต้นกล้าลงระบบ DFT ทดลอง (พืชอายุ 14 วัน) ทำการปลูกเชื้อรา *P. parasitica* ลงในระบบ

บันทึกผลการทดลอง

: ลักษณะอาการและระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่า ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้

: เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและเปอร์เซ็นต์ของรากที่เป็นโรค โดยนำรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) มาตรวจสอบโดยวิธี tissue transplanting technique บนอาหาร PDA + BNPRA ที่ประกอบด้วยสารเคมีดังต่อไปนี้ benomyl 10 ppm, nystatin 25 ppm, PCNB 25 ppm, rifampicin 10 ppm และ ampicillin 500 ppm ต่อ 1 ลิตร (Masago *et al.* 1977) ทำการตรวจนับโคโลนีที่เกิดขึ้นบน selective media และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค ดังนี้ เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค = (จำนวนต้นที่เป็นโรค / จำนวนต้นทั้งหมด) x 100 และหาเปอร์เซ็นต์ของรากที่เป็นโรค ดังนี้ เปอร์เซ็นต์ของรากที่เป็นโรค = (จำนวนรากพืชที่เป็นโรค / จำนวนรากทั้งหมด) x 100

: การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช โดยทำการวัดการเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ทางด้านความสูง จำนวนใบ และขนาดใบทุกสัปดาห์ (พืชอายุ 21 และ 28 วัน) รวมทั้งน้ำหนักสดของต้นและรากในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

หมายเหตุ สรุปผลการทดลองถึงลักษณะอาการและระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับพิจารณากำหนดระดับการเกิดโรค (disease index, DI) ในการทดลองที่ 3.2.3 ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora parasitica* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique

เพื่อให้ทราบถึง อิทธิพลร่วมของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *P. parasitica* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ DFT โดยพิจารณากำหนดชนิดและระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน จากผลการทดลองที่ได้จากในสภาพห้องปฏิบัติการ และกำหนดชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ รวมทั้งจำนวนครั้งที่เหมาะสมของการใส่ลงในระบบ จากผลการทดลองที่ได้จากการทดลองที่ 3.2.1 เพื่อให้การทดลองนี้ประสบผลสัมฤทธิ์สูงสุด โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x3x3 factorials in completely randomized design จำนวน 2 ซ้ำ (ซ้ำละ 5 ต้น) ดังนี้

ปัจจัย A คือ ชนิดของสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด คือ

1. sodium silicate ($Na_2Si_3O_7$) a.i ~ 27%
2. potassium silicate ($K_2Si_3O_7$) a.i ~ 25%
3. ไฟตอน (SiO_2 73.9%)

ปัจจัย B คือ ระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนที่ผสมในสารละลายธาตุอาหาร 3 ระดับ คือ 0, 250 และ 500 ppm

ปัจจัย C คือ ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่ใส่ลงในสารละลายธาตุอาหาร 3 ชนิด คือ

1. ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์
2. ใส่เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จาก product 1 (แบบผง)
3. ใส่เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง)
4. ใส่เชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)

การปลูกพืชผักในระบบ deep flow technique (DFT)

ทำการปลูกพืชผักในระบบ DFT ภายในโรงเรือน evaporation ที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ส่วนการเตรียมต้นกล้าและปลูกพืชผักในระบบทดลอง มีวิธีการเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.2.1 แต่การปลูกพืชผักในระบบทดลองจะใช้ต้นกล้าที่มีอายุ 11 วัน

เตรียมเชื้อทดสอบ

สำหรับเชื้อราสาเหตุโรค *P. parasitica* มีวิธีการเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.2.2 ส่วนจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ทั้ง 3 ชนิด มีวิธีการเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการทดลอง

วันแรกที่ย้ายต้นกล้าลงระบบ DFT ทดลอง (พืชอายุ 11 วัน) ทำการใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์แต่ละชนิดลงในระบบ หลังจากนั้น 2 วัน จะใส่สารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ตามลงไปในระบบ (พืชอายุ 13 วัน) แต่พบว่าการใส่ sodium silicate และ potassium silicate จะทำให้ค่า pH และ EC ของสารละลายธาตุอาหารสูงขึ้นและเป็นอันตรายต่อการเจริญเติบโตของพืช (ตารางภาคผนวก ข) ดังนั้นจึงต้องรีบปรับค่า pH ให้ลงมาอยู่ในช่วง 5.6-6.2 ทันที หลังจากนั้นอีก 1 วัน จะทำการปลูกเชื้อรา *P. parasitica* ลงในระบบ (พืชอายุ 14 วัน)

บันทึกผลการทดลอง

: ประเมินระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่า (disease index, DI) ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

: ปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. parasitica* และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหารและที่รากพืช โดยเก็บตัวอย่างสารละลายธาตุอาหารจำนวน 6 ครั้ง (พืชอายุ 14, 17, 20, 23, 26 และ 28 วัน) และเก็บตัวอย่างรากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) มาตรวจสอบปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. parasitica* โดยวิธี dilution spread plate บนอาหาร PDA + BNPRA สำหรับปริมาณความอยู่รอดของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ตรวจสอบโดยวิธี dilution pour plate บน *Bacillus subtilis* semiselective medium ส่วนปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *Trichoderma* ตรวจสอบโดยวิธี dilution spread plate บน Martin's medium แล้วทำการตรวจนับโคโลนีที่เกิดขึ้นบน selective media และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

: ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ DFT โดยแยกจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จากสารละลายธาตุอาหารและที่รากพืช โดยเก็บตัวอย่างสารละลายธาตุอาหารจำนวน 3 ครั้ง (พืชอายุ 14, 23 และ 28 วัน) และเก็บตัวอย่างรากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) มาทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ สำหรับเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ทดสอบโดยวิธี paper-disc diffusion method ทำการวัดขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition) ส่วนเชื้อรา *Trichoderma* ทดสอบโดยวิธี bi-culture antagonistic tests และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition) และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

: การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช โดยทำการวัดการเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ทางด้านความสูง จำนวนใบ และขนาดใบทุกสัปดาห์ (พืชอายุ 21 และ 28 วัน) รวมทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ต้นและราก) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สถานที่ทำการศึกษาและทดลอง

ห้องปฏิบัติการโรคพืช ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช และโรงเรือนทดลอง evaporation ที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

3.4 ระยะเวลาในการทดลอง

เดือนเมษายน พ.ศ. 2548 – เดือนตุลาคม พ.ศ. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ

4.1.1 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*

4.1.1.1 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*

จากการศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่มีต่อการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *P. parasitica* ผลการทดลองพบว่า ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีปฏิสัมพันธ์กันตั้งแต่ที่ 3 วันนับจากปลูกเชื้อ กล่าวคือ ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *P. parasitica* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่ 9 วันนับจากปลูกเชื้อ พบว่า potassium silicate มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *P. parasitica* มากกว่า sodium silicate และไฟตอน ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตจะเพิ่มมากขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *P. parasitica* มากที่สุด (6.77 ซม.) รองลงมาคือ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 750 ppm และ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm (7.52 และ 7.75 ซม.) แต่ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *P. parasitica* เพียงเล็กน้อย และไม่แตกต่างกับสิ่งทดลองควบคุม (8.67, 8.72 และ 9.00 ซม ตามลำดับ) ส่วนไฟตอนมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *P. parasitica* เล็กน้อย ที่ระดับความเข้มข้น 500, 750 และ 1,000 ppm แต่ไม่แตกต่างกับสิ่งทดลองควบคุม (8.61, 8.58, 8.55 และ 9.00 ซม. ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.1, ภาพที่ 4.1 และ 4.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.2 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*

การศึกษาต่อเนื่องจากข้อ 4.1.1.1 ถึงอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. parasitica* ที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีปฏิสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. parasitica* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า potassium silicate มีผลยับยั้งการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. parasitica* มากกว่า sodium silicate และไฟตอน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งความสามารถในการยับยั้งการการสร้าง sporangium จะเพิ่มมากขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm มีผลยับยั้งการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. parasitica* มากที่สุด (3.50 sporangium/field) รองลงมาคือ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm และ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 750 ppm (6.70 และ 7.50 sporangium/field) ส่วนไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลยับยั้งการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. parasitica* น้อยที่สุด (21.90 sporangium/field) (ตารางที่ 4.1, ภาพที่ 4.1 และ 4.2) ทั้งนี้จากการสังเกตลักษณะ sporangium ของเชื้อรา *P. parasitica* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ไม่พบความผิดปกติทางสัณฐานวิทยาของ sporangium ระหว่างสิ่งทดลองที่ได้รับสารละลายซิลิคอนและสิ่งทดลองควบคุม (ภาพที่ 4.3)

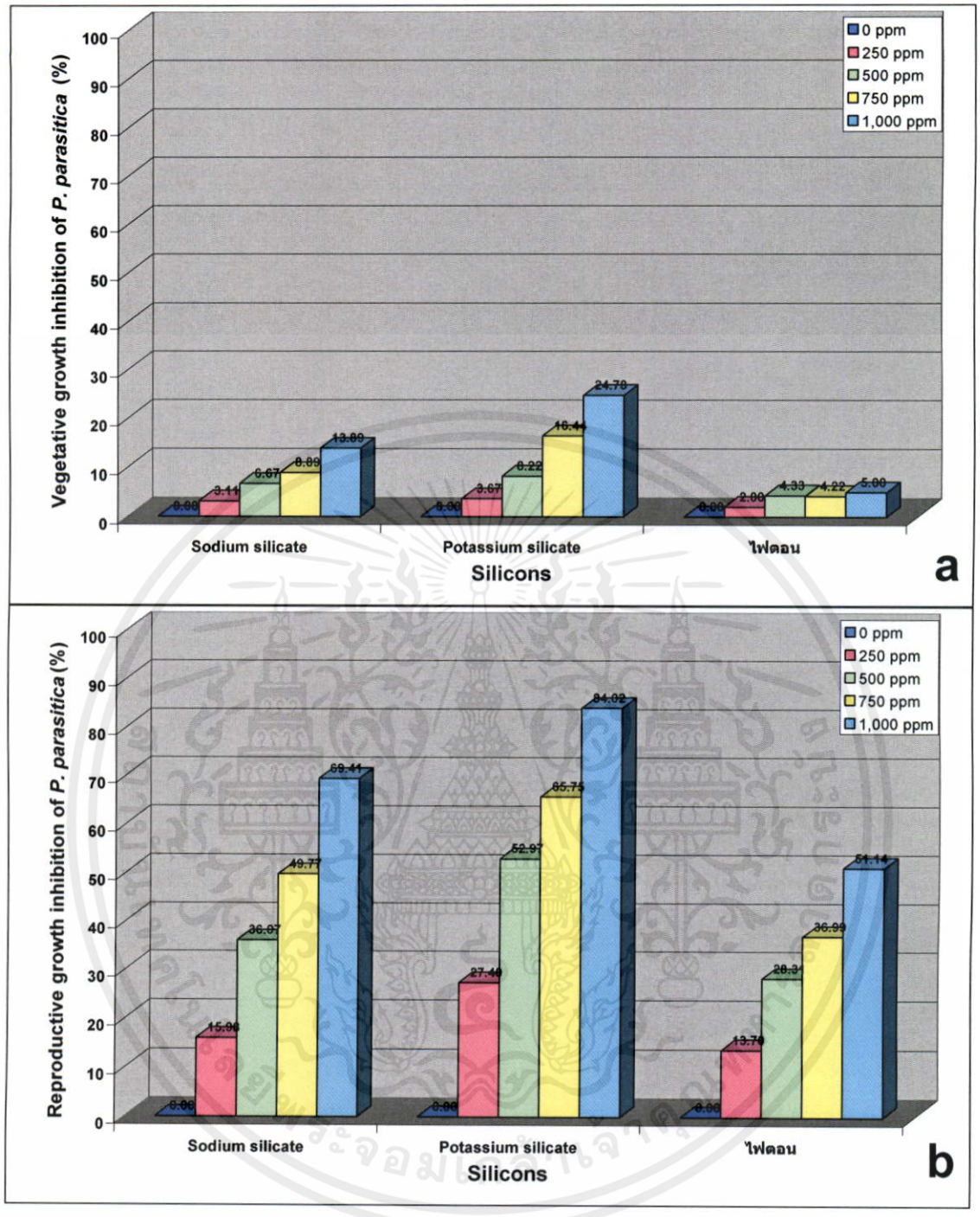
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) และปริมาณ sporangium หลังจากถูกกระตุ้นด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ ที่อายุ 24 ชั่วโมง

ปัจจัยการทดลอง		ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (ซม.)									ปริมาณ sporangium ที่ 24 ชั่วโมง
ชนิดสารละลายซิลิคอน	ความเข้มข้น (ppm)	1 วัน	2 วัน	3 วัน	4 วัน	5 วัน	6 วัน	7 วัน	8 วัน	9 วัน	
sodium silicate	0	1.15a[1/]	2.15a	3.20a	4.10a	4.99a	5.98a	7.00a	8.01a	9.00a	21.90a
	250	1.11a-d	1.89ab	2.73bc	3.79ab	4.75a	5.91a	6.76ab	7.71a-c	8.72a-c	18.40b
	500	0.94d-f	1.63b-d	2.36de	3.17cd	4.09bc	5.10c	6.22c	7.34cd	8.40b-d	14.00d
	750	0.87f	1.62b-d	2.34de	3.08cd	4.10bc	5.02cd	6.21c	7.19d	8.20d	11.00e
	1000	0.81f	1.53d	2.23de	2.91cd	3.64d	4.59de	5.69d	6.63e	7.75e	6.70f
potassium silicate	0	1.15a	2.15a	3.20a	4.10a	4.99a	5.98a	7.00a	8.01a	9.00a	21.90a
	250	0.96c-f	1.59cd	2.47cd	3.53b	4.28b	5.35bc	6.42bc	7.52b-d	8.67a-c	15.90c
	500	0.93ef	1.58cd	2.37de	3.20c	4.15bc	5.12c	6.20c	7.19d	8.26cd	10.30e
	750	0.84f	1.56d	2.33de	3.07cd	3.79cd	4.60de	5.57d	6.53e	7.52e	7.50f
	1000	0.80f	1.46d	2.14e	2.83d	3.46d	4.20e	5.05e	5.86f	6.77f	3.50g
ไฟตอน	0	1.15a	2.15a	3.20a	4.10a	4.99a	5.98a	7.00a	8.01a	9.00a	21.90a
	250	1.14ab	2.12a	3.19a	4.08a	4.96a	5.91a	6.98a	7.95ab	8.82ab	18.90b
	500	1.12a-c	2.08a	3.16a	4.05a	4.98a	5.94a	6.90ab	7.80a-c	8.61a-d	15.70c
	750	1.08a-e	1.86a-c	3.15a	4.04a	4.94a	5.88a	6.88ab	7.76a-c	8.58a-d	13.80d
	1000	0.97b-f	1.71b-d	2.93ab	3.81ab	4.71a	5.63ab	6.59a-c	7.44cd	8.55a-d	10.70e
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน											
sodium silicate		0.98b	1.76b	2.57b	3.41b	4.31b	5.32b	6.38b	7.38b	8.41b	14.40b
potassium silicate		0.94b	1.67b	2.50b	3.35b	4.13c	5.05c	4.05c	7.02c	8.04c	11.82c
ไฟตอน		1.09a	1.98a	3.13a	4.02a	4.92a	5.87a	6.87a	7.79a	8.72a	16.20a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น											
0		1.15a	2.15a	3.20a	4.10a	4.99a	5.98a	7.00a	8.01a	9.00a	21.90a
250		1.07ab	1.87b	2.80b	3.80b	4.66b	5.72b	6.72b	7.73b	8.74b	17.73b
500		1.00bc	1.76bc	2.63c	3.47c	4.41c	5.39c	6.44c	7.44c	8.42c	13.33c
750		0.93cd	1.68cd	2.61c	3.40c	4.28c	5.17c	6.22c	7.16d	8.11d	10.77d
1000		0.86d	1.57d	2.43d	3.18d	3.94d	4.81d	5.78d	6.64e	7.69e	6.97e
C.V. (%)		12.18	11.42	7.82	6.94	6.88	6.41	5.69	4.45	3.83	5.42
ชนิดสารละลายซิลิคอน (A)		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
ระดับความเข้มข้น (B)		***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
A x B		ns	ns	***	***	***	***	**	***	***	***

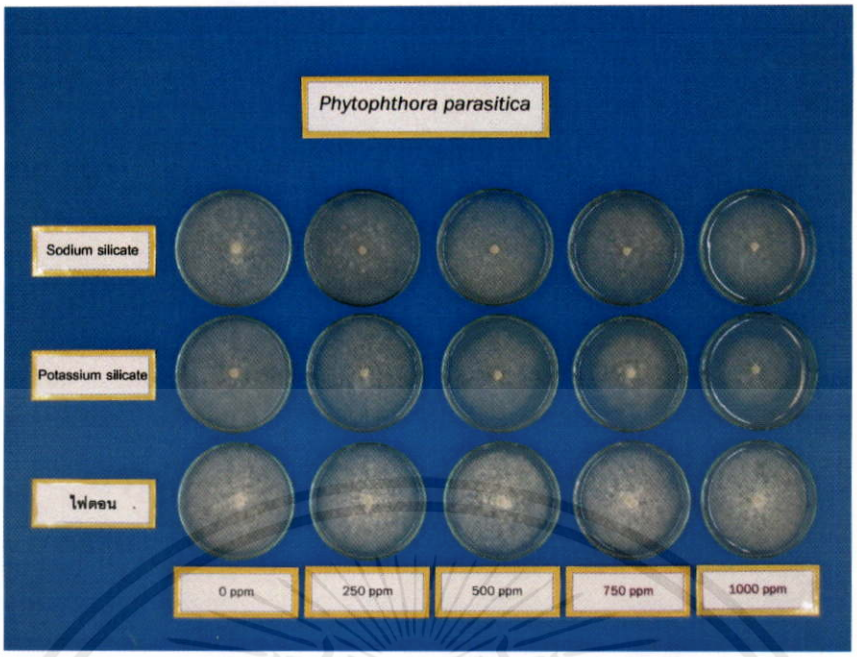
[1/] ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



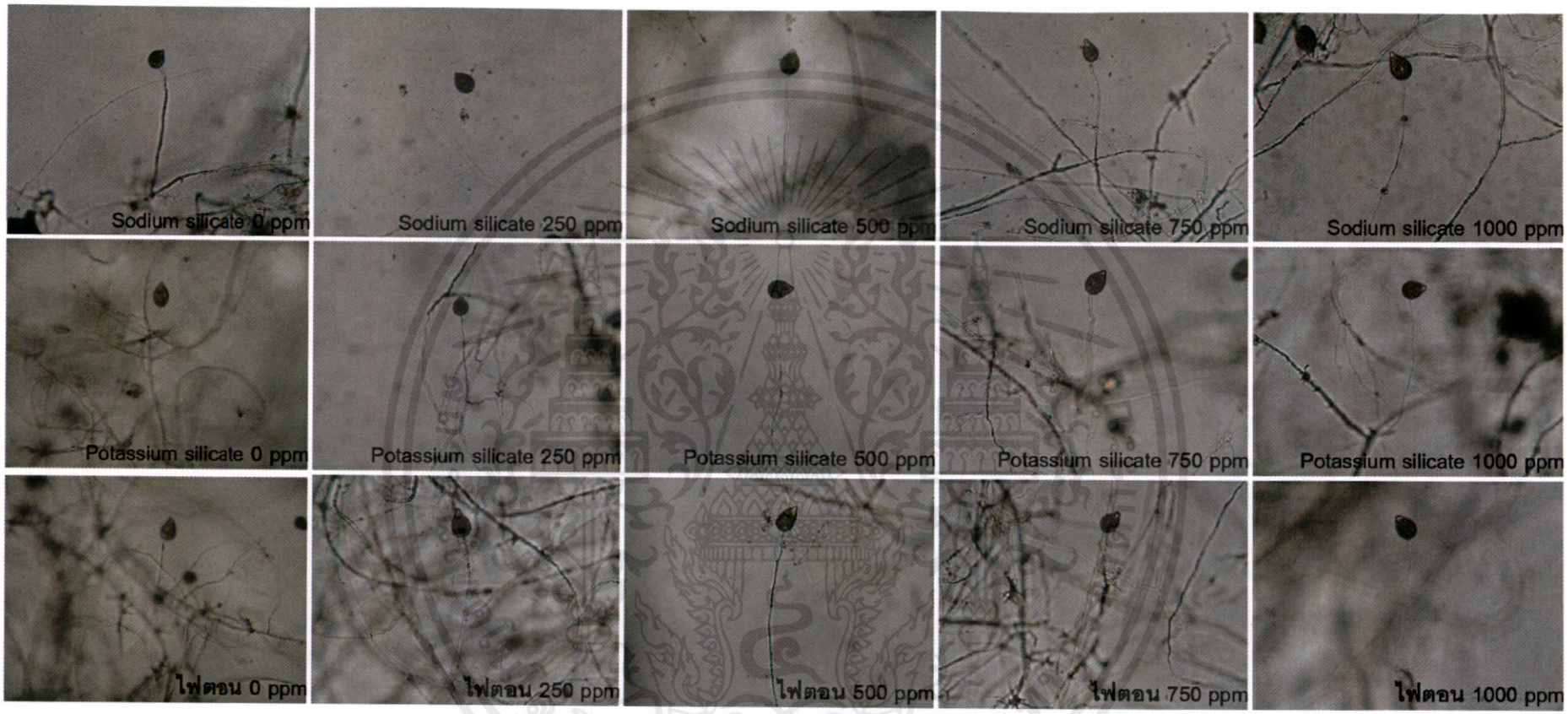
ภาพที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm): a. เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของโคโลนี (ที่อายุ 9 วัน), b. เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้าง sporangium (หลังจากถูกกระตุ้นด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ ที่อายุ 24 ชั่วโมง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 9 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 ลักษณะ sporangium ของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) หลังจากถูกกระตุ้นด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ ที่อายุ 24 ชั่วโมง (กำลังขยาย 400 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ในการค้า

4.1.2 การศึกษาอิทธิพลของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตเชื้อรา *Phytophthora parasitica*

4.1.2.1 การศึกษาอิทธิพลของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*

จากการศึกษาศักยภาพของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *Bacillus subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* โดยวิธี paper-disc diffusion method ที่อายุ 10 วัน ผลการทดลองพบว่า เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* มีขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) 5.95 มม. และศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* 56.67 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.2 และภาพที่ 4.4a) จากการศึกษากลไกของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยสังเกตลักษณะของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการเข้าทำลายเชื้อราสาเหตุโรค พบว่า เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* สามารถสร้างสารปฏิชีวนะย่อยสลายผนังเซลล์ของเชื้อรา *P. parasitica* ได้ ซึ่งเรียกกลไกดังกล่าวว่า antibiosis (ภาพที่ 4.5a)

4.1.2.2 การศึกษาอิทธิพลของเชื้อราปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*

จากการศึกษาศักยภาพของเชื้อราปฏิปักษ์ทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) และ *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic tests) ที่อายุ 9 วัน ผลการทดลองพบว่า เชื้อรา *Trichoderma* ทั้ง 2 ชนิด มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* โดยพบว่าเชื้อรา *T. harzianum* (product 2) มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากกว่าเชื้อรา *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) เล็กน้อย (71.11 และ 68.22 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 4.3 และภาพที่ 4.4b) และจากการศึกษากลไกของเชื้อรา *Trichoderma* ทั้ง 2 ชนิด ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยสังเกตลักษณะเส้นใยของเชื้อราปฏิปักษ์ในการเข้าทำลายเชื้อราสาเหตุโรค พบว่า เชื้อรา *T. harzianum* (product 2) และเชื้อรา *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) สามารถสร้างเส้นใยเจริญเข้าพันรัดเส้นใยของเชื้อรา *P. parasitica* ได้ ซึ่งเรียกกลไกดังกล่าวว่า hyphal interference (ภาพที่ 4.5b และ c) ทำให้เส้นใยของเชื้อรา *P. parasitica* ลีบ แบน และตายในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* โดยวิธี paper-disc diffusion method ที่อายุ 9 วัน

จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	บริเวณการยับยั้ง (inhibition zone, mm)	เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต [1/] (growth inhibition, %)
Bacillus subtilis (product 1)	5.95	56.67

[1/] เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition, GI) GI = [(R1 – R2) / R1] x 100; R1 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของ *Phytophthora parasitica* ใน control, R2 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของ *Phytophthora parasitica* ใน bi – culture antagonistic plates

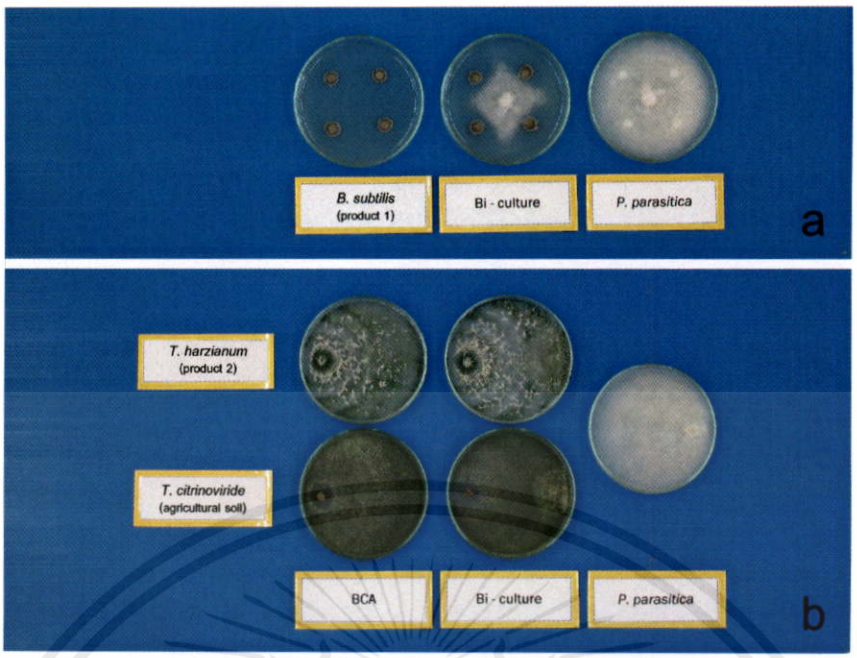
ตารางที่ 4.3 ศักยภาพของเชื้อราปฏิปักษ์จำนวน 2 ชนิด [*Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) และ *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม] ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 14 วัน

จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต [1/] (growth inhibition, %)
Trichoderma harzianum (product 2)	71.11a [2/]
Trichoderma citrinoviride (ดินเกษตรกรรม)	68.22b
C.V. (%)	1.01

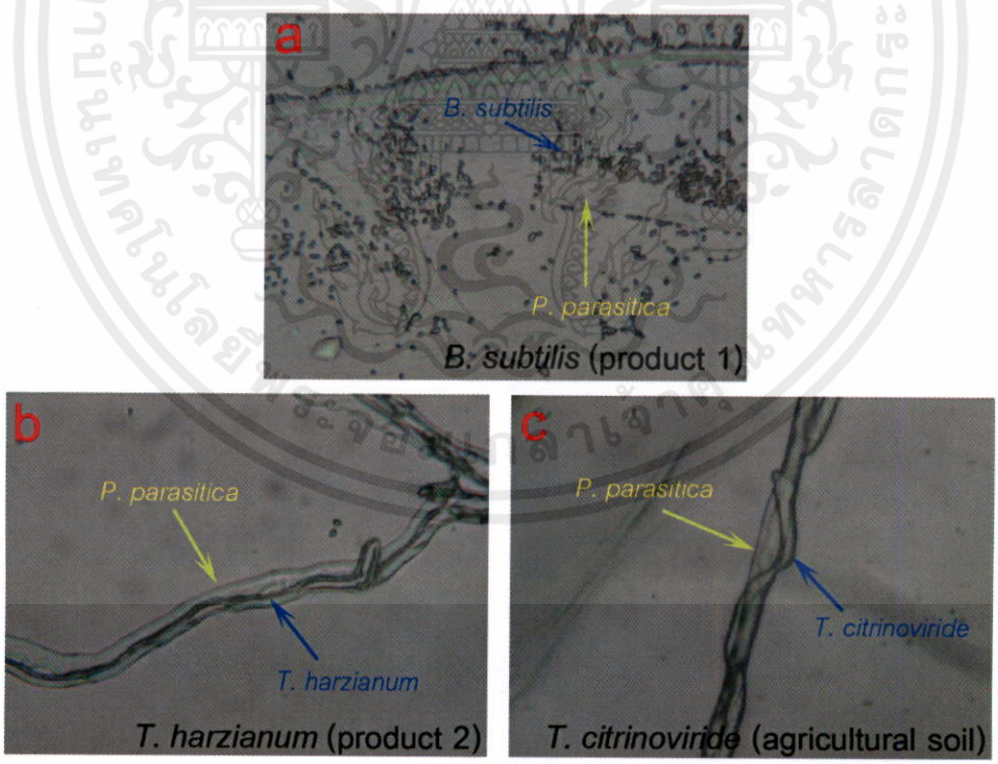
[1/] เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition, GI) GI = [(R1 – R2) / R1] x 100; R1 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของ *Phytophthora parasitica* ใน control, R2 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของ *Phytophthora parasitica* ใน bi – culture antagonistic plates

[2/] ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.4 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate): a. เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ (ที่อายุ 9 วัน), b. เชื้อราปฏิปักษ์ (ที่อายุ 14 วัน)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 4.5 กลไกของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*: a. antibiosis, b. และ c. hyphal interference (กำลังขยาย 400 เท่า)

4.1.3 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์

4.1.3.1 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์

จากการศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) โดยวิธี paper-disc diffusion method ที่อายุ 48 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่า ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นไม่มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) (ตารางที่ 4.4 และภาพที่ 4.6a) จึงทำการศึกษาเพิ่มเติมโดยเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนอีก 4 ระดับความเข้มข้น คือ 5,000, 10,000, 50,000 และ 100,000 ppm ผลการทดลองพบว่า ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีปฏิสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า potassium silicate และ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 100,000 ppm จึงจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) และพบว่า potassium silicate ก่อให้เกิดบริเวณยับยั้ง (inhibition zone) มากกว่า sodium silicate อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (0.66 ซม. และ 0.60 ซม.) (ตารางที่ 4.5 และภาพที่ 4.6b) และเมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนอีก 3 ระดับความเข้มข้น คือ 150,000, 200,000 และ 250,000 ppm พบว่าความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) จะเพิ่มมากขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250,000 ppm ก่อให้เกิดบริเวณยับยั้ง (inhibition zone) มากที่สุด (0.84 ซม.) รองลงมาคือ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250,000 ppm (0.80 ซม.) ส่วนไฟตอนทุกระดับความเข้มข้นไม่ก่อให้เกิดบริเวณยับยั้ง (inhibition zone) (ตารางที่ 4.6 และภาพที่ 4.6c)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 บริเวณการยับยั้ง (inhibition zone) ของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) ในอาหาร NA ที่มีผลจากสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) โดยวิธี paper-disc diffusion ที่อายุ 48 ชั่วโมง

ปัจจัยการทดลอง		บริเวณการยับยั้ง (ซม.)
ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	
sodium silicate	tetracycline 30 ppm	1.08a[1/]
	0	0.00b
	250	0.00b
	500	0.00b
	750	0.00b
	1000	0.00b
potassium silicate	tetracycline 30 ppm	1.08a
	0	0.00b
	250	0.00b
	500	0.00b
	750	0.00b
	1000	0.00b
ไฟตอน	tetracycline 30 ppm	1.08a
	0	0.00b
	250	0.00b
	500	0.00b
	750	0.00b
	1000	0.00b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน		
sodium silicate		0.18a
potassium silicate		0.18a
ไฟตอน		0.18a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น		
tetracycline 30 ppm		1.08a
0		0.00b
250		0.00b
500		0.00b
750		0.00b
1000		0.00b
C.V. (%)		18.98
ชนิดสารละลายซิลิคอน (A)		ns
ระดับความเข้มข้น (B)		***
A x B		ns

[1/] ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 บริเวณการยับยั้ง (inhibition zone) ของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) ในอาหาร NA ที่มีผลจากสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 5,000, 10,000, 50,000 และ 100,000 ppm) โดยวิธี paper-disc diffusion ที่อายุ 48 ชั่วโมง

ปัจจัยการทดลอง		บริเวณการยับยั้ง (ซม.)
ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	
sodium silicate	tetracycline 30 ppm	1.08a[1/]
	0	0.00d
	5,000	0.00d
	10,000	0.00d
	50,000	0.00d
	100,000	0.60c
potassium silicate	tetracycline 30 ppm	1.08a
	0	0.00d
	5,000	0.00d
	10,000	0.00d
	50,000	0.00d
	100,000	0.66b
ไฟตอน	tetracycline 30 ppm	1.08a
	0	0.00d
	5,000	0.00d
	10,000	0.00d
	50,000	0.00d
	100,000	0.00d
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน		
sodium silicate		0.28a
potassium silicate		0.29a
ไฟตอน		0.18b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น		
tetracycline 30 ppm		1.08a
0		0.00c
5,000		0.00c
10,000		0.00c
50,000		0.00c
100,000		0.42b
C.V. (%)		14.61
ชนิดสารละลายซิลิคอน (A)		***
ระดับความเข้มข้น (B)		***
A x B		***

[1/] ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

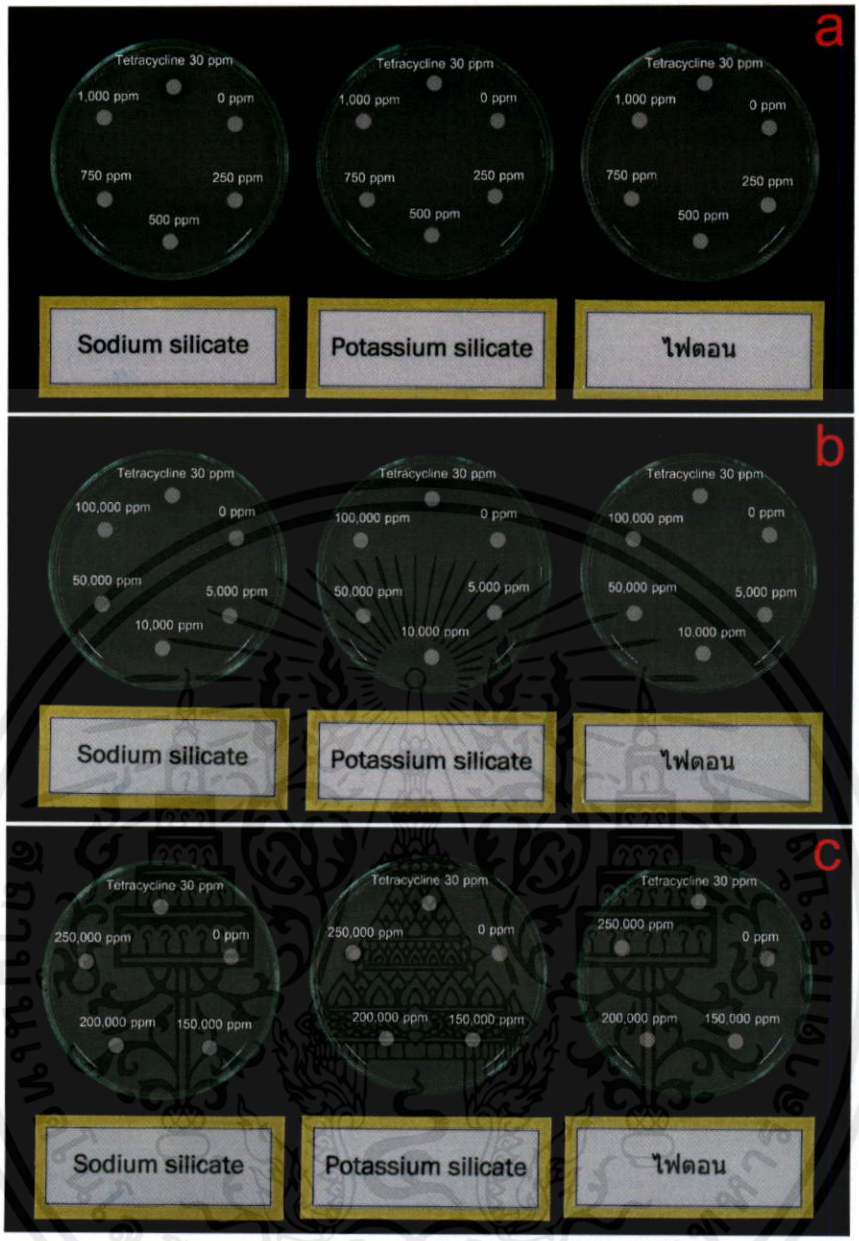
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 บริเวณการยับยั้ง (inhibition zone) ของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) ในอาหาร NA ที่มีผลจากสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 4 ระดับความเข้มข้น (0, 150,000, 200,000 และ 250,000 ppm) โดยวิธี paper-disc diffusion ที่อายุ 48 ชั่วโมง

ปัจจัยการทดลอง		บริเวณการยับยั้ง (ซม.)
ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	
sodium silicate	tetracycline 30 ppm	1.08a[1/]
	0	0.00f
	150,000	0.68e
	200,000	0.72de
	250,000	0.80bc
potassium silicate	tetracycline 30 ppm	1.08a
	0	0.00f
	150,000	0.70de
	200,000	0.76cd
	250,000	0.84b
ไฟตอน	tetracycline 30 ppm	1.08a
	0	0.00f
	150,000	0.00f
	200,000	0.00f
	250,000	0.00f
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน		
sodium silicate		0.66a
potassium silicate		0.68a
ไฟตอน		0.22b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น		
tetracycline 30 ppm		1.08a
0		0.00e
150,000		0.46d
200,000		0.49c
250,000		0.55b
C.V. (%)		8.81
ชนิดสารละลายซิลิคอน (A)		***
ระดับความเข้มข้น (B)		***
A x B		***

[1/] ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ห้ามมิให้ทำซ้ำ ดัดแปลง หรือนำไปเผยแพร่ต่อสาธารณชน เว้นแต่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6 บริเวณการยับยั้ง (inhibition zone) ของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) ในอาหาร NA ที่มีผลจากสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ โดยวิธี paper-disc diffusion ที่อายุ 48 ชั่วโมง: a. ระดับความเข้มข้น 0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm, b. ระดับความเข้มข้น 0, 5,000, 10,000, 50,000 และ 100,000 ppm, c. ระดับความเข้มข้น 0, 150,000, 200,000 และ 250,000 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.2 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา ปฏิปักษ์

เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง)

จากการศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) ผลการทดลองพบว่า ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีปฏิสัมพันธ์กันตั้งแต่ที่ 12 ชั่วโมงนับจากปลูกเชื้อ กล่าวคือ ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *T. harzianum* (product 2) ทั้งด้านการเจริญเติบโตทางเส้นใยและการสร้าง conidia อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า potassium silicate มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยและการสร้าง conidia ของเชื้อรา *T. harzianum* (product 2) มากกว่า sodium silicate และไฟตอน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยและการสร้าง conidia จะเพิ่มมากขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่ 60 ชั่วโมงนับจากปลูกเชื้อ พบว่า potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *T. harzianum* (product 2) มากที่สุด (3.74 ซม.) รองลงมาคือ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm และ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 750 ppm (4.47 และ 4.75 ซม.) ส่วนไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm จึงจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *T. harzianum* (product 2) (8.61 ซม.) แต่ทุกระดับความเข้มข้นมีผลยับยั้งการสร้าง conidia และพบว่า potassium silicate และ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm มีผลยับยั้งการสร้าง conidia ของเชื้อรา *T. harzianum* (product 2) มากที่สุด (5.68 และ 7.34×10^7 conidia) ส่วนไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลยับยั้งการสร้าง conidia ของเชื้อรา *T. harzianum* (product 2) น้อยที่สุด (31.00×10^7 conidia) (ตารางที่ 4.7, ภาพที่ 4.7 และ 4.8) ทั้งนี้จากการสังเกตลักษณะ conidiophore และ conidia ของเชื้อรา *T. harzianum* (product 2) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ไม่พบความผิดปกติทางสัณฐานวิทยาของ conidiophore และ conidia ระหว่างสิ่งทดลองที่ได้รับสารละลายซิลิคอนและสิ่งทดลองควบคุม (ภาพที่ 4.9)

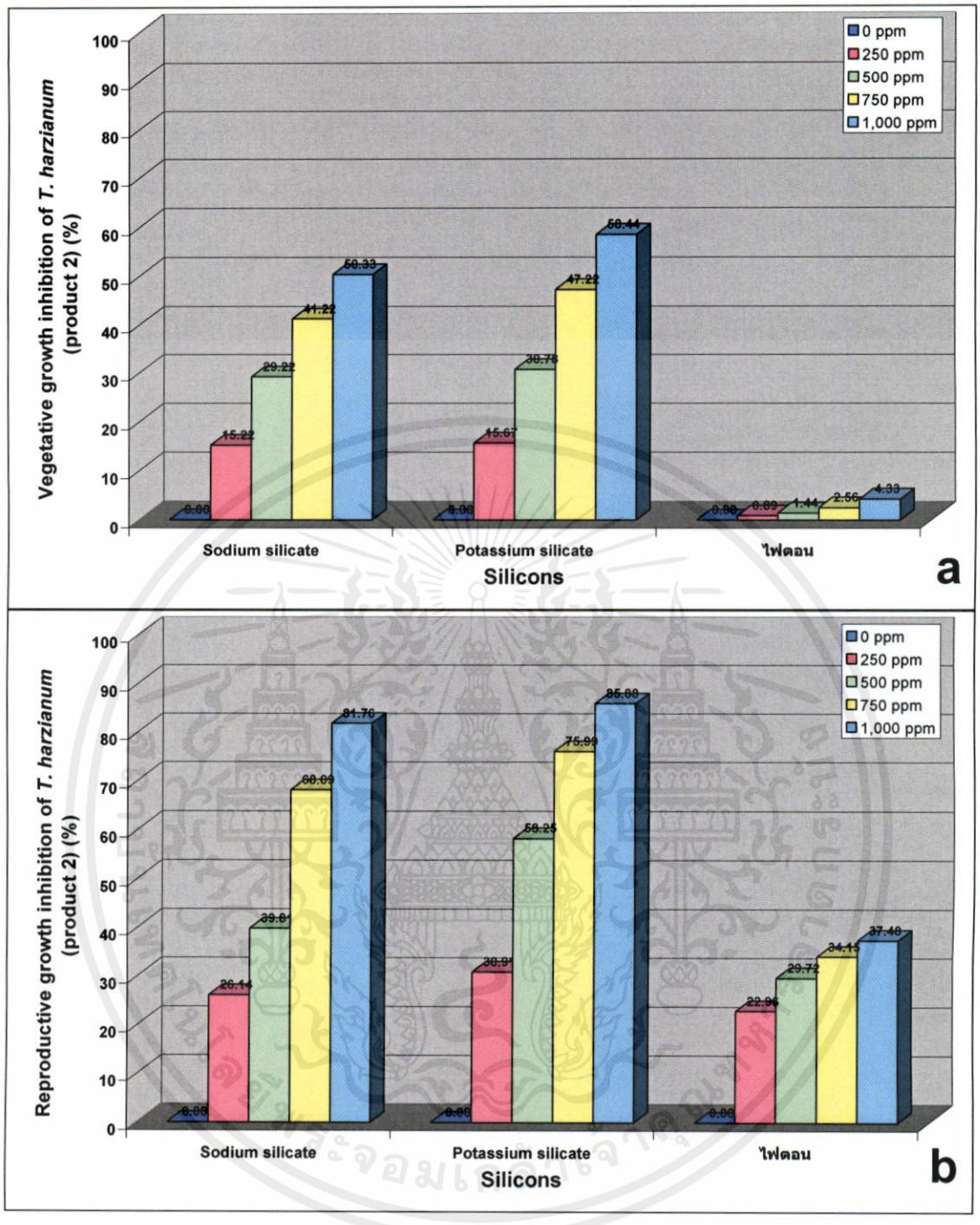
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีและปริมาณ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm)

ปัจจัยการทดลอง		ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *T. harzianum* (product 2) (ซม.)					ปริมาณ conidia
ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	36 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	60 ชั่วโมง	(x 10^7)
sodium silicate	0	1.79a[1/]	3.44a	5.44a	7.33a	9.00a	40.24a
	250	1.38c	2.69c	4.30c	6.08c	7.63c	29.72bc
	500	0.98e	2.03d	3.38d	4.81d	6.37d	24.22c
	750	0.8fg	1.50e	2.61e	3.84e	5.29e	12.84de
	1000	0.56h	1.11f	2.03f	3.13f	4.47f	7.34f
potassium silicate	0	1.79a	3.44a	5.44a	7.33a	9.00a	40.24a
	250	1.27d	2.54c	4.17c	5.81c	7.59c	27.80bc
	500	0.88ef	1.87d	3.20d	4.62d	6.23d	16.80d
	750	0.70g	1.36e	2.35e	3.45f	4.75f	9.66ef
	1000	0.52h	0.94f	1.67g	2.59g	3.74g	5.68f
ไฟตอน	0	1.79a	3.44a	5.44a	7.33a	9.00a	40.24a
	250	1.64b	3.37a	5.33ab	7.17ab	8.92ab	31.00b
	500	1.56b	3.27ab	5.29ab	7.13ab	8.87ab	28.28bc
	750	1.55b	3.25ab	5.26ab	7.11ab	8.77ab	26.50bc
	1000	1.53b	3.13b	5.06b	6.87b	8.61b	25.16c
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน							
sodium silicate		1.10b	2.15b	3.55b	5.04b	6.55b	22.87b
potassium silicate		1.03c	2.03c	3.37c	4.76c	6.26c	20.04c
ไฟตอน		1.61a	3.29a	5.28a	7.12a	8.83a	30.24a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น							
0		1.79a	3.44a	5.44a	7.33a	9.00a	40.24a
250		1.43b	2.87b	4.60b	6.35b	8.05b	29.51b
500		1.14c	2.39c	3.96c	5.52c	7.16c	23.10c
750		1.01d	2.04d	3.41d	4.80d	6.27d	16.33d
1000		0.87e	1.73e	2.92e	4.20e	5.61e	12.73e
C.V. (%)		6.81	6.07	5.31	4.55	3.24	16.69
ชนิดสารละลายซิลิคอน (A)		***	***	***	***	***	***
ระดับความเข้มข้น (B)		***	***	***	***	***	***
A x B		***	***	***	***	***	***

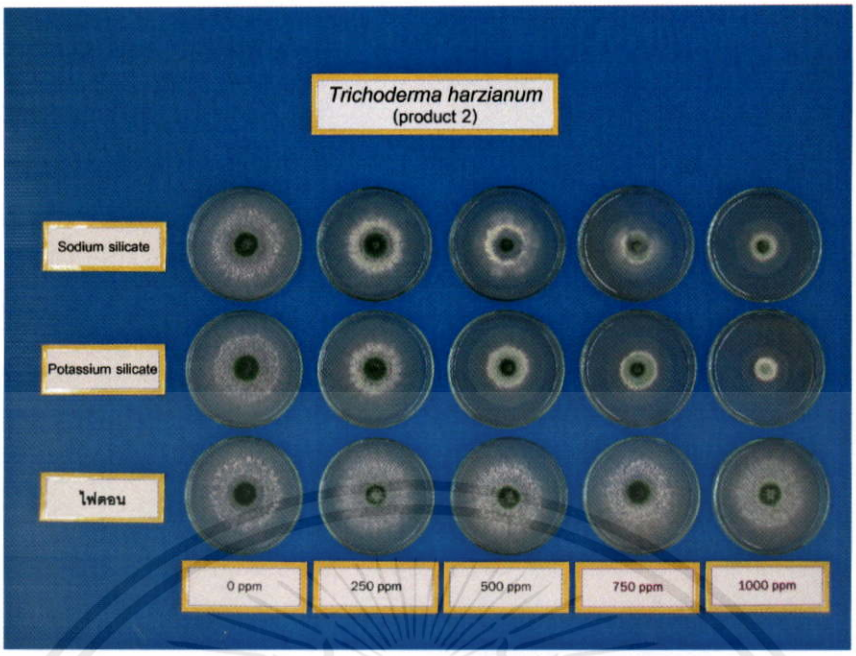
[1/] ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



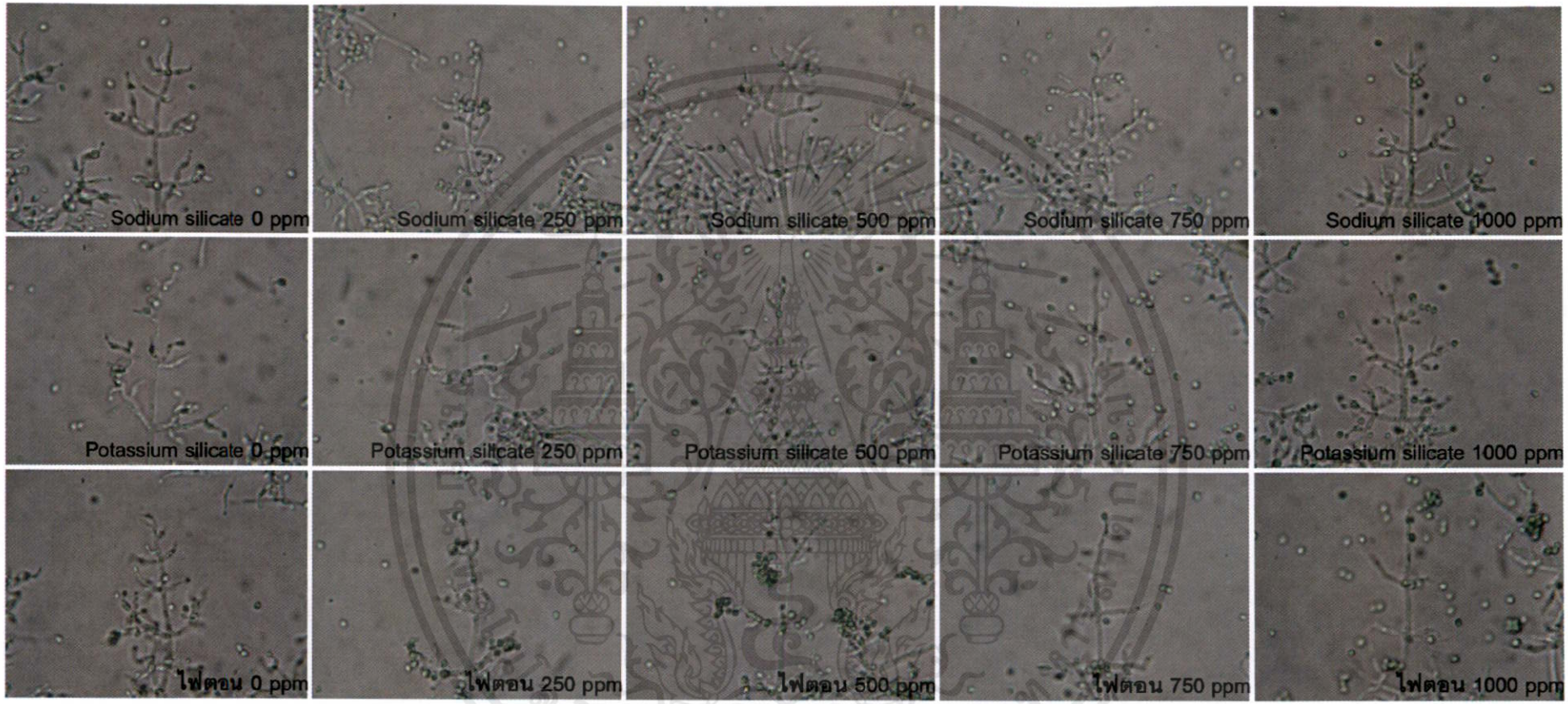
ภาพที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 60 ชั่วโมง: a. เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของโคโลนี, b. เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้าง conidia

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 60 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 ลักษณะ conidiophore และ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 60 ชั่วโมง (กำลังขยาย 400 เท่า)

เชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม

จากการศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม ผลการทดลองพบว่า ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีปฏิสัมพันธ์กันตั้งแต่ที่ 12 ชั่วโมงนับจากปลูกเชื้อ กล่าวคือ ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) ทั้งด้านการเจริญเติบโตทางเส้นใยและการสร้าง conidia อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า potassium silicate มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยและการสร้าง conidia ของเชื้อรา *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) มากกว่า sodium silicate และไฟตอน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยและการสร้าง conidia จะเพิ่มมากขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) มากที่สุด (2.94 ซม.) รองลงมาคือ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm และ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 750 ppm (3.70 และ 3.95 ซม.) ส่วนไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm จึงจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) (8.43 ซม.) แต่ทุกระดับความเข้มข้นมีผลยับยั้งการสร้าง conidia และพบว่า potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm มีผลยับยั้งการสร้าง conidia ของเชื้อรา *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) มากที่สุด (1.48×10^7 conidia) รองลงมาคือ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm (2.66×10^7 conidia) ส่วนไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลยับยั้งการสร้าง conidia ของเชื้อรา *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) น้อยที่สุด (12.20×10^7 conidia) (ตารางที่ 4.8, ภาพที่ 4.10 และ 4.11) ทั้งนี้จากการสังเกตลักษณะ conidiophore และ conidia ของเชื้อรา *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ไม่พบความผิดปกติทางสัณฐานวิทยาของ conidiophore และ conidia ระหว่างสิ่งทดลองที่ได้รับสารละลายซิลิคอนและสิ่งทดลองควบคุม (ภาพที่ 4.12)

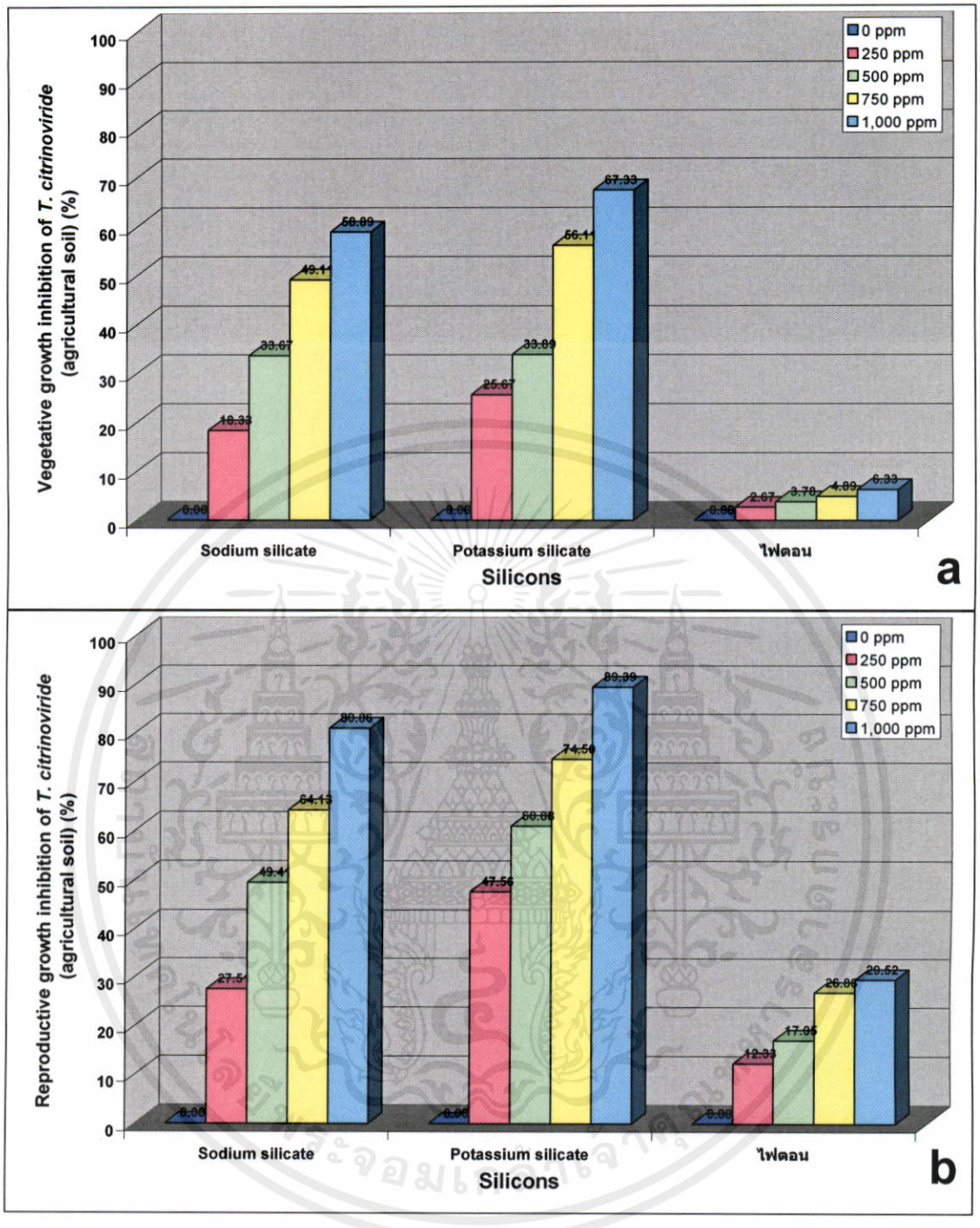
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีและปริมาณ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm)

ปัจจัยการทดลอง		ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) (ซม.)					ปริมาณ conidia ($x 10^7$)
ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	36 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	60 ชั่วโมง	
sodium silicate	0	1.73a[1/]	3.39a	5.29a	7.17a	9.00a	13.92a
	250	1.27bc	2.41c	3.92c	5.54c	7.35c	10.09d
	500	1.00e	1.85e	2.97e	4.34e	5.97e	7.04e
	750	0.73fg	1.31g	2.06f	3.07f	4.58f	4.99f
	1000	0.55hi	1.13h	1.77g	2.56g	3.70g	2.66h
potassium silicate	0	1.73a	3.39a	5.29a	7.17a	9.00a	13.92a
	250	1.13d	2.23d	3.65d	5.10d	6.69d	7.30e
	500	0.82f	1.56f	2.74e	4.17e	5.95e	5.44f
	750	0.65gh	1.12h	1.81g	2.67g	3.95g	3.55g
	1000	0.51i	0.90i	1.36h	1.98h	2.94h	1.48i
ไฟตอน	0	1.73a	3.39a	5.29a	7.17a	9.00a	13.92a
	250	1.35b	2.94b	4.83b	6.72b	8.76ab	12.20b
	500	1.23b-d	2.85b	4.78b	6.70b	8.66ab	11.54c
	750	1.23b-d	2.83b	4.66b	6.56b	8.56ab	10.18d
	1000	1.20cd	2.81b	4.58b	6.49b	8.43b	9.81d
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน							
sodium silicate		1.06b	2.02b	3.20b	4.54b	6.12b	7.74b
potassium silicate		0.97c	1.84c	2.97c	4.22c	5.71c	6.34c
ไฟตอน		1.35a	2.96a	4.83a	6.73a	8.68a	11.53a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น							
0		1.73a	3.39a	5.29a	7.17a	9.00a	13.92a
250		1.25b	2.53b	4.13b	5.79b	7.60b	9.86b
500		1.02c	2.09c	3.50c	5.07c	6.86c	8.01c
750		0.87d	1.75d	2.84d	4.10d	5.70d	6.24d
1000		0.75e	1.61e	2.57e	3.68e	5.02e	4.65e
C.V. (%)		8.11	5.91	5.12	5.40	5.39	5.45
ชนิดสารละลายซิลิคอน (A)		***	***	***	***	***	***
ระดับความเข้มข้น (B)		***	***	***	***	***	***
A x B		***	***	***	***	***	***

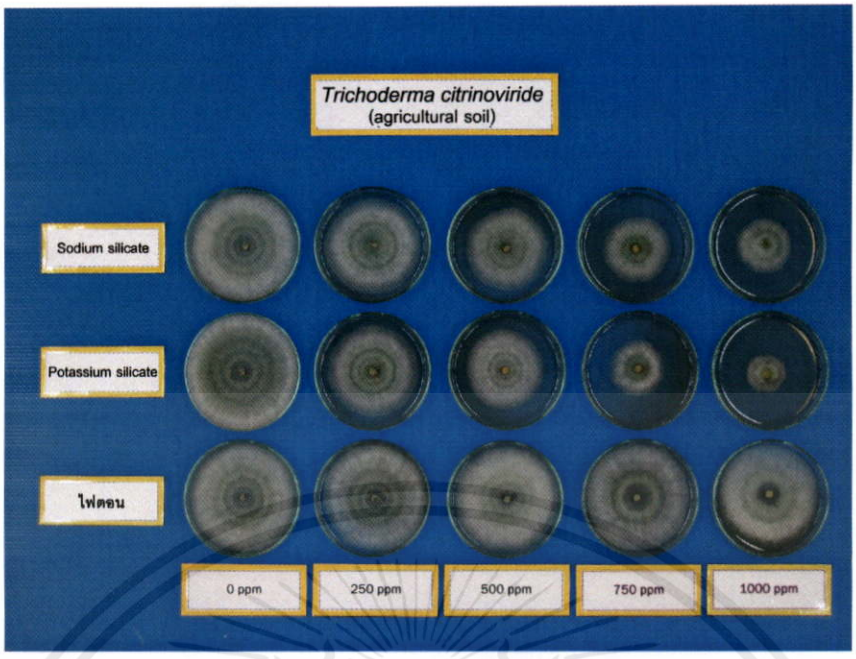
[1/] ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



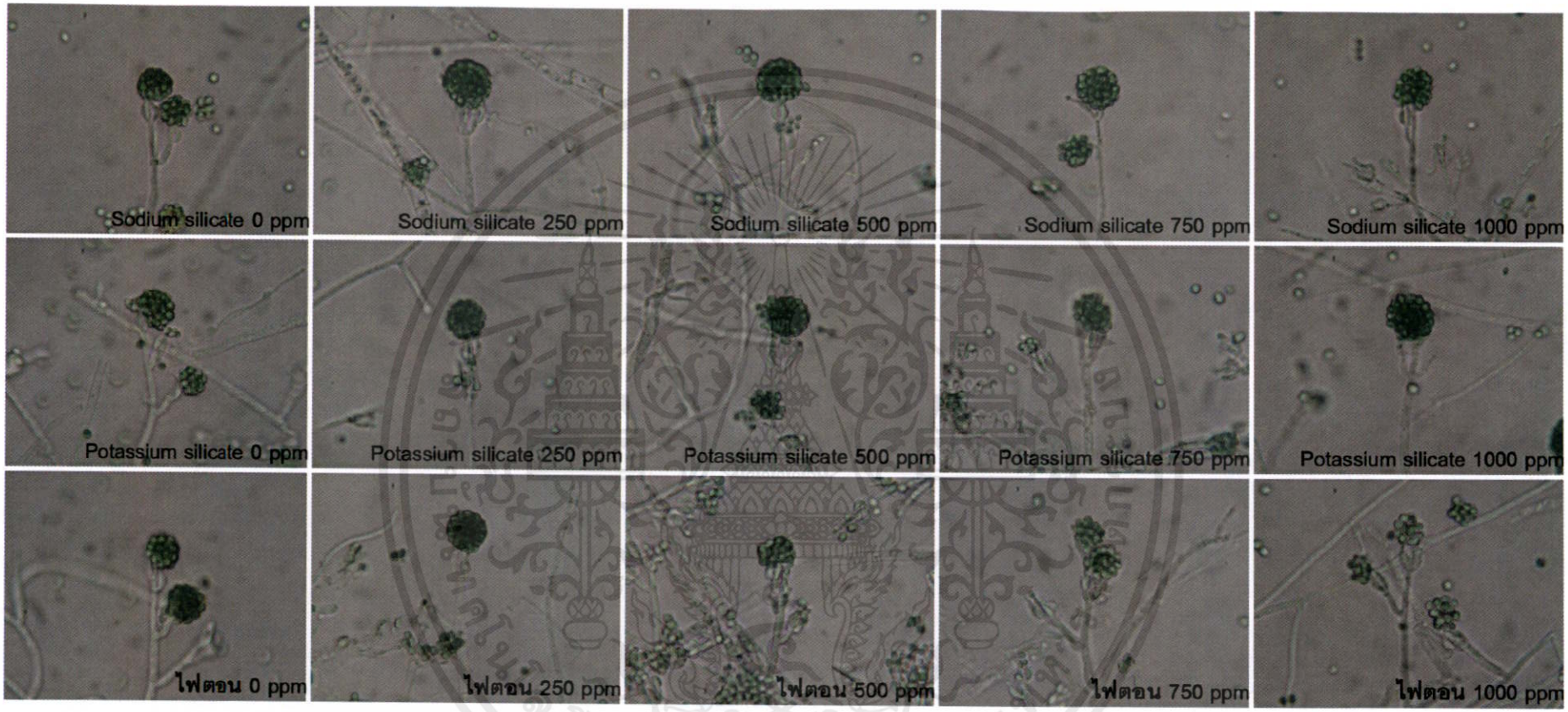
ภาพที่ 4.10 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 60 ชั่วโมง: a. เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของโคโลนี, b. เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้าง conidia

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนี conidia ของเชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 60 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.12 ลักษณะ conidiophore และ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 60 ชั่วโมง (กำลังขยาย 400 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

4.1.4 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*

4.1.4.1 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*

จากการศึกษาอิทธิพลร่วมของสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ *B. subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* โดยวิธี paper-disc diffusion method ที่อายุ 9 วัน ผลการทดลองพบว่า ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีปฏิสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าการใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ร่วมกับ potassium silicate มีขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากกว่าการใช้ร่วมกับ sodium silicate และไฟตอนตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตจะเพิ่มมากขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากที่สุด (8.60 มม. และ 65.67 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือ การใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ร่วมกับ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm (8.55 มม. และ 64.44 เปอร์เซ็นต์) และพบว่าการใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) มีขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* (5.95 มม. และ 56.67 เปอร์เซ็นต์) ไม่แตกต่างกับการใช้ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 (6.05 มม. และ 57.11 เปอร์เซ็นต์) และ 500 ppm (6.15 มม. และ 57.44 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 4.9 และภาพที่ 4.13) และจากการศึกษากลไกของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 0, 250 และ 500 ppm ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยสังเกตลักษณะของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในการเข้าทำลายเชื้อราสาเหตุโรค พบว่า เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) สามารถสร้างสารปฏิชีวนะย่อยสลายผนังเซลล์ของเชื้อรา *P. parasitica* ได้ ทั้งบนอาหาร PDA ที่ผสมและไม่ผสมสารละลายซิลิคอน แสดงว่า เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) แม้ว่าจะเจริญบนอาหาร PDA ที่ผสมสารละลายซิลิคอน แต่ก็ยังคงมีคุณสมบัติ antibiosis (ภาพที่ 4.14)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

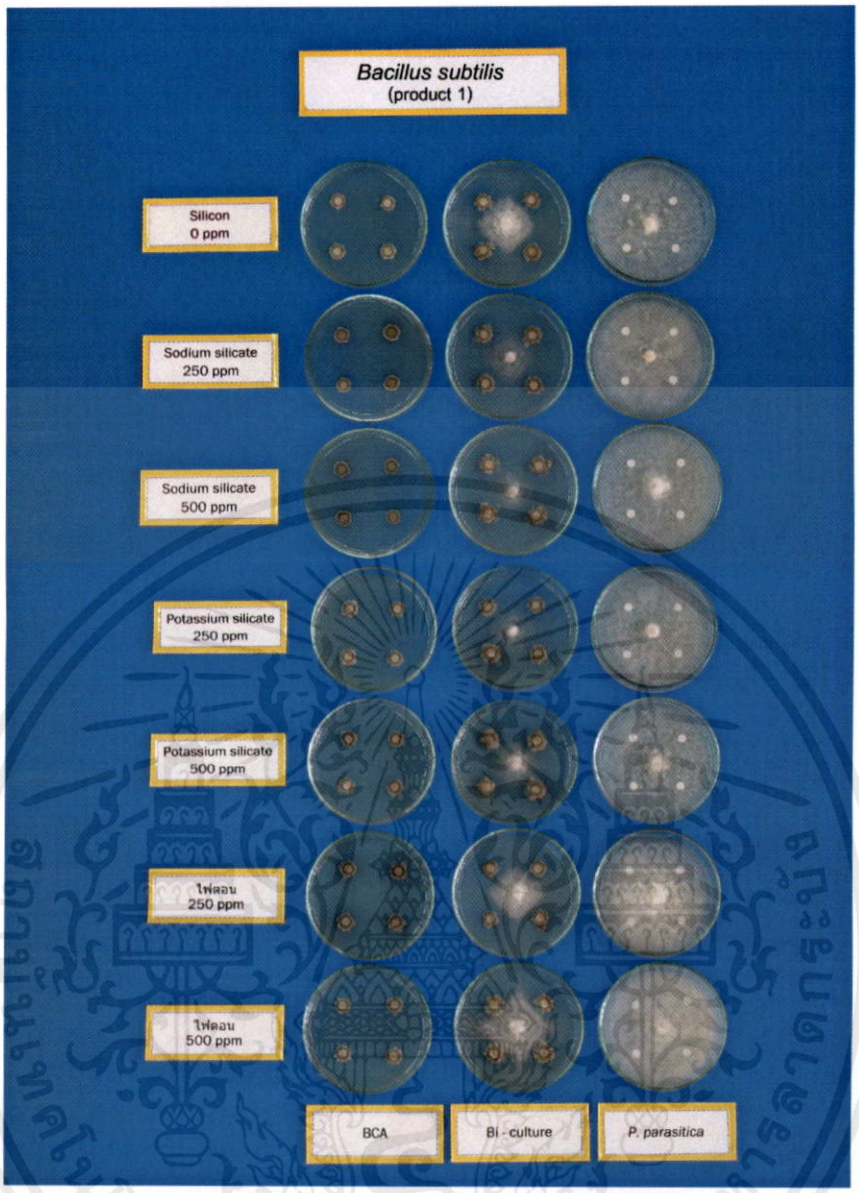
ตารางที่ 4.9 ศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) โดยวิธี paper-disc diffusion method ที่อายุ 9 วัน

ปัจจัยการทดลอง			ขนาดการยับยั้ง (inhibition zone, mm)	เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต [1/] (growth inhibition, %)
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)		
Bacillus subtilis (product 1)	sodium silicate	0	5.95d [2/]	56.67e
		250	6.90c	61.00d
		500	8.55a	64.44b
	potassium silicate	0	5.95d	56.67e
		250	7.40b	62.33c
		500	8.60a	65.67a
	ไฟตอน	0	5.95d	56.67e
		250	6.05d	57.11e
		500	6.15d	57.44e
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน				
sodium silicate			7.13b	60.70b
potassium silicate			7.32a	61.56a
ไฟตอน			5.92c	57.07c
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น				
0			5.95c	56.67c
250			6.65b	60.15b
500			7.77a	62.52a
C.V. (%)			3.12	1.58
ชนิดสารละลายซิลิคอน (A)			***	***
ระดับความเข้มข้น (B)			***	***
A X B			***	***

[1/] เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition, GI) GI = [(R1 – R2) / R1] x 100; R1 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของ *Phytophthora parasitica* ใน control, R2 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของ *Phytophthora parasitica* ใน bi – culture antagonistic plates

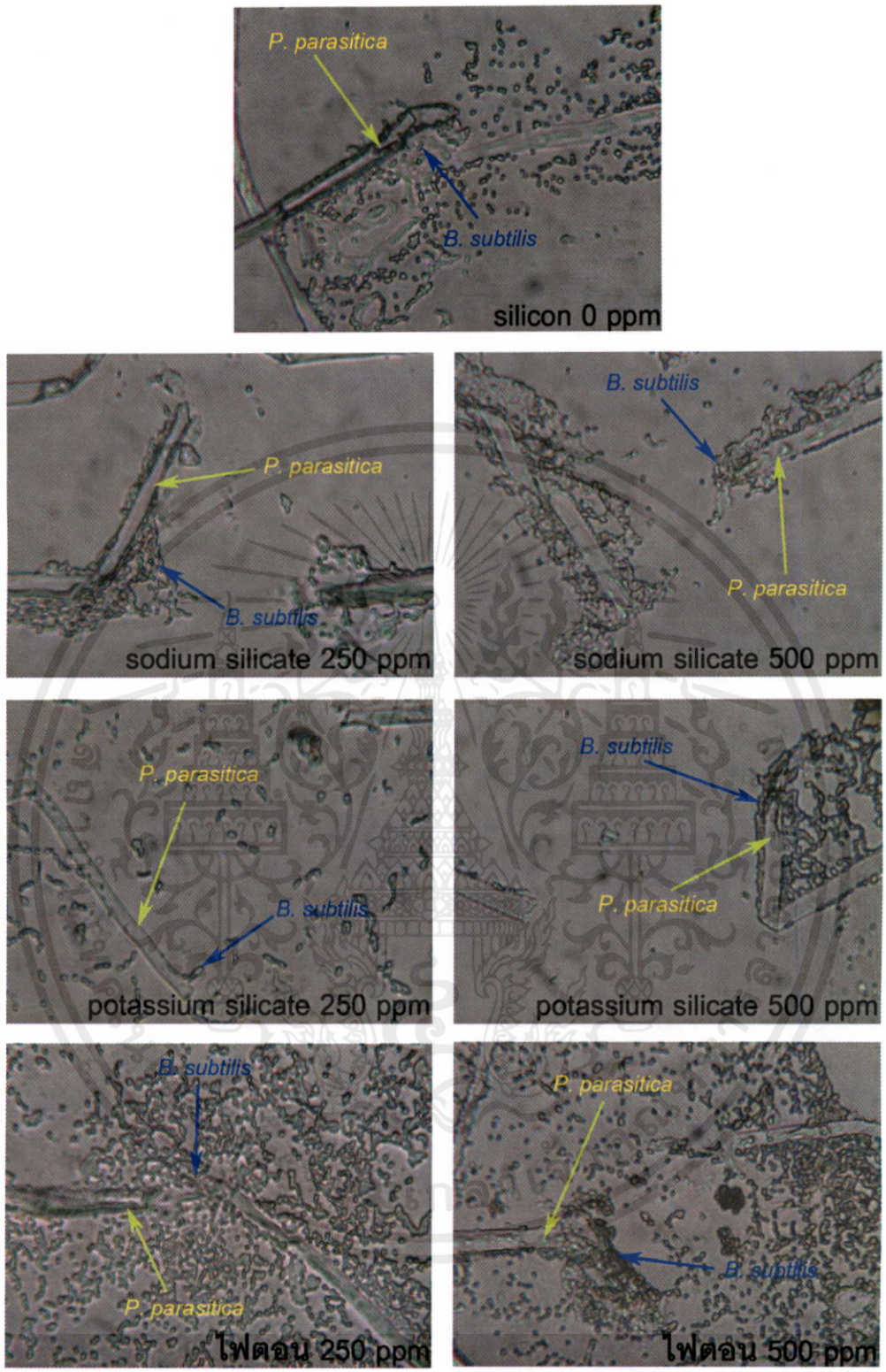
[2/] ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.13 ศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) โดยวิธี paper-disc diffusion method ที่อายุ 9 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.14 เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) สร้างสารปฏิชีวนะ (antibiosis) ย่อยสลายผนังเซลล์ของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (ที่กำลังขยาย 400 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสาร[illegible]ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4.2 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและเชื้อราปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*

จากการศึกษาอิทธิพลร่วมของสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และเชื้อราปฏิปักษ์ 2 ชนิด [*T. harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) และ *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม] ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic tests) ที่อายุ 14 วัน ผลการทดลองพบว่า ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แต่ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีปฏิสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* โดยพบว่าการใช้เชื้อรา *Trichoderma* มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากกว่าการใช้ร่วมกับสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 500 ppm ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* (product 2) มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากกว่าเชื้อรา *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้เชื้อรา *Trichoderma* ร่วมกับไฟตอนมีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากกว่าการใช้ร่วมกับ sodium silicate และ potassium silicate ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การใช้เชื้อรา *T. harzianum* (product 2) มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากที่สุด (71.11 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้ร่วมกับ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 500 ppm (70.44 และ 69.78 เปอร์เซ็นต์) และไม่แตกต่างกับการใช้ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm (69.78 เปอร์เซ็นต์) รวมทั้งไม่แตกต่างกับการใช้ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 500 ppm (70.89 และ 70.67 เปอร์เซ็นต์) ส่วนการใช้เชื้อรา *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* น้อยที่สุด (64.67 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 4.10, ภาพที่ 4.15 และ 4.17) และจากการศึกษากลไกของเชื้อรา *Trichoderma* ทั้ง 2 ชนิดในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 0, 250 และ 500 ppm ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยสังเกตลักษณะเส้นใยของเชื้อราปฏิปักษ์ในการเข้าทำลายเชื้อราสาเหตุโรค พบว่า เชื้อรา *T. harzianum* (product 2) และเชื้อรา *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) สามารถสร้างเส้นใยเจริญเข้าพันรัดเส้นใยของเชื้อรา *P. parasitica* ได้ทั้งบนอาหาร PDA ที่ผสมและไม่ผสมสารละลายซิลิคอน แสดงว่า เชื้อรา *Trichoderma* ทั้ง 2 ชนิด แม้ว่าจะเจริญบนอาหาร PDA ที่ผสมสารละลายซิลิคอน แต่ก็ยังคงคุณสมบัติ hyphal interference (ภาพที่ 4.16 และ 4.18)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ศักยภาพของเชื้อราปฏิปักษ์จำนวน 2 ชนิด [*Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) และ *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม] ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 14 วัน

ปัจจัยการทดลอง			เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต [1/]
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	(growth inhibition, %)
Trichoderma harzianum (product 2)	sodium silicate	0	71.11a [2/]
		250	70.44a
		500	69.78ab
	potassium silicate	0	71.11a
		250	69.78ab
		500	68.89bc
	ไฟตอน	0	71.11a
		250	70.89a
		500	70.67a
Trichoderma citrinoviride (ดินเกษตรกรรม)	sodium silicate	0	68.22cd
		250	66.89de
		500	65.78ef
	potassium silicate	0	68.22cd
		250	65.56f
		500	64.67f
	ไฟตอน	0	68.22cd
		250	67.34d
		500	67.11d
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์			
Trichoderma harzianum (product 2)			70.42a
Trichoderma citrinoviride (ดินเกษตรกรรม)			66.89b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน			
sodium silicate			68.70b
potassium silicate			68.04c
ไฟตอน			69.22a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น			
0			69.68a
250			68.48b
500			67.82c

ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

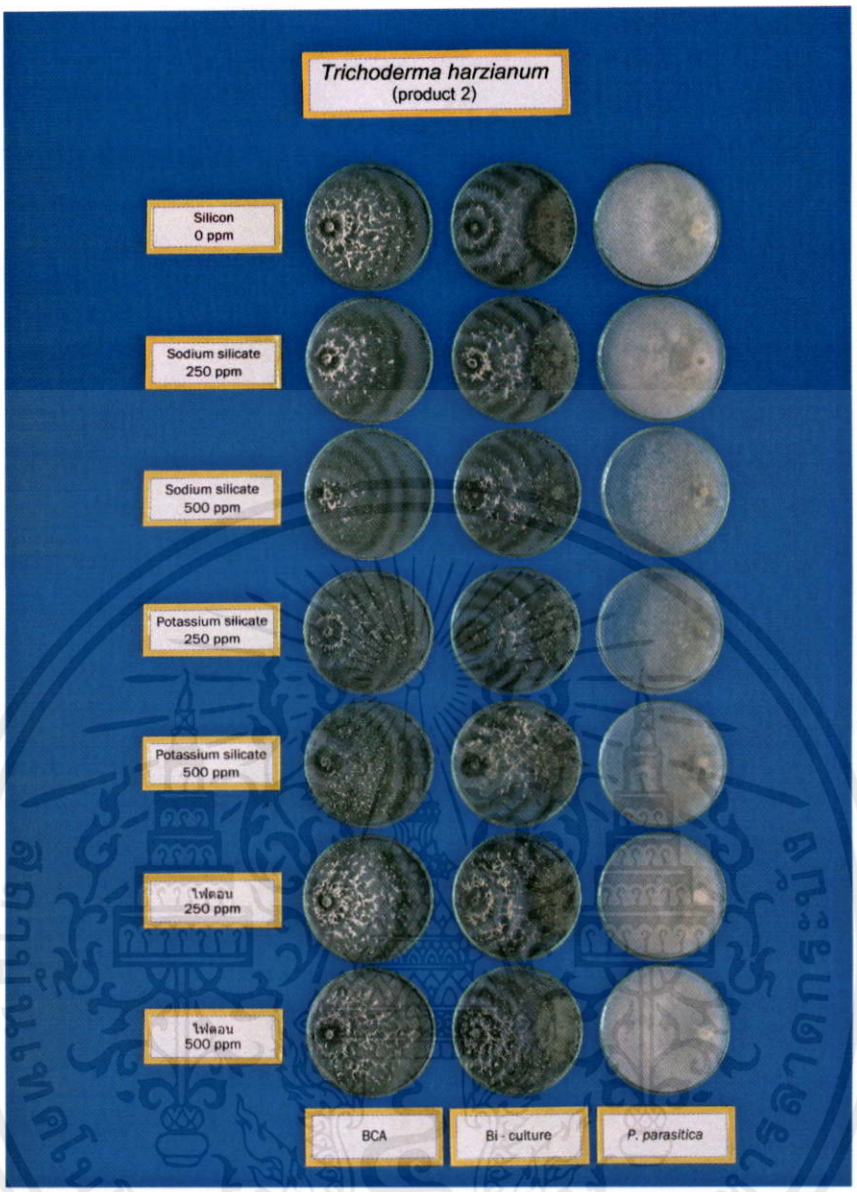
ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง			เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	(growth inhibition, %)
	C.V. (%)		1.39
	ชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (A)		***
	ชนิดสารละลายซิลิคอน (B)		***
	ระดับความเข้มข้น (C)		***
	A x B		ns
	A X C		ns
	B X C		*
	A X B X C		ns

[1/] เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition, GI) GI = [(R1 – R2) / R1] x 100; R1 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของ *Phytophthora parasitica* ใน control, R2 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของ *Phytophthora parasitica* ใน bi – culture antagonistic plates

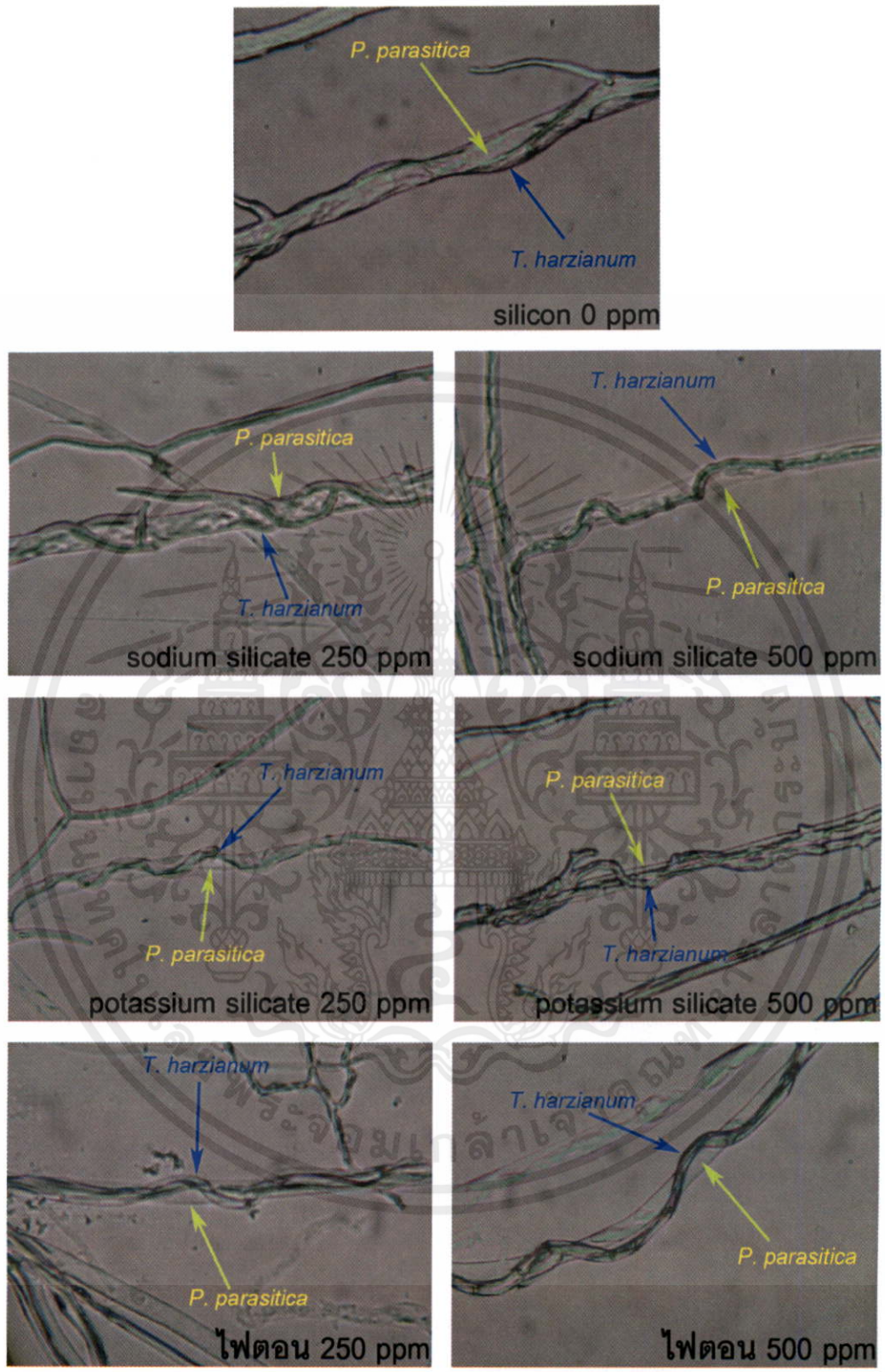
[2/] ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



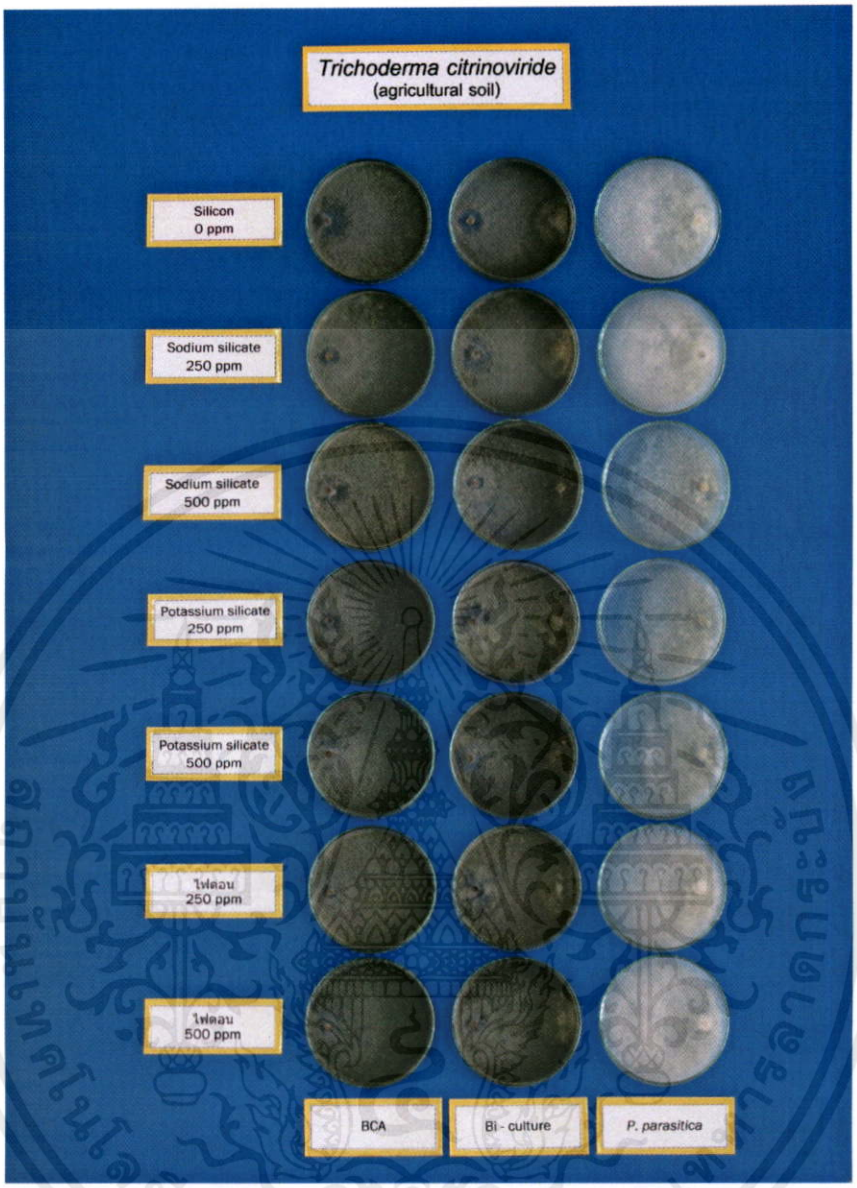
ภาพที่ 4.15 ศักยภาพของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



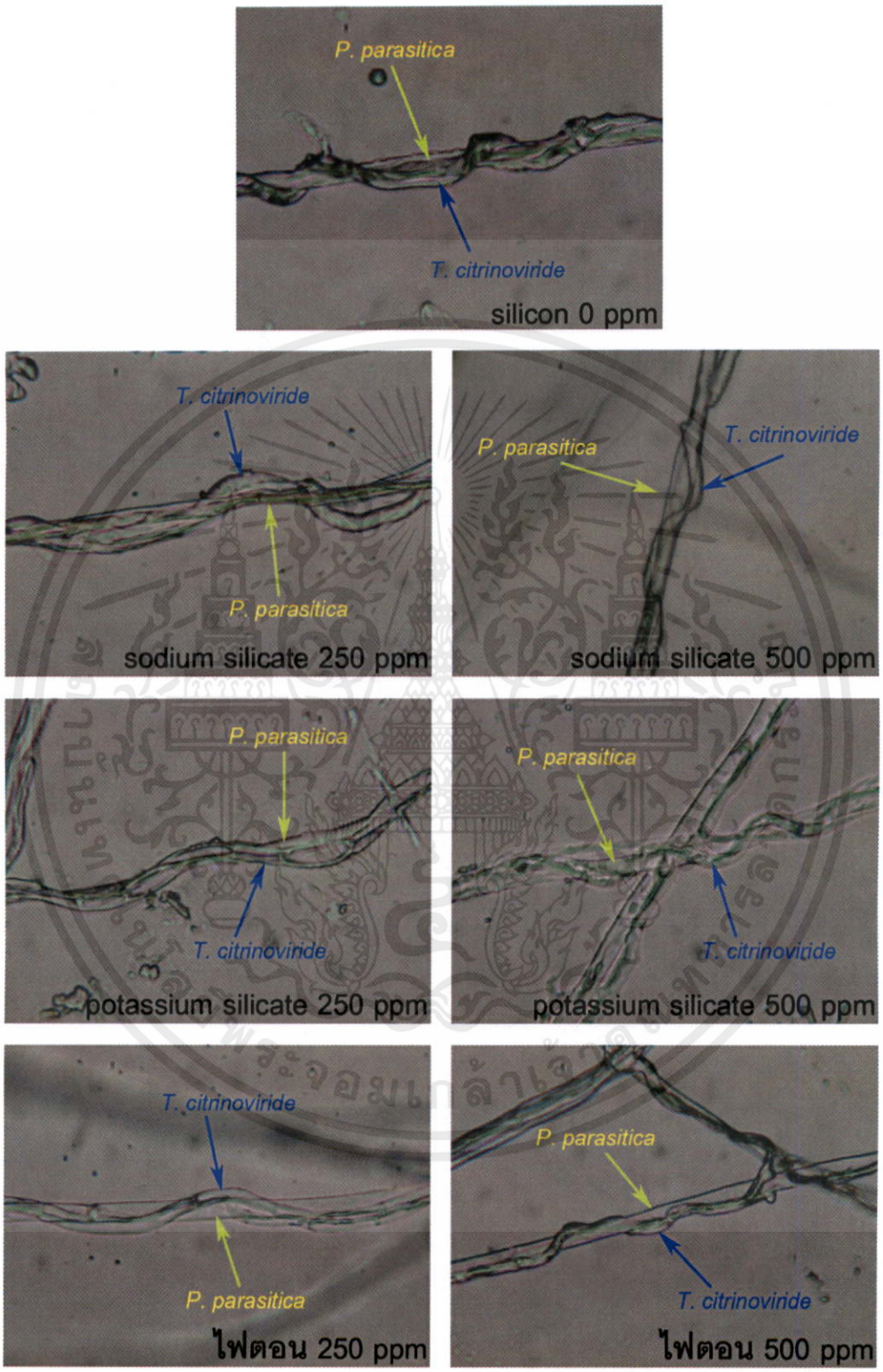
ภาพที่ 4.16 ลักษณะเส้นใยของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) เจริญพันรัดเส้นใยของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (ที่กำลังขยาย 400 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.17 ศักยภาพของเชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* ที่แยกจากดินเกษตรกรรม ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้ง

ภาพที่ 4.18 ลักษณะเส้นใยของเชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม เจริญพันรัดเส้นใยของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (ที่กำลังขยาย 400 เท่า)

4.2 บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน

4.2.1 การศึกษาความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique

การศึกษาปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในสารละลายธาตุอาหารและที่รากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ DFT และการคงศักยภาพในการเป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ รวมทั้งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช มีรายละเอียดผลการทดลอง ดังนี้

ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique

<u>ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหาร</u>

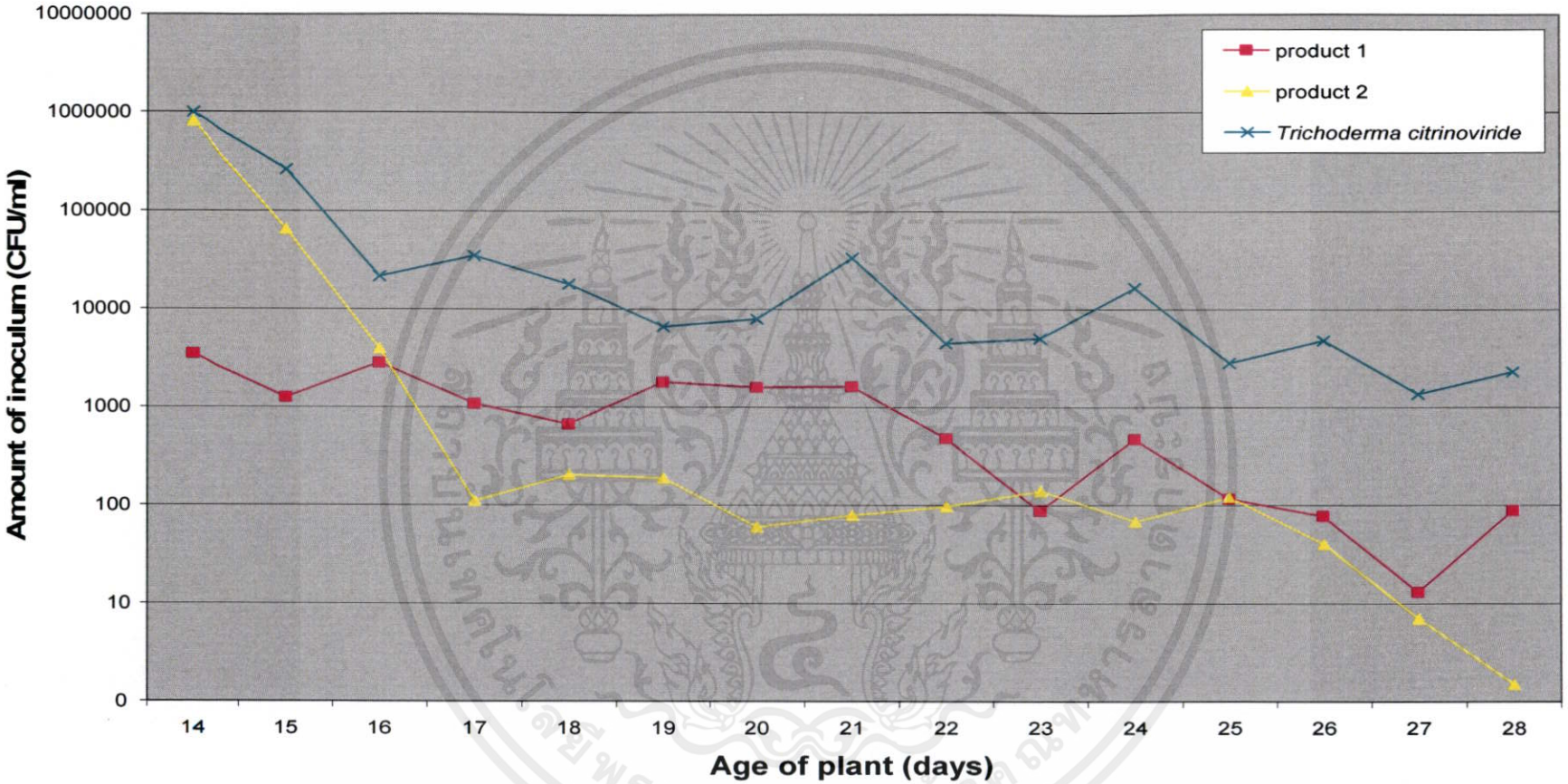
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้ง 3 ชนิด คือ เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ในสารละลายธาตุอาหารตลอดการทดลอง (รวมระยะเวลา 15 วัน) แต่เป็นที่น่าสังเกตว่า ในวันแรกที่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่เป็นเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ลงในระบบ (พืชอายุ 14 วัน) ปริมาณเริ่มต้นที่ $1x10^6$ CFU/ml (คำนวณตามอัตราการใช้ที่ระบุบนฉลาก) จะตรวจพบปริมาณความอยู่รอดของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ในสารละลายธาตุอาหารเพียง $3.50x10^3$ CFU/ml เท่านั้น ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่เป็นเชื้อรา คือ *T. harzianum* (product 2) และ *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) เมื่อใส่ลงในระบบจากปริมาณเริ่มต้นที่ $1x10^5$ CFU/ml (คำนวณตามอัตราการใช้ที่ระบุบนฉลาก) จะตรวจพบปริมาณความอยู่รอดในสารละลายธาตุอาหาร $8.15x10^5$ และ $9.65x10^5$ CFU/ml เท่ากับที่ระบุบนฉลาก (ภาพที่ 4.19)

แนวโน้มความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่เป็นเชื้อรา คือ *T. harzianum* (product 2) และ *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) มีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกหลังจากใส่ลงในระบบ โดยพบว่าเชื้อรา *T. harzianum* (product 2) มีปริมาณความอยู่รอดลดลงมากกว่าเชื้อรา *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) กล่าวคือ ปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. harzianum* (product 2) ในสารละลายธาตุอาหารจะลดลงอย่างชัดเจนในช่วง 4 วันแรกหลังจากใส่ลงในระบบ (พืชอายุ 17 วัน) เหลือ $1.10x10^2$ CFU/ml หลังจากนั้นค่อนข้างคงที่จนกระทั่งพืชอายุ 25 วัน ปริมาณความอยู่รอดจะลดลงอีกครั้งอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งถึงวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) เหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

เพียง 1.5 CFU/ml ส่วนปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) ในสารละลายธาตุอาหารจะลดลงอย่างชัดเจนในช่วง 3 วันแรกหลังจากใส่ลงในระบบ (พืชอายุ 16 วัน) เหลือ $2.15x10^4$ CFU/ml หลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้า ๆ จนกระทั่งถึงวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) เหลือเพียง $2.28x10^3$ CFU/ml ซึ่งแตกต่างจากแนวโน้มความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่เป็นเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) พบว่าปริมาณลดลงค่อนข้างช้าตลอดการทดลอง จนกระทั่งในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) เหลือ $8.80x10^1$ CFU/ml (ภาพที่ 4.19, 4.20 และ 4.21)

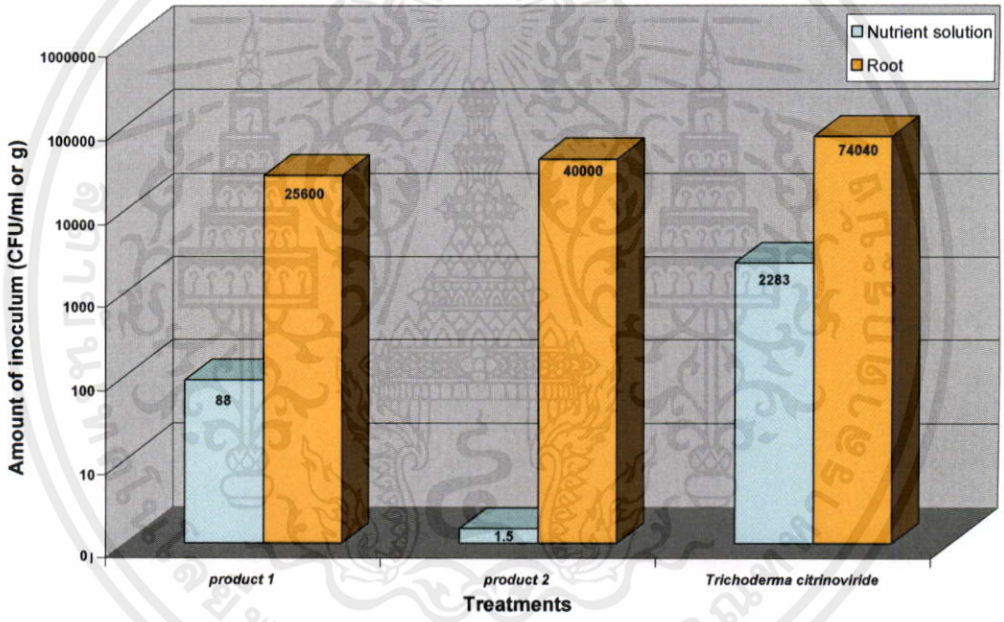
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.19 ความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (ปริมาณ inoculum) 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในระบบ deep flow technique ตั้งแต่วันลงระบบจนถึงวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 14-28 วัน)

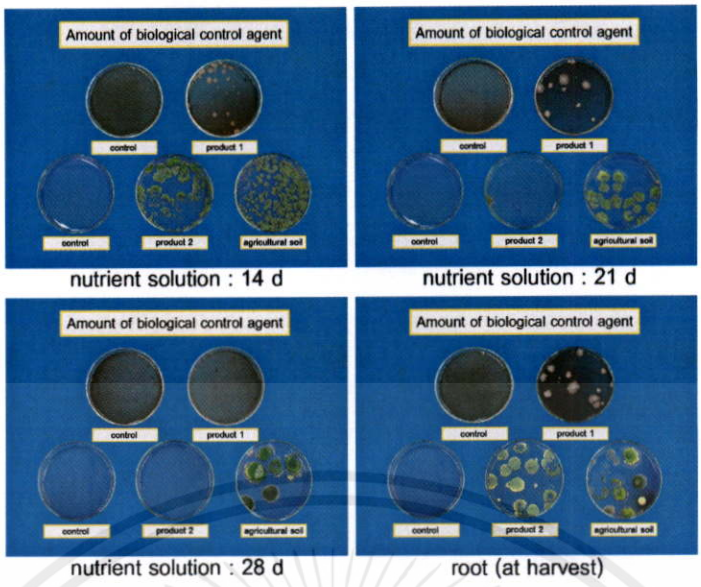
ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่รากพืช

จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้ง 3 ชนิด คือ เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ที่รากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) โดยพบว่า จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้ง 3 ชนิด สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ที่รากพืชในปริมาณมากกว่าที่ตรวจพบจากในสารละลายธาตุอาหาร และพบปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จากรากผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) มากที่สุด รองลงมาคือ เชื้อรา *T. harzianum* (product 2) และเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ตามลำดับ ($7.40x10^4$, $2.56x10^4$ และ $2.33x10^2$ CFU/g ตามลำดับ) (ภาพที่ 4.20 และ 4.21)



ภาพที่ 4.20 ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในสารละลายธาตุอาหาร และที่รากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.21 เปรียบเทียบปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (ปริมาณ inoculum) 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 14, 21 และ 28 วัน) และที่รากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ที่ dilution 10^{-3} CFU/ml, CFU/g

การคงศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique

จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้ง 3 ชนิด คือ เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) ที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหาร ขณะที่พืชอายุ 14, 21, 28 วัน และรากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ยังคงมีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ สม่ำเสมอตลอดการทดลอง โดยพบว่าจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่แยกจากรากพืชมีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากกว่าสารละลายธาตุอาหารเล็กน้อย และพบว่าเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) มีขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) 8.7-5.4 มม. รวมทั้งมีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ประมาณ 63-56 เปอร์เซ็นต์ ส่วนกลุ่มจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่เป็นเชื้อรามีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ค่อนข้างสูง กล่าวคือ เชื้อรา *T. harzianum* (product 2) มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตประมาณ 86-83 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อรา *T. citrinoviride* มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโต 72-68 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 4.11, 4.12 และภาพที่ 4.22) ทั้งนี้จากการศึกษากลไกของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้ง 3 ชนิด ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ภายใต้กล้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุลทรรศน์ พบว่า เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ที่แยกจากรากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ยังคงมีคุณสมบัติ antibiosis ส่วนเชื้อรา *T. harzianum* และเชื้อรา *T. citrinoviride* ยังคงมีคุณสมบัติ hyphal interference (ภาพที่ 4.23)

ตารางที่ 4.11 ศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง) ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 14, 21 และ 28) และรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยวิธี paper-disc diffusion method ที่อายุ 9 วัน

แหล่งที่ตรวจสอบ	อายุพืช (วัน)	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	ขนาดการยับยั้ง (inhibition zone, mm)	เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต [1/] (growth inhibition, %)
สารละลายธาตุอาหาร	14	*B. subtilis* (product 1)	7.60	61.33
	21	*B. subtilis* (product 1)	6.50	58.89
	28	*B. subtilis* (product 1)	5.40	56.44
รากพืช	28	*B. subtilis* (product 1)	8.70	63.78

[1/] เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition, GI) GI = [(R1 – R2) / R1] x 100; R1 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของ *Phytophthora parasitica* ใน control, R2 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของ *Phytophthora parasitica* ใน bi – culture antagonistic plates

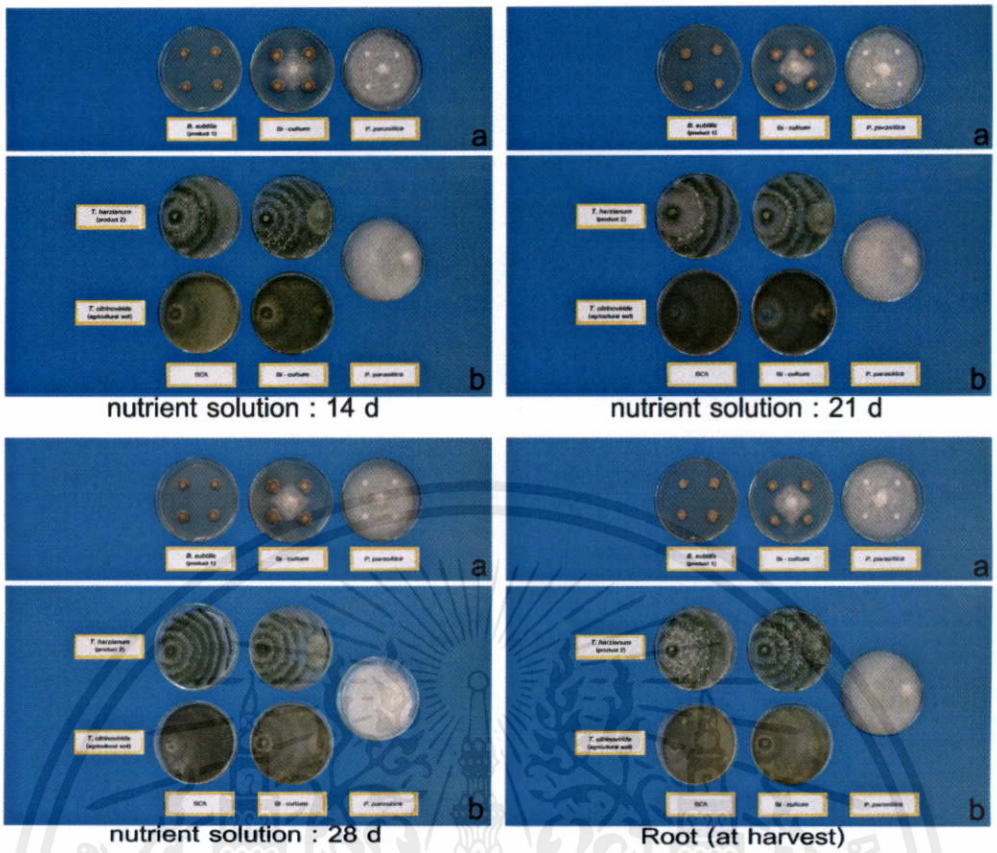
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ศักยภาพของเชื้อราปฏิปักษ์ 2 ชนิด [*Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และ *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 14, 21 และ 28) และรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 14 วัน

แหล่งที่ตรวจสอบ	อายุพืช (วัน)	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต [1] (growth inhibition, %)
สารละลายธาตุอาหาร	14	*T. harzianum* (product 2)	86.11
		T. citrinoviride (ดินเกษตรกรรม)	71.11
	21	*T. harzianum* (product 2)	85.00
		T. citrinoviride (ดินเกษตรกรรม)	70.00
	28	*T. harzianum* (product 2)	83.33
		T. citrinoviride (ดินเกษตรกรรม)	68.33
รากพืช	28	*T. harzianum* (product 2)	86.67
		T. citrinoviride (ดินเกษตรกรรม)	72.78

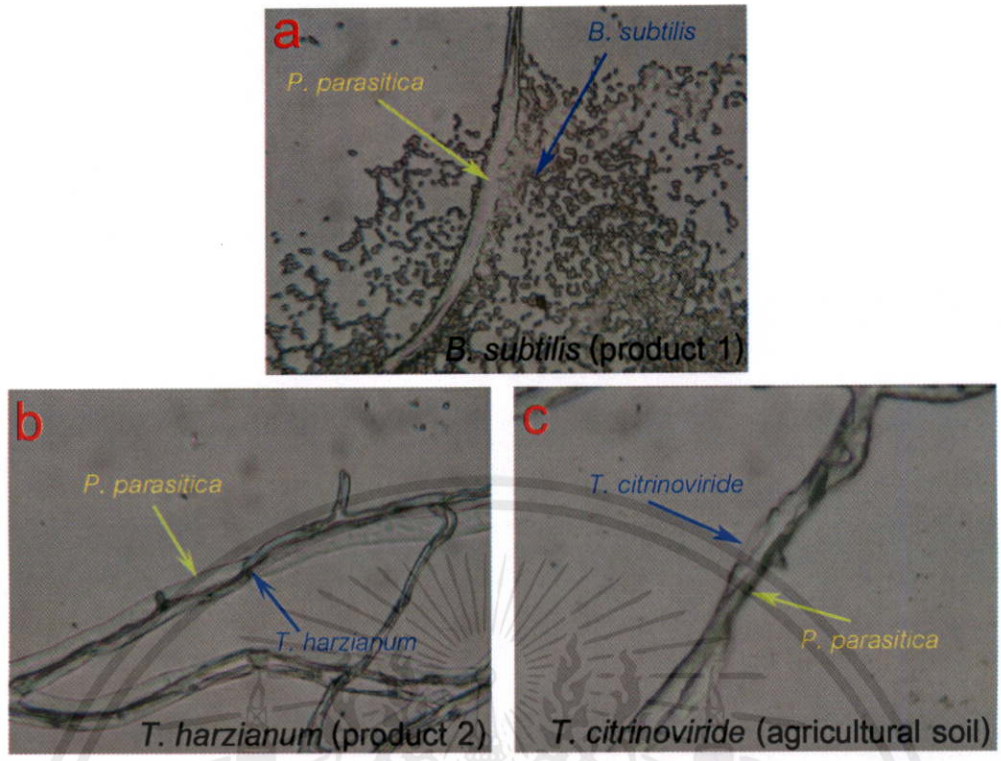
[1] เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition, GI) GI = [(R1 – R2) / R1] x 100; R1 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของ *Phytophthora parasitica* ใน control, R2 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของ *Phytophthora parasitica* ใน bi – culture antagonistic plates

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.22 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 14, 21, และ 28 วัน) และรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate): a. ที่อายุ 9 วัน, b. ที่อายุ 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.23 การคงคุณสมบัติในการเป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate) ของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน): a. antibiosis, b. และ c. hyphal interference (กำลังขยาย 400 เท่า)

การเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ในระบบ deep flow technique

ด้านการเจริญเติบโต

การเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์เป็นเวลา 7 วัน (พืชอายุ 21 วัน) มีการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกับสิ่งทดลองควบคุม ทั้งทางด้านความสูงและจำนวนใบ แต่พบว่าขนาดใบของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *T. harzianum* (product 2) มีความกว้างและความยาวใบมากกว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (6.53x9.04 และ 6.04x8.34 ซม./ใบ) จนกระทั่งในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) พบว่า ผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *T. citrinoviride* มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงมากกว่าสิ่งทดลองควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการใช้งาน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (22.67 และ 21.05 ซม./ต้น) ส่วนจำนวนใบ พบว่าผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *T. harzianum* (product 2) มีจำนวนใบมากกว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (12.20 และ 11.40 ใบ/ต้น) และมีความกว้างและความยาวใบมากที่สุด (11.01x14.57 ซม./ใบ) (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.13 การเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) [ความสูงต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น) จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น) และขนาดใบเฉลี่ย (ความกว้างและความยาว) (เซนติเมตร/ใบ)] ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่ (control) และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 21 และ 28 วัน

อายุพืช (วัน)	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	การเจริญเติบโตของพืช			
		ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น)	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น)	ขนาดใบเฉลี่ย (เซนติเมตร/ใบ)	
				ความกว้าง	ความยาว
21	control	13.73a[1/]	7.13a	6.04b	8.34b
	product 1 (แบบผง)	14.11a	7.33a	5.89b	8.90ab
	product 2 (แบบผง)	14.17a	7.40a	6.53a	9.04a
	T. citrinoviride (แบบสปอร์แขวนลอย)	14.42a	7.47a	6.35ab	8.97ab
	C.V. (%)	9.50	9.00	10.19	9.42
28	control	21.05b	11.40b	10.09ab	13.24b
	product 1 (แบบผง)	21.44b	11.60ab	9.95b	14.42a
	product 2 (แบบผง)	21.92ab	12.20a	11.01a	14.57a
	T. citrinoviride (แบบสปอร์แขวนลอย)	22.67a	11.80ab	10.72ab	14.26a
	C.V. (%)	7.25	7.37	11.40	8.08

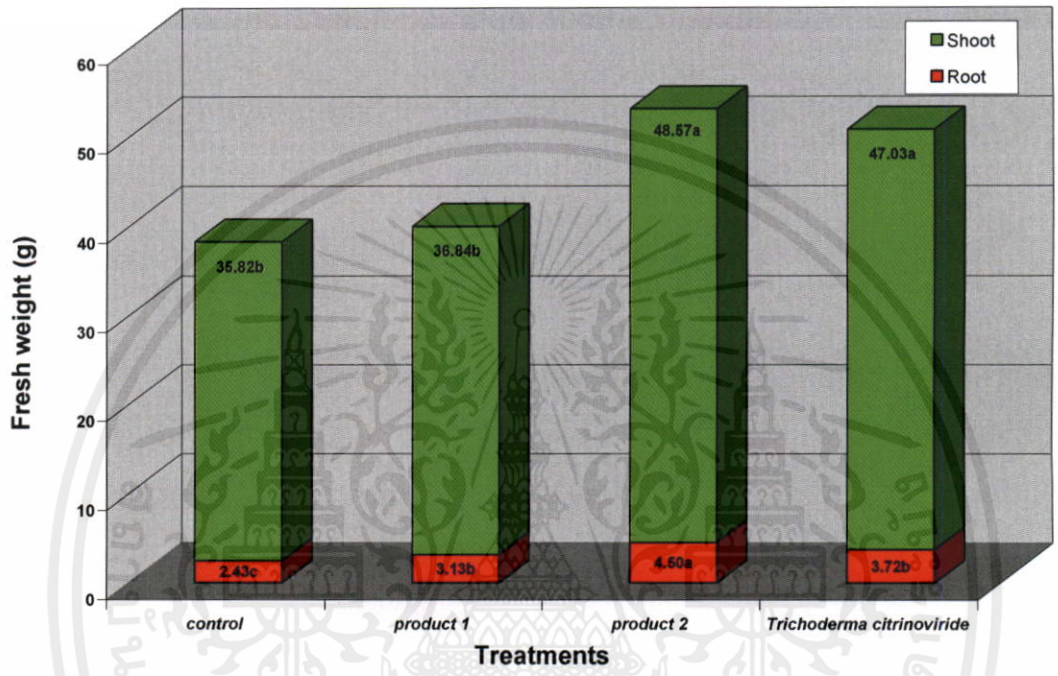
[1/] ค่าเฉลี่ยจาก 15 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งที่อายุพืชวันเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

ด้านผลผลิต

เก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อพืชอายุ 28 วัน พบว่า ผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่เป็นเชื้อรา คือ *T. harzianum* (product 2) และ *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) มีน้ำหนักสดของต้นมากกว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (48.57, 47.03 และ 35.82 กรัม/ต้น ตามลำดับ) และพบว่าผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่เป็นเชื้อแบคทีเรีย คือ *B. subtilis* (product 1) มี

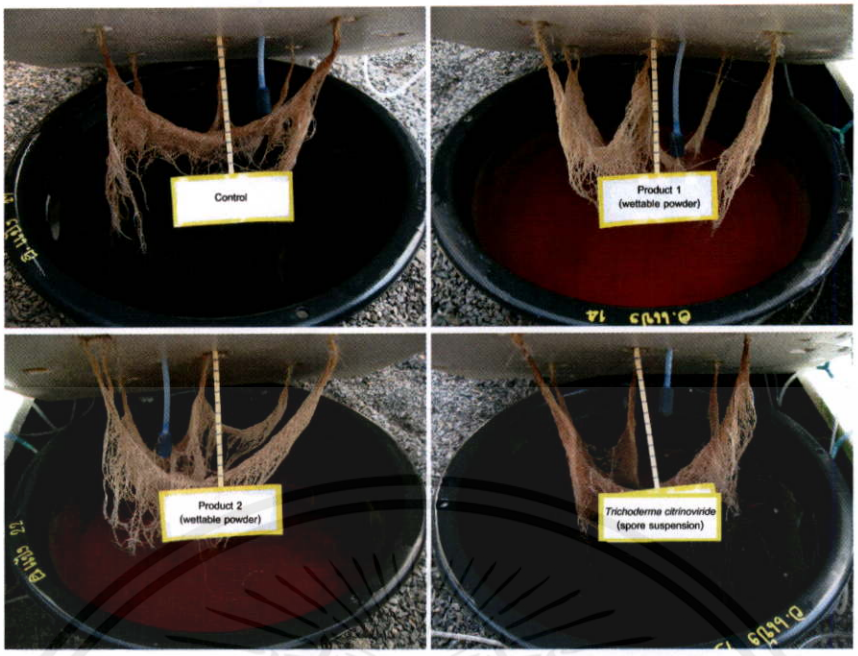
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำหนักสดของต้นไม่แตกต่างกับสิ่งทดลองควบคุม (36.84 และ 35.82 กรัม/ต้น) ส่วนน้ำหนักสดของรากผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ พบว่าผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *T. harzianum* (product 2) มีน้ำหนักสดของรากมากที่สุด (4.50 กรัม/ต้น) รองลงมา คือ *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) และ *B. subtilis* (product 1) (3.72 และ 3.13 กรัม/ต้น) ส่วนสิ่งทดลองควบคุมมีน้ำหนักสดของรากน้อยที่สุด (2.43 กรัม/ต้น) (ภาพที่ 4.24, 4.25 และ 4.26)



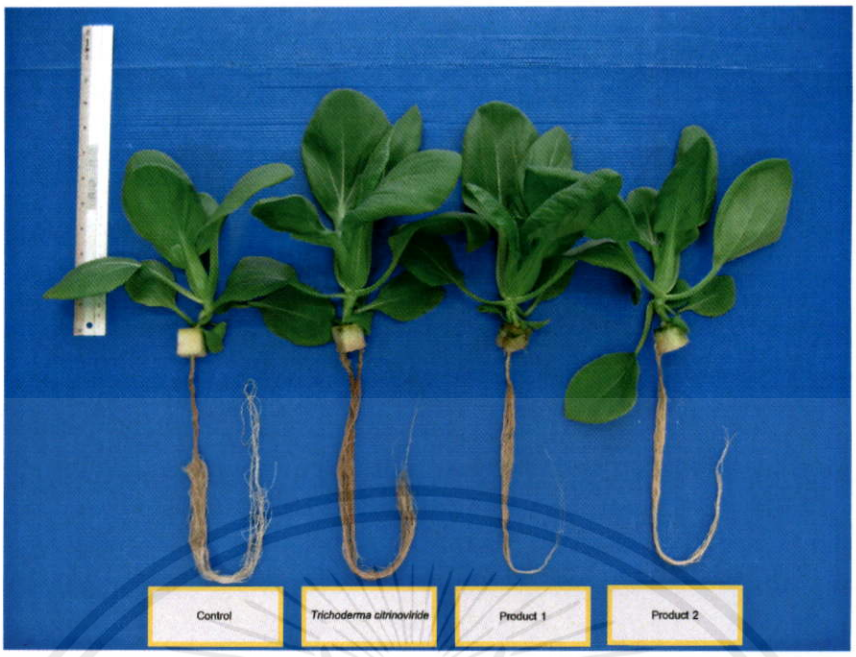
ภาพที่ 4.24 น้ำหนักสดต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่ (control) และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.25 เปรียบเทียบลักษณะรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่ (control) และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.26 ลักษณะต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่ (control) และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การศึกษาความรุนแรงของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในการทำให้เกิดโรครากเน่าโคนเน่าของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique

การศึกษาความรุนแรงของเชื้อรา *P. parasitica* ในการทำให้เกิดโรครากเน่าโคนเน่าของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ DFT ทั้งในด้านลักษณะอาการและระดับการเกิดโรค รวมทั้งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช มีรายละเอียดผลการทดลอง ดังนี้

ลักษณะอาการและระดับการเกิดโรค

เมื่อปลูกเชื้อรา *P. parasitica* ลงในระบบ (พืชอายุ 14 วัน) ได้ทำการบันทึกลักษณะอาการและประเมินระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ ที่ปลูกในระบบ DFT ดังแสดงในตารางที่ 4.14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ลักษณะอาการและระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่า ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique

อายุพืช (วัน)	ลักษณะอาการ	ระดับการเกิดโรค[1/]	หมายเหตุ
1 -13	-		อนุบาล
14	-		ปลูกเชื้อ
15	บริเวณปลายรากแขนงเริ่มเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลอ่อน ในตอนกลางวันช่วงที่อุณหภูมิสูงเกิน 30 องศาเซลเซียส ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวเล็กน้อย โดยเริ่มจากโคนต้นขึ้นสู่ยอด ยกเว้นที่ใบยอดจำนวน 1 – 2 ใบที่ไม่แสดงอาการเหี่ยว และต้นพืชจะกลับสู่สภาพปกติในตอนเย็น	+	
16	บริเวณปลายรากแขนงส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลมากขึ้น ในขณะที่โคนรากเริ่มเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลอ่อน ส่วนรากแก้วเริ่มเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลอ่อนเช่นกัน และต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวปานกลาง	++	
17	บริเวณปลายรากแขนงส่วนใหญ่ เริ่มเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม เนื่องจากเซลล์บริเวณนั้นเริ่มตาย ในขณะที่โคนรากเริ่มมีสีน้ำตาลมากขึ้น ส่วนรากแก้วเริ่มมีสีน้ำตาลมากขึ้นเช่นกัน และบริเวณผิวรากเริ่มมีลักษณะเปื่อยยุ่ย ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวมาก	+++	
18	บริเวณปลายรากแขนงเริ่มมีสีน้ำตาลคล้ำมากขึ้น ในขณะที่โคนรากเริ่มมีสีน้ำตาลเข้ม ส่วนรากแก้วเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม และบริเวณผิวรากมีลักษณะเปื่อยยุ่ยอย่างชัดเจน ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวมากขึ้น	++++	
19	บริเวณปลายรากและโคนรากแขนงมีสีน้ำตาลคล้ำชัดเจนมากขึ้น ส่วนรากแก้วเริ่มมีสีน้ำตาลคล้ำ และบริเวณผิวรากมีลักษณะเปื่อยยุ่ยและหลุดลอกได้ง่าย เมื่อลองเอามือเด็ดตามขวางพบว่าเฉพาะบริเวณผิวรากเท่านั้นที่มีสีน้ำตาล แต่เนื้อเยื่อตรงกลางยังคงมีสีขาว ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวมากยิ่งขึ้น	+++++	
20	รากแขนงเก่ามีน้ำตาลคล้ำชัดเจน แต่พบว่าพืชเริ่มงอกรากแขนงใหม่ทดแทนรากเก่าที่ถูกทำลาย ส่วนรากแก้วมีสีน้ำตาลคล้ำเช่นเดิม ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวลดลง	++++	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อ

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

อายุพืช (วัน)	ลักษณะอาการ	ระดับการเกิดโรค[1/]	หมายเหตุ
21	รากแขนงใหม่ที่พืชงอกทดแทนรากเก่า เริ่มเปลี่ยนจากสีขาว เป็นสีน้ำตาลอ่อน โดยเริ่มจากบริเวณปลายราก ส่วนรากแก้วมีสีน้ำตาลคล้ำเช่นเดิม ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวปานกลาง	+++	
22 - 28	รากแขนงใหม่เริ่มยาวขึ้น สามารถทำงานดูดน้ำและธาตุอาหารทดแทนรากเก่าที่ถูกทำลายได้ ส่วนรากแก้วอาการคงตัวคือยังคงมีสีน้ำตาลคล้ำ ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวเล็กน้อย	++	

[1/] ระดับการเกิดโรค ดังนี้ ระดับ 1 = +, ระดับ 2 = ++, ระดับ 3 = +++, ระดับ 4 = ++++ และระดับ 5 = +++++

จากตารางที่ 4.14 พบว่า เมื่อปลูกเชื้อรา *P. parasitica* ลงในระบบเพียง 1 วัน (พืชอายุ 15 วัน) ผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้จะเริ่มแสดงอาการโรค กล่าวคือ บริเวณปลายรากแขนงเริ่มเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลอ่อน ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวเล็กน้อยและกลับคืนสู่สภาพปกติในตอนเย็น หลังจากนั้นจะพัฒนาระดับการเกิดโรคเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนสังเกตอาการโรคได้อย่างชัดเจนที่ 5 วัน หลังจากปลูกเชื้อราสาเหตุโรคลงระบบ (พืชอายุ 19 วัน) พบว่า เป็นระยะที่มีอาการโรครุนแรงที่สุด กล่าวคือ บริเวณปลายรากและโคนรากแขนงมีสีน้ำตาลคล้ำชัดเจน แสดงให้เห็นว่าเซลล์บริเวณนั้นตาย ส่วนรากแก้วมีสีน้ำตาลคล้ำ และบริเวณผิวรากมีลักษณะเปื่อยยุ่ยและหลุดลอกได้ง่าย เมื่อลองเอามือเด็ดตามขวางพบว่าบริเวณผิวรากเท่านั้นที่มีสีน้ำตาล แต่เนื้อเยื่อตรงกลางยังคงมีสีขาว แสดงว่าเชื้อราสาเหตุโรคเข้าทำลายได้เฉพาะผิวรากเท่านั้น และต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวเพิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 4.27) หลังจากนั้นระดับการเกิดโรคจะลดน้อยลง สังเกตเห็นได้จากที่ 8 วันหลังปลูกเชื้อราสาเหตุโรคลงระบบ (พืชอายุ 22 วัน) พบว่าพืชงอกรากใหม่ทดแทนรากเก่าที่ถูกทำลายเพิ่มมากขึ้น และรากใหม่ก็จะถูกเชื้อราสาเหตุโรคเข้าทำลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน แต่ก็ยังสามารถดูดน้ำและธาตุอาหารเพื่อช่วยในการเจริญเติบโตของพืชได้ ส่วนรากแก้วอาการคงตัวคือมีสีน้ำตาลคล้ำ และในเวลากลางวันช่วงที่มีอุณหภูมิสูง ต้นพืชจะมีอาการเหี่ยวเล็กน้อย ลักษณะอาการดังกล่าวจะคงตัวจนถึงวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) เป็นที่น่าสังเกตว่าเชื้อรา *P. parasitica* ที่นำมาทดสอบไม่สามารถทำให้ผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ล้มตายได้ ซึ่งน่าจะมีสาเหตุจากสภาพแวดล้อมที่ทำการทดลองในโรงเรือน Evaporation ที่มีอุณหภูมิเหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชสามารถฟื้นตัวจากการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคได้อย่างรวดเร็ว

จากลักษณะอาการและระดับการเกิดโรคที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุประดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่า (disease index) ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่เกิดจากเชื้อรา *P. parasitica* ในระบบ DFT ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับ 0 = รากแขนงและรากแก้วมีสีขาว ต้นพืชปกติ

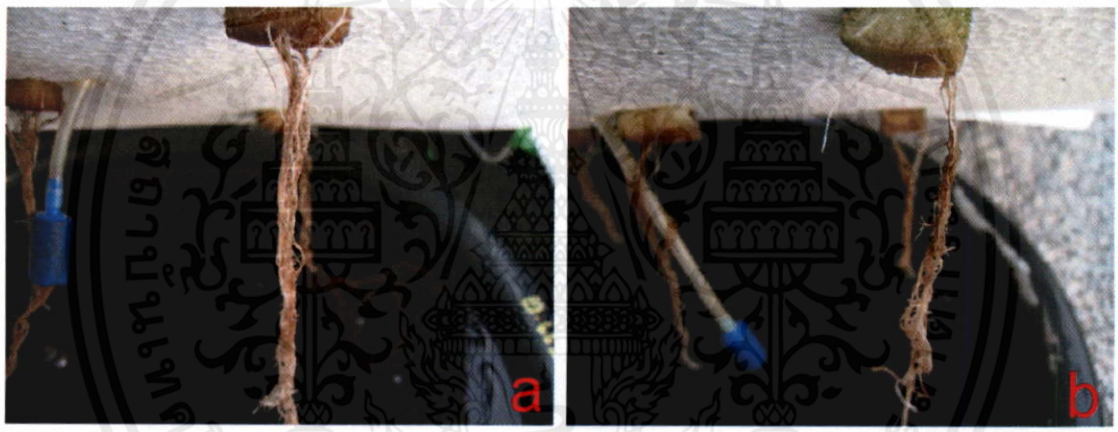
ระดับ 1 = รากแขนงมีสีน้ำตาลอ่อน รากแก้วมีสีขาว ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวเล็กน้อย

ระดับ 2 = รากแขนงมีสีน้ำตาลปานกลาง รากแก้วมีสีน้ำตาลอ่อน ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวปานกลาง

ระดับ 3 = รากแขนงมีสีน้ำตาลมาก รากแก้วมีสีน้ำตาลปานกลาง ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวมาก

ระดับ 4 = รากแขนงมีสีตาลเข้ม รากแก้วมีสีน้ำตาลมาก ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวมากขึ้น

ระดับ 5 = รากแขนงมีสีน้ำตาลคล้ำ รากแก้วมีสีน้ำตาลเข้ม ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวมากยิ่งขึ้น



ภาพที่ 4.27 ลักษณะอาการและระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่า ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique: a. ไม่พบอาการโรค (ระดับ 0), b. อาการโรครุนแรงมากที่สุด (ระดับ 5)

ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) มีการนำรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้มาหาเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและเปอร์เซ็นต์ของรากที่เป็นโรค ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกเชื้อรา *P. parasitica* ลงในระบบ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค 100 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ของรากที่เป็นโรค 30 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าเชื้อราสาเหตุโรคสามารถเจริญเข้าครอบครองบริเวณรากพืชได้ (ตารางที่ 4.15 และ ภาพที่ 4.28)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือจำหน่าย ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ลบข้อความนี้ออกจากเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและเปอร์เซ็นต์ของรากที่เป็นโรค ที่แยกจากรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อ (control) และปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique โดยวิธี tissue transplanting technique บนอาหาร PDA + BNPRA ที่อายุ 2 วัน

วิธีการ	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค [1/]	เปอร์เซ็นต์ของรากที่เป็นโรค [2/]
control	0.00	0.00
Phytophthora parasitica	100.00	30.00

[1/] เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค = (จำนวนต้นที่เป็นโรค / จำนวนต้นทั้งหมด) x 100

[2/] เปอร์เซ็นต์ของรากที่เป็นโรค = (จำนวนรากพืชที่เป็นโรค / จำนวนรากทั้งหมด) x 100

ภาพที่ 4.28 เชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่แยกจากชิ้นส่วนรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) (10 ชิ้น/ต้น) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique โดยวิธี tissue transplanting technique บนอาหาร PDA + BNPRA ที่อายุ 2 วัน: a. ไม่ปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica*, b. ปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica*

การเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้

<u>ด้านการเจริญเติบโต</u>

การเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. parasitica* ลงในระบบ เป็นเวลา 7 วัน (พืชอายุ 21 วัน) พบว่าเริ่มมีการเจริญเติบโตน้อยกว่าสิ่งทดลองควบคุม โดยเฉพาะทางด้านความสูง (13.27 และ 14.29 ซม./ต้น) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จนกระทั่งในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) พบว่าผักกาดขาวกวางตุ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. parasitica* มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างชัดเจน ทั้งทางด้านความสูง (19.02 และ 19.97 ซม/ต้น) จำนวนใบ (10.67 และ 11.00 ใบ/ต้น) และขนาดใบ (9.85x12.42 และ 10.32x13.25 ซม./ใบ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.16)

ตารางที่ 4.16 การเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) [ความสูงต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น) จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น) และขนาดใบเฉลี่ย (ความกว้างและความยาว) (เซนติเมตร/ใบ)] ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อ (control) และปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 21 และ 28 วัน

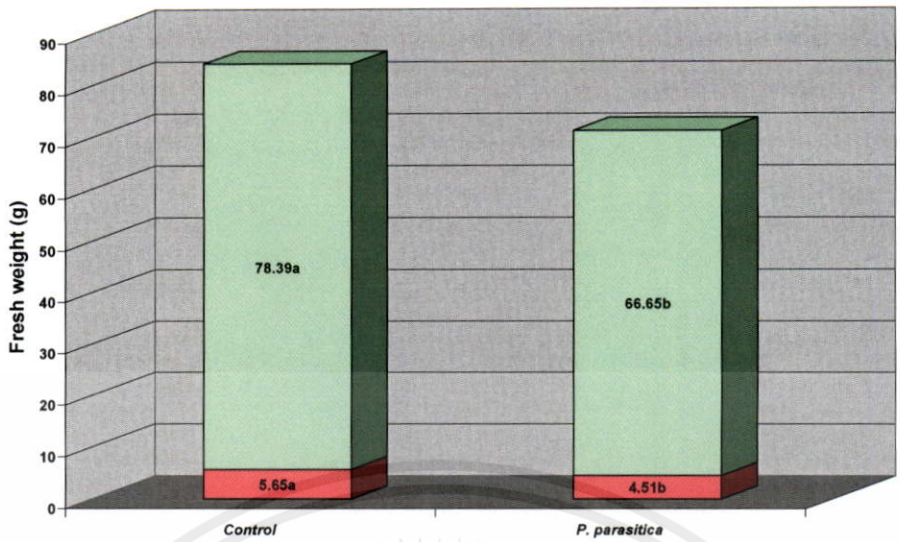
อายุพืช (วัน)	วิธีการ	การเจริญเติบโตของพืช			
		ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น)	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น)	ขนาดใบเฉลี่ย (เซนติเมตร/ใบ)	
				ความกว้าง	ความยาว
21	control	14.29a[1/]	7.47a	6.85a	9.43a
	Phytophthora parasitica	13.27b	7.40a	6.52a	8.89b
	C.V. (%)	7.80	6.88	7.70	6.27
28	control	19.97a	11.00a	10.32a	13.25a
	Phytophthora parasitica	19.02b	10.67b	9.85b	12.42b
	C.V. (%)	6.35	4.03	4.79	7.61

[1/] ค่าเฉลี่ยจาก 15 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งที่อายุพืชวันเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

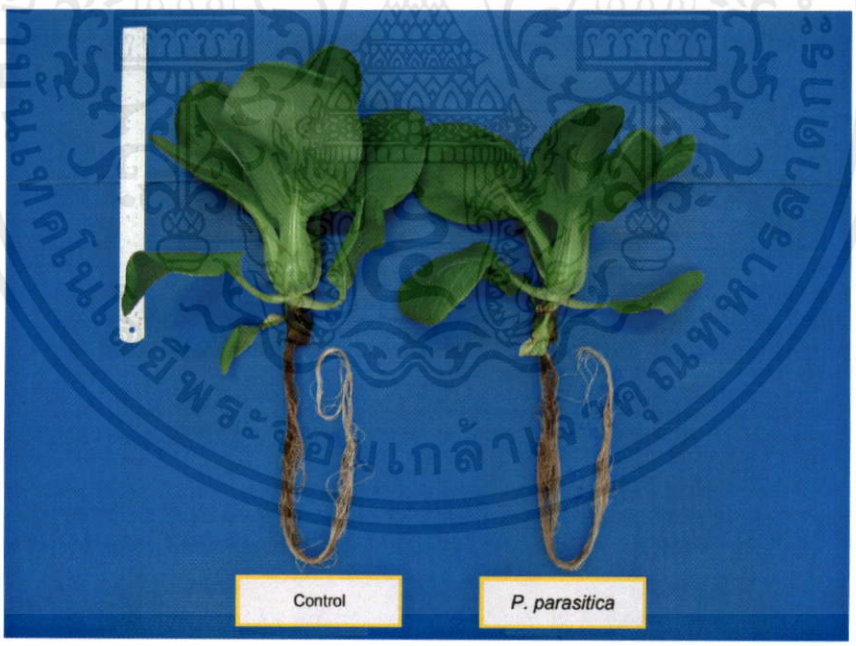
<u>ด้านผลผลิต</u>

เก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อพืชอายุ 28 วัน พบว่า ผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. parasitica* ลงในระบบ มีน้ำหนักสดของต้นและราก (66.65 และ 4.51 กรัม/ต้น) น้อยกว่าสิ่งทดลองควบคุม (78.39 และ 5.65 กรัม/ต้น) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4.29 และ 4.30)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.29 น้ำหนักสดต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อ (control) และปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน)



ภาพที่ 4.30 ลักษณะต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อ (control) และปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora parasitica* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique

การศึกษาอิทธิพลร่วมของการใช้สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ร่วมกับจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในการควบคุมเชื้อรา *P. parasitica* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ DFT โดยมีการประเมินระดับการเกิดโรค (disease index) และหาปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราสาเหตุโรคและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ DFT แล้วนำจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่อยู่รอดได้นั้นมาทำการศึกษาต่อในสภาพห้องปฏิบัติการถึงการคงศักยภาพในการเป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ รวมทั้งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช มีรายละเอียดผลการทดลอง ดังนี้

ระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่า (disease index) ที่เกิดจากเชื้อรา Phytophthora parasitica ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (Brassica campestris L. var. *chinensis) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique*

จากผลการทดลองที่ได้จากข้อ 4.2.2 สามารถสรุปได้ว่า หลังจากปลูกเชื้อรา *P. parasitica* ลงในระบบ จะทำการประเมินระดับการเกิดโรค (disease index) จำนวน 2 ครั้ง คือ ครั้งแรกจะประเมินระดับการเกิดโรค ที่ 5 วันหลังจากปลูกเชื้อราสาเหตุโรคลงในระบบ (พืชอายุ 19 วัน) เนื่องจากเป็นระยะที่มีระดับการเกิดโรครุนแรงที่สุด และจะประเมินระดับการเกิดโรคอีกครั้ง ที่ 8 วันหลังจากปลูกเชื้อราสาเหตุโรคลงในระบบ (พืชอายุ 22 วัน) เนื่องจากเป็นระยะที่มีระดับการเกิดโรคน้อยลง และระดับการเกิดโรคดังกล่าวจะคงตัวจนถึงวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่ทำการทดลองในโรงเรือน evaporation มีอุณหภูมิเหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชฟื้นตัวจากการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคได้อย่างรวดเร็ว

การประเมินระดับการเกิดโรค (disease index) ครั้งแรก คือ ที่ 5 วันหลังจากปลูกเชื้อราสาเหตุโรคลงในระบบ (พืชอายุ 19 วัน) พบว่า ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แต่พบว่าชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์และระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนมีอิทธิพลต่อระดับการเกิดโรค และชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อระดับการเกิดโรค กล่าวคือ การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) มีผลลดระดับการเกิดโรคไม่แตกต่างกับเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) แต่มากกว่าเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จาก product 1 (แบบผง)

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

และไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับไฟตอนมีผลลดระดับการเกิดโรคมากกว่าการใช้ร่วมกับ sodium silicate และ potassium silicate ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลลดระดับการเกิดโรคมากกว่าการใช้ร่วมกันที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm และไม่ใส่สารละลายซิลิคอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. parasitica* แต่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารลายซิลิคอน มีระดับการเกิดโรครุนแรงที่สุด (5.00) ในขณะที่การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลลดระดับการเกิดโรคมากที่สุด (1.00) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) (1.40), การใช้ร่วมกับ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm (1.60), การใช้ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm (1.20) และไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) (1.60), การใช้ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 500 ppm (1.20 และ 1.40) รวมทั้งไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จาก product 1 (แบบผง) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 500 ppm (1.20 และ 1.40) ส่วนการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลลดระดับการเกิดโรคน้อยที่สุด (4.40) แต่ไม่แตกต่างกับการไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารละลายซิลิคอน (5.00) (ตารางที่ 4.17 และภาพที่ 4.31-4.34)

ส่วนการประเมินระดับการเกิดโรค (disease index) ครั้งที่สอง คือ ที่ 8 วันหลังจากปลูกเชื้อราสาเหตุโรคลงในระบบ (พืชอายุ 22 วัน) พบว่าผลเป็นไปในทิศทางเดียวกับที่ 5 วันหลังจากปลูกเชื้อราสาเหตุโรคลงในระบบ (พืชอายุ 19 วัน) เพียงแต่พบว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ไม่ว่าจะเป็นเชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง), เชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) หรือเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จาก product 1 (แบบผง) มีผลลดระดับการเกิดโรคไม่แตกต่างกัน แต่มากกว่าไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับไฟตอน มีผลลดระดับการเกิดโรคมากกว่าการใช้ร่วมกับ sodium silicate และ potassium silicate อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลลดระดับการเกิดโรคมากกว่าการใช้ร่วมกันที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. parasitica* แต่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารละลายซิลิคอน แม้ว่าจะมีระดับการเกิดโรคลดน้อยลง (2.00) กว่าการประเมินระดับการเกิดโรครั้งแรก แต่พบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) หรือเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลลดระดับการเกิดโรคมากที่สุด (0.20) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาproduct 2 (แบบผง) (0.60), การใช้ร่วมกับ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm (0.80), การใช้ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm (0.40) และไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) (0.60), การใช้ร่วมกับ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm (0.80), การใช้ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm (0.40) และไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จาก product 1 (แบบผง) (0.80), การใช้ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 500 ppm (0.40 และ 0.60) รวมทั้งไม่แตกต่างกับการใช้ไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm (0.80) ส่วนการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 มีผลลดระดับการเกิดโรคน้อยที่สุด (1.80) แต่ไม่แตกต่างกับการไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารละลายซิลิคอน (2.00) (ตารางที่ 4.17)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่า (disease index) ที่เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย Bacillus subtilis จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในระบบ deep flow technique ที่ 5 และ 8 วันหลังจากปลูกเชื้อราสาเหตุโรค

ปัจจัยการทดลอง			ระดับการเกิดโรคเฉลี่ย[1/]	
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	5 วันหลังปลูกเชื้อรา *P. parasitica*	8 วันหลังปลูกเชื้อรา *P. parasitica*
ไม่ใส่เชื้อ	sodium silicate	0	5.00a[2/]	2.00a
		250	3.40cd	1.20b-e
		500	4.20b	1.60a-c
	potassium silicate	0	5.00a	2.00a
		250	3.80bc	1.40a-d
		500	4.40ab	1.80ab
	ไฟตอน	0	5.00a	2.00a
		250	3.00d-f	0.80d-g
		500	3.20c-e	1.00c-f
product 1 (แบบผง)	sodium silicate	0	1.80i-l	0.80d-g
		250	2.00h-k	1.00c-f
		500	2.40f-i	1.40a-d
	potassium silicate	0	1.80i-l	0.80d-g
		250	2.20g-j	1.20b-e
		500	2.80d-g	1.60a-c
	ไฟตอน	0	1.80i-l	0.80d-g
		250	1.20lm	0.40fg
		500	1.40k-m	0.60e-g
product 2 (แบบผง)	sodium silicate	0	1.40k-m	0.60e-g
		250	1.60j-m	0.80d-g
		500	2.00h-k	1.20b-e
	potassium silicate	0	1.40k-m	0.60e-g
		250	1.80i-l	1.00c-f
		500	2.40f-i	1.40a-d
	ไฟตอน	0	1.40k-m	0.60e-g
		250	1.00m	0.20g
		500	1.20lm	0.40fg
T. citrinoviride (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	1.60j-m	0.60e-g
		250	1.80i-l	0.80d-g
		500	2.20g-j	1.20b-e
	potassium silicate	0	1.60j-m	0.60e-g
		250	2.00h-k	1.00c-f
		500	2.60e-h	1.40a-d
	ไฟตอน	0	1.60j-m	0.60e-g
		250	1.20lm	0.20g
		500	1.40k-m	0.40fg

ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง			ระดับการเกิดโรคเฉลี่ย	
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	5 วันหลังปลูกเชื้อรา *P. parasitica*	8 วันหลังปลูกเชื้อรา *P. parasitica*
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์				
ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์			4.11a	1.53a
product 1 (แบบผง)			1.93b	0.96b
product 2 (แบบผง)			1.58c	0.76b
T. citrinoviride (แบบสปอร์แขวนลอย)			1.78bc	0.76b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน				
sodium silicate			2.45b	1.10a
potassium silicate			2.65a	1.23a
ไฟตอน			1.95c	0.67b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น				
0			2.45a	1.00ab
250			2.08b	0.83b
500			2.52a	1.17a
C.V. (%)			21.86	46.84
ชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (A)			***	***
ชนิดสารละลายซิลิคอน (B)			***	***
ระดับความเข้มข้น (C)			***	***
A X B			ns	ns
A X C			***	***
B X C			***	***
A X B X C			ns	ns

[1/] ดัชนีความรุนแรงของโรค ระดับ 0 = รากแขนงและรากแก้วมีสีขาว ต้นพืชปกติ

ระดับ 1 = รากแขนงมีสีน้ำตาลอ่อน รากแก้วมีสีขาว ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวเล็กน้อย

ระดับ 2 = รากแขนงมีสีน้ำตาลปานกลาง รากแก้วมีสีน้ำตาลอ่อน ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวปานกลาง

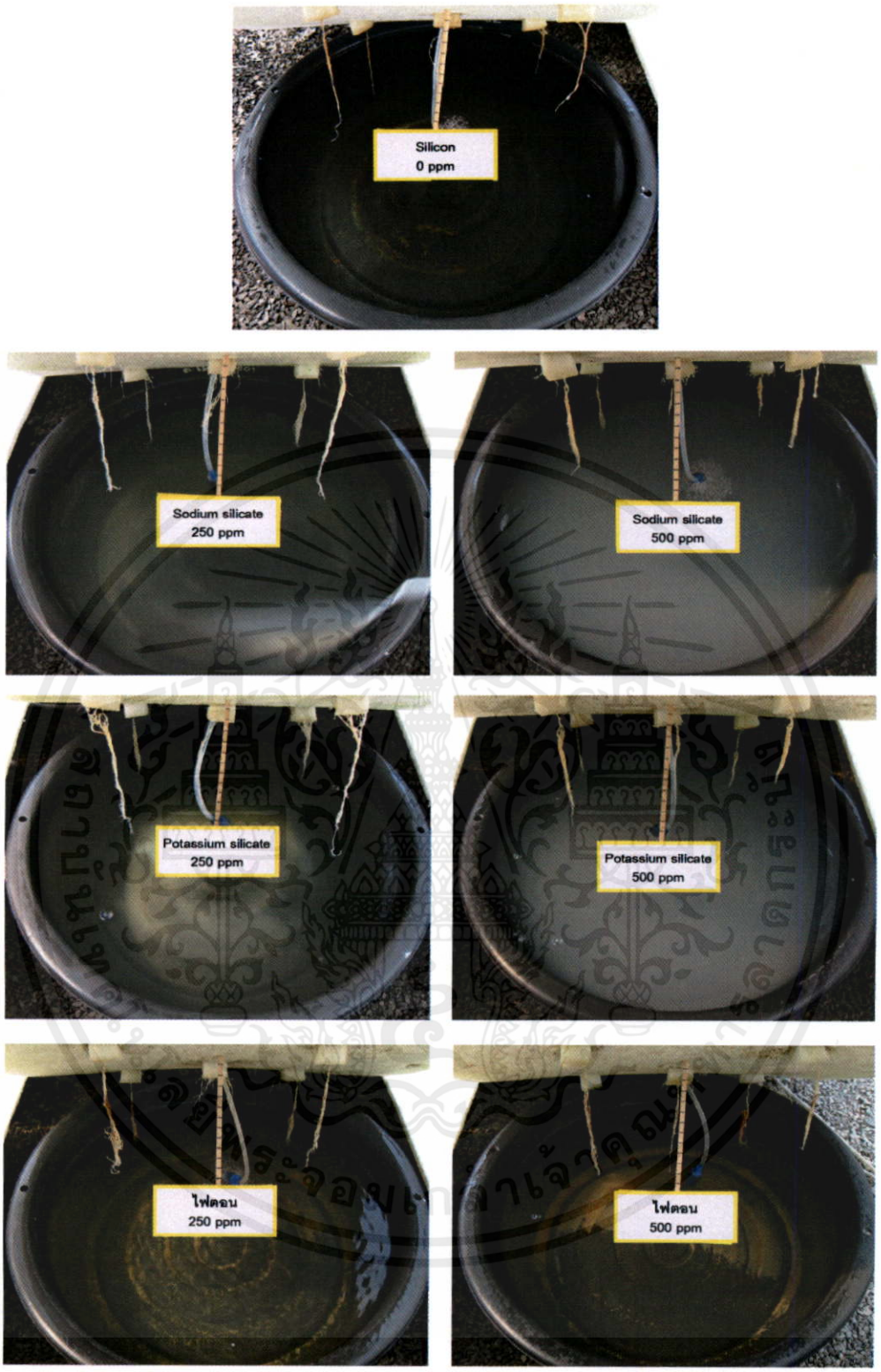
ระดับ 3 = รากแขนงมีสีน้ำตาลมาก รากแก้วมีสีน้ำตาลปานกลาง ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวมาก

ระดับ 4 = รากแขนงมีสีตาลเข้ม รากแก้วมีสีน้ำตาลมาก ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวมากขึ้น

ระดับ 5 = รากแขนงมีสีน้ำตาลคล้ำ รากแก้วมีสีน้ำตาลเข้ม ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวมากยิ่งขึ้น

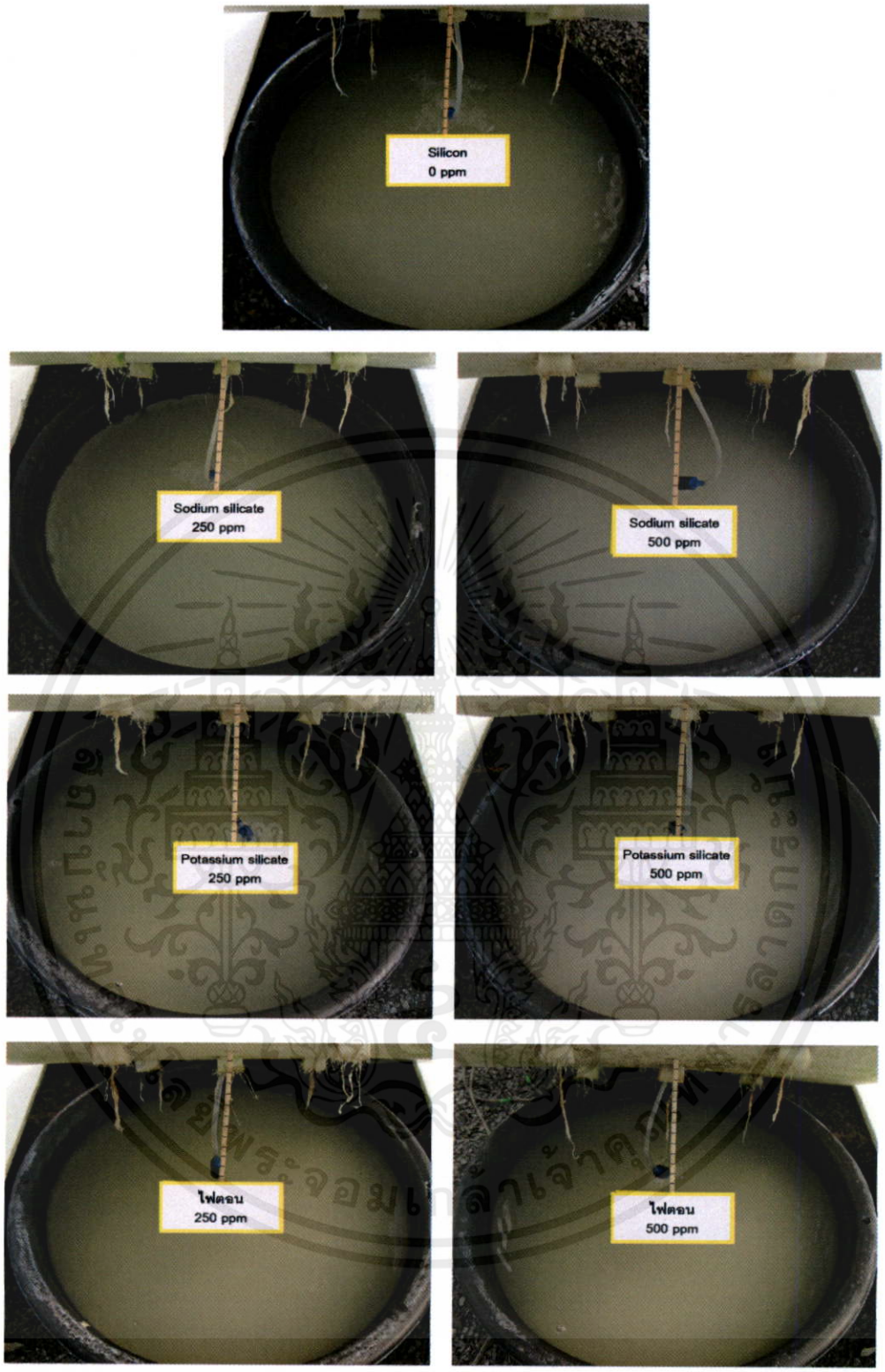
[2/] ค่าเฉลี่ยจาก 10 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



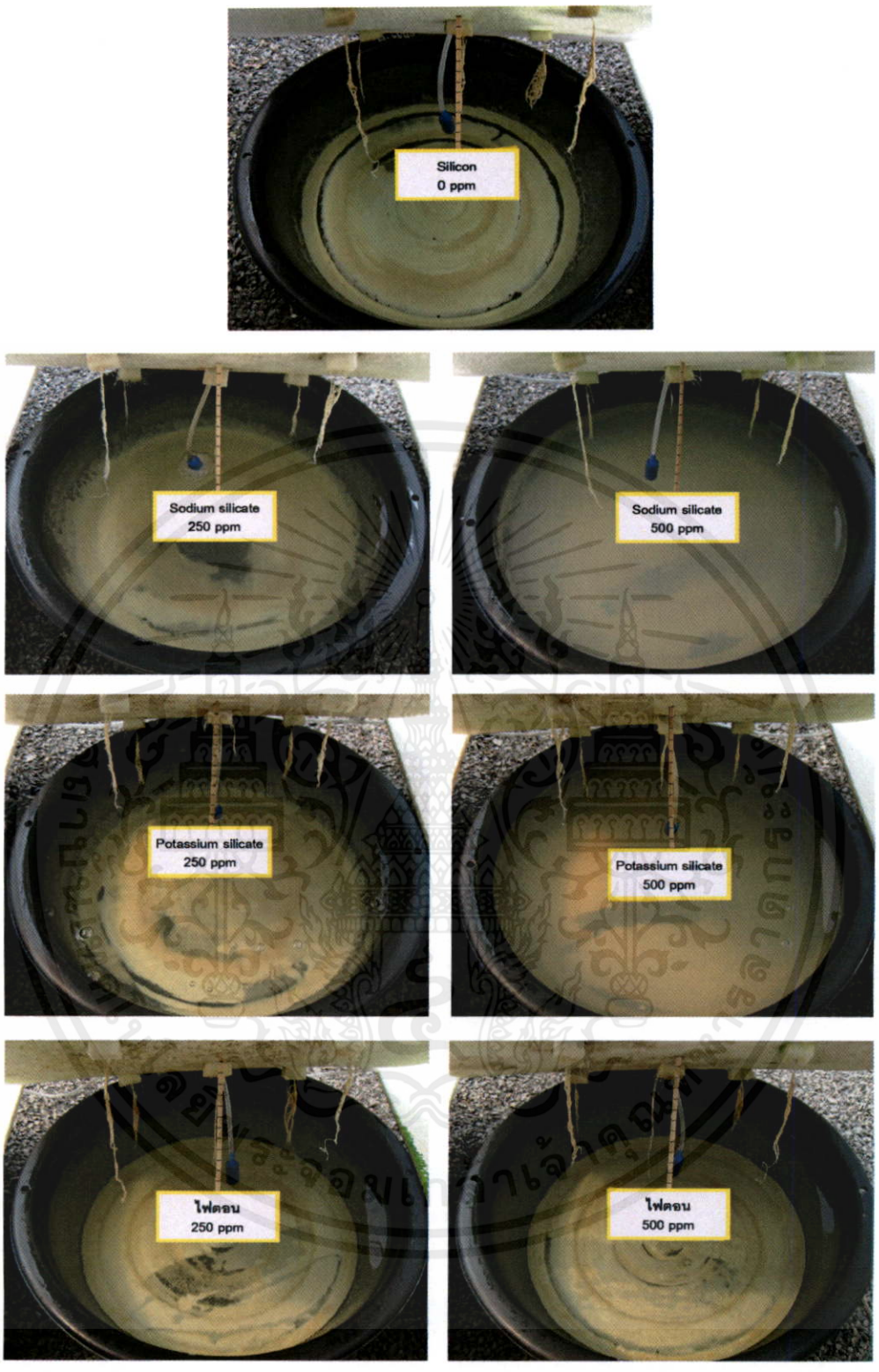
ภาพที่ 4.31 ลักษณะอาการรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในระบบ deep flow technique ที่ 5 วันหลังปลูกเชื้อรา *P. parasitica* ลงในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



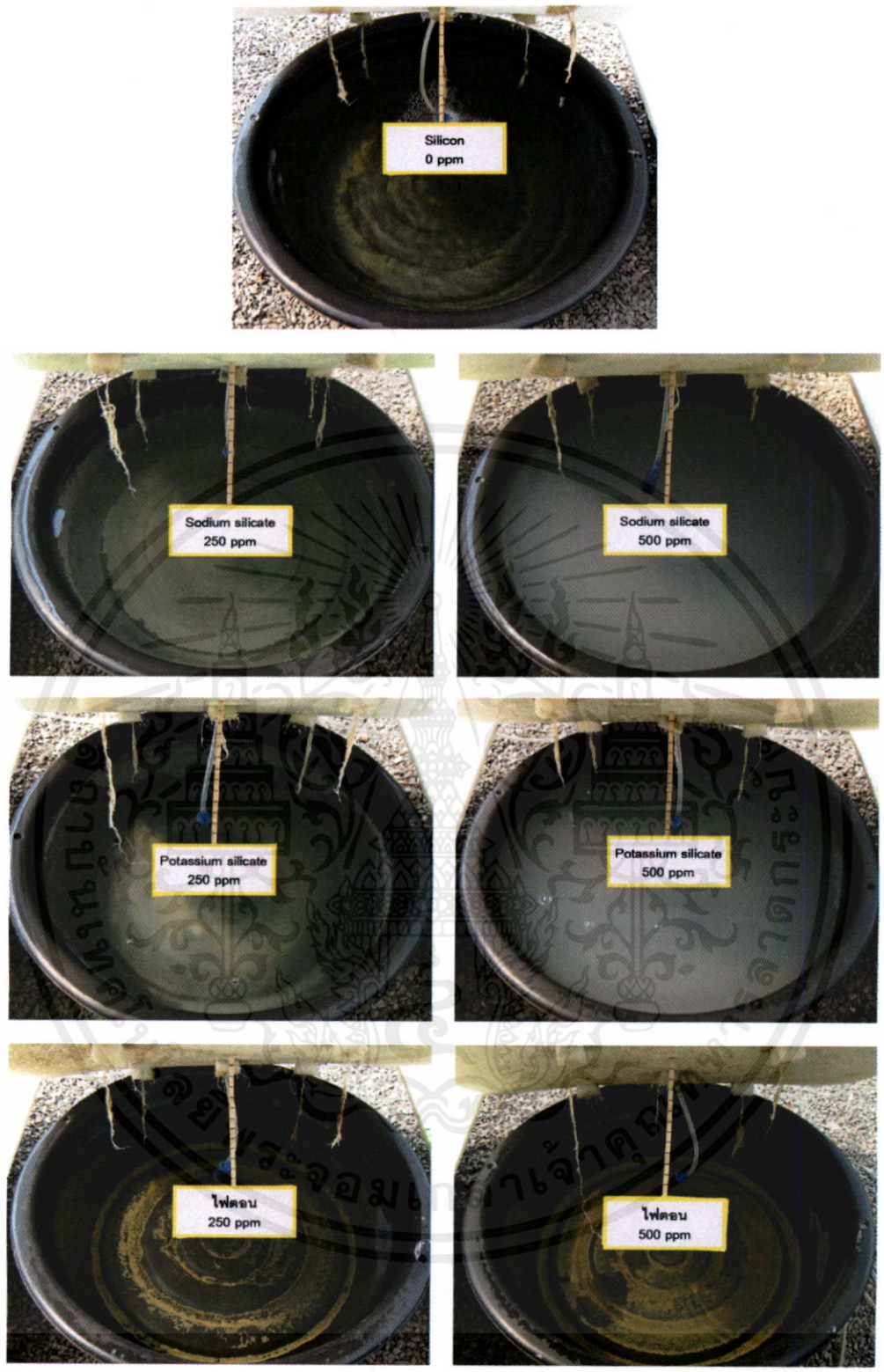
ภาพที่ 4.32 ลักษณะอาการรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 1 (แบบผง) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในระบบ deep flow technique ที่ 5 วันหลังปลูกเชื้อรา *P. parasitica* ลงในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.33 ลักษณะอาการรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 2 (แบบผง) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในระบบ deep flow technique ที่ 5 วันหลังปลูกเชื้อรา *P. parasitica* ลงในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการใช้งาน



ภาพที่ 4.34 ลักษณะอาการรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* (แบบสปอร์แขวนลอย) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในระบบ deep flow technique ที่ 5 วันหลังปลูกเชื้อรา *P. parasitica* ลงในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น...

ปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา Phytophthora parasitica และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique

ปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหาร

หลังจากปลูกเชื้อราสาเหตุโรคลงในระบบ (พืชอายุ 14 วัน) ได้ทำการตรวจสอบปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ และเชื้อราสาเหตุโรคในสารละลายธาตุอาหาร จำนวน 6 ครั้ง คือ ขณะที่พืชอายุ 14, 17, 20, 23, 26 และ 28 วัน มีรายละเอียดผลการทดลอง ดังนี้

สำหรับ *ปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา P. parasitica ในสารละลายธาตุอาหาร* พบว่า ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้น เริ่มมีปฏิสัมพันธ์กันตั้งแต่ที่พืชอายุ 20 วัน กล่าวคือ ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราสาเหตุโรค อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าการใช้เชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราสาเหตุโรคมากกว่าเชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง), เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จาก product 1 (แบบผง) และไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับ potassium silicate มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราสาเหตุโรคมากกว่าการใช้ร่วมกับ sodium silicate และไฟตอนตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราสาเหตุโรคมากกว่าการใช้ร่วมกันที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm และไม่ใส่สารละลายซิลิคอน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค แต่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารละลายซิลิคอน มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราสาเหตุโรคมากที่สุด (5.98×10^6 CFU/ml) ในขณะที่การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราสาเหตุโรคมากที่สุด (1.33×10^5 CFU/ml) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm (1.63×10^5 CFU/ml) ส่วนการใส่ไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. parasitica* น้อยที่สุด (1.22×10^6 CFU/ml) สำหรับ *ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหาร* พบว่า การปลูกเชื้อราสาเหตุโรค ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แต่ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้น มีอิทธิพลต่อปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค มีปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ปฏิปักษ์น้อยกว่าสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มีปริมาณความอยู่รอดมากกว่าเชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จาก product 1 (แบบผง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใส่ potassium silicate และ sodium silicate มีปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์มากกว่าไฟตอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใส่สารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์มากกว่า 500 ppm และไม่ใส่สารละลายซิลิคอน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค พบว่าการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มากที่สุด (8.00×10^4 CFU/ml) แต่ไม่แตกต่างการใส่ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm (6.80×10^4 CFU/ml) ส่วนในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค พบว่าการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มากกว่าสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค (1.35×10^5 CFU/ml) (ตารางที่ 4.18 และ 4.19)

ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) สำหรับ *ปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา P. parasitica ในสารละลายธาตุอาหาร* พบว่า ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นยังคงมีอิทธิพลต่อปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราสาเหตุโรคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราสาเหตุโรคมากกว่าเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย), เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จาก product 1 (แบบผง) และไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับ potassium silicate มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราสาเหตุโรคมากกว่าการใช้ร่วมกับ sodium silicate และไฟตอนตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 500 มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราสาเหตุโรคมากกว่าการใช้ร่วมกันที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm และไม่ใส่สารละลายซิลิคอน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค แต่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารละลายซิลิคอน มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราสาเหตุโรคมากที่สุด (7.45×10^6 CFU/ml) ในขณะที่การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราสาเหตุโรคมากที่สุด (1.08×10^4 CFU/ml) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm (1.41×10^4 CFU/ml) ส่วนการใส่ไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราสาเหตุโรคน้อยที่สุด (7.65×10^5 CFU/ml) สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหาร พบว่า การปลูกเชื้อราสาเหตุโรค ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นยังคงไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แต่การปลูกเชื้อราสาเหตุโรค ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ และระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน มีอิทธิพลต่อปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค มีปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์น้อยกว่าสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มีปริมาณความอยู่รอดมากกว่าเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จาก product 1 (แบบผง) และเชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใส่ potassium silicate และ sodium silicate มีปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์มากกว่าไฟตอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าการใส่สารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์มากกว่า 500 ppm และไม่ใส่สารละลายซิลิคอน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค พบว่าการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มากที่สุด ($9.00x10^3$ CFU/ml) แต่ไม่แตกต่างกับการใส่ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm ($7.00x10^3$ CFU/ml) ส่วนในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค พบว่าการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มากกว่าสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค ($7.50x10^4$ CFU/ml) (ตารางที่ 4.18, 4.19, ภาพที่ 4.35 และ 4.36)

<u>ปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่รากพืช</u>

ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ทำการตรวจสอบปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราสาเหตุโรคและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่รากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ สำหรับ *ปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา P. parasitica ที่รากพืช* พบว่า ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นมีปฏิสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราสาเหตุโรคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าผลเป็นไปในทิศทางเดียวกับปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราสาเหตุโรคในสารละลายธาตุอาหาร ที่พืชอายุ 28 วัน เพียงแต่พบว่าเชื้อราสาเหตุโรคที่รากพืชมีปริมาณความอยู่รอดมากกว่าในสารละลายธาตุอาหาร กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค แต่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารละลายซิลิคอน มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราสาเหตุโรคมากที่สุด ($4.53x10^6$ CFU/g) ในขณะที่การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้ง

(แบบผง) ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราสาเหตุโรคมากที่สุด ($1.03x10^4$ CFU/g) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm ($1.09x10^4$ CFU/g) สำหรับ *ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่รากพืช* พบว่า การปลูกเชื้อราสาเหตุโรค ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แต่การปลูกเชื้อราสาเหตุโรค ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ และระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน มีอิทธิพลต่อปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าผลเป็นไปในทิศทางเดียวกับ ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหาร ที่พืชอายุ 28 วัน เพียงแต่พบว่าจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่รากพืชมีปริมาณความอยู่รอดมากกว่าในสารละลายธาตุอาหาร กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค พบว่าการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มากที่สุด ($3.50x10^4$ CFU/g) แต่ไม่แตกต่างกับการใส่ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm ($3.00x10^4$ CFU/g) ส่วนในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค พบว่าการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มากกว่าสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค ($4.55x10^6$ CFU/g) (ตารางที่ 4.18, 4.19, ภาพที่ 4.37 และ 4.38)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ความอยู่รอดของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (ปริมาณ inoculum) ในสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 14, 17, 20, 23, 26 และ 28 วัน) และที่ราก (วันเก็บเกี่ยวผลผลิต) ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ไม่ใส่และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm)

ปัจจัยการทดลอง			ปริมาณของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (CFU/ml, CFU/g)						
			สารละลายธาตุอาหาร						ราก
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	พืชอายุ 14 วัน	พืชอายุ 17 วัน	พืชอายุ 20 วัน	พืชอายุ 23 วัน	พืชอายุ 26 วัน	พืชอายุ 28 วัน	พืชอายุ 28 วัน (เก็บเกี่ยว)
ไม่ใส่	sodium silicate	0	2,900,000a[y]	2,120,000a	5,980,000a	4,600,000a	7,060,000a	7,450,000a	4,530,000a
		250	2,710,000a-g	1,310,000ef	980,000de	844,000ef	675,000d	575,000d	373,000d
		500	2,640,000a-g	1,180,000g-i	870,000f-h	741,000gh	486,000f	395,000f	271,000f
	potassium silicate	0	2,900,000a	2,120,000a	5,980,000a	4,600,000a	7,060,000a	7,450,000a	4,530,000a
		250	2,700,000a-g	1,250,000fg	895,000fg	780,000fg	587,000e	486,000e	326,000e
		500	2,560,000a-g	1,140,000h-j	710,000k-m	604,000i	481,000f	234,000gh	166,000g
	ไฟตอน	0	2,900,000a	2,120,000a	5,980,000a	4,600,000a	7,060,000a	7,450,000a	4,530,000a
		250	2,800,000a-d	1,590,000c	1,220,000b	1,300,000b	912,000b	765,000b	494,000b
		500	2,760,000a-f	1,450,000d	1,120,000c	1,190,000c	733,000cd	664,000c	467,000c
product 1 (แบบผง)	sodium silicate	0	2,860,000ab	1,820,000b	1,140,000c	982,000d	790,000c	615,000d	373,000d
		250	2,670,000a-g	1,300,000f	890,000fg	750,000gh	185,000hi	85,600ij	55,700hi
		500	2,540,000b-g	1,130,000h-j	710,000k-m	644,000i	129,000i-k	69,400i-k	47,600h-k
	potassium silicate	0	2,860,000ab	1,820,000b	1,140,000c	982,000d	790,000c	615,000d	373,000d
		250	2,600,000a-g	1,210,000f-h	790,000h-k	696,000g-i	135,000h-j	71,000i-k	50,300h-j
		500	2,510,000c-g	1,070,000jk	645,000mn	510,000j	125,000jk	43,900j-m	31,100i-l

ต่อ

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง			ปริมาณของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (CFU/ml, CFU/g)						
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	สารละลายธาตุอาหาร						รากพืชอายุ 28 วัน (เก็บเกี่ยว)
			พืชอายุ 14 วัน	พืชอายุ 17 วัน	พืชอายุ 20 วัน	พืชอายุ 23 วัน	พืชอายุ 26 วัน	พืชอายุ 28 วัน	
product 1 (แบบผง)	ไฟตอน	0	2,860,000ab	1,820,000b	1,140,000c	982,000d	790,000c	615,000d	373,000d
		250	2,780,000a-e	1,460,000d	1,110,000c	940,000de	262,000g	95,900i	61,900h
		500	2,720,000a-f	1,410,000de	1,010,000d	850,000ef	187,000h	87,900ij	57,000hi
product 2 (แบบผง)	sodium silicate	0	2,650,000a-g	1,310,000ef	860,000f-h	670,000hi	690,000d	192,000h	149,000g
		250	2,450,000e-g	910,000lm	590,000n	137,000m	68,000k-m	30,900k-m	27,700i-l
		500	2,370,000g	700,000p	300,000p	118,000m	40,000lm	23,800k-m	20,000j-l
	potassium silicate	0	2,650,000a-g	1,310,000ef	860,000f-h	670,000hi	690,000d	192,000h	149,000g
		250	2,420,000fg	850,000mn	377,000o	124,000m	41,500lm	27,800k-m	18,700kl
		500	2,840,000a-c	680,000p	133,000q	102,000m	17,200m	10,800m	10,300l
	ไฟตอน	0	2,650,000a-g	1,310,000ef	860,000f-h	670,000hi	690,000d	192,000h	149,000g
		250	2,520,000b-g	1,080,000i-k	750,000i-l	277,000l	87,000j-l	54,400i-m	34,500h-l
		500	2,480,000d-g	1,000,000kl	730,000j-l	235,000l	79,000j-m	40,500j-m	32,300h-l
T. citrinoviride (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	2,740,000a-f	1,450,000d	920,000ef	860,000ef	730,000cd	268,000g	162,000g
		250	2,520,000b-g	990,000kl	690,000lm	140,000m	76,000j-m	48,700i-m	31,500h-l
		500	2,490,000d-g	810,000no	354,000op	120,000m	46,000lm	30,100k-m	18,700kl

ต่อ

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง			ปริมาณของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (CFU/ml, CFU/g)						
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	สารละลายธาตุอาหาร						รากพืชอายุ 28 วัน (เก็บเกี่ยว)
			พืชอายุ 14 วัน	พืชอายุ 17 วัน	พืชอายุ 20 วัน	พืชอายุ 23 วัน	พืชอายุ 26 วัน	พืชอายุ 28 วัน	
T. citrinoviride (แบบสปอร์แขวนลอย)	potassium silicate	0	2,740,000a-f	1,450,000d	920,000ef	860,000ef	730,000cd	268,000g	162,000g
		250	2,510,000c-g	950,000l	420,000o	130,000m	49,000lm	34,100k-m	22,800j-l
		500	2,455,000d-g	750,000op	163,000q	117,000m	20,000m	14,100lm	10,900l
	ไฟตอน	0	2,740,000a-f	1,450,000d	920,000ef	860,000ef	730,000cd	268,000g	162,000g
		250	2,620,000a-g	1,260,000fg	820,000g-i	370,000k	96,000j-l	61,400i-l	39,600h-l
		500	2,600,000a-g	1,070,000jk	800,000h-j	248,000l	88,000j-l	55,600i-m	36,100h-l
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์									
ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์			2,763,333a	1,586,667a	2,637,222a	2,139,889a	2,783,778a	2,829,889a	1,743,000a
product 1 (แบบผง)			2,711,111a	1,448,889b	952,778b	815,111b	377,000b	255,411b	158,067b
product 2 (แบบผง)			2,558,889b	1,016,667d	606,667d	333,667d	266,967d	84,911d	65,611c
T. citrinoviride (แบบสปอร์แขวนลอย)			2,601,667b	1,131,111c	667,444c	411,667c	285,000c	116,444c	71,733c
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน									
sodium silicate			2,628,333a	1,252,500b	1,190,333b	883,833b	914,583b	815,292b	504,933b
potassium silicate			2,645,417a	1,216,667c	1,086,083c	847,917c	893,808c	787,225c	487,508c
ไฟตอน			2,702,500a	1,418,333a	1,371,667a	1,043,500a	976,167a	862,475a	536,367a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น									
0			2,787,500a	1,675,000a	2,225,000a	1,778,000a	2,317,500a	2,131,250a	1,303,500a
250			2,608,333b	1,180,000b	794,333b	540,667b	264,458b	194,650b	127,975b
500			2,580,417b	1,032,500c	628,750c	456,583c	202,600c	139,092c	97,333c

ต่อ

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง			ปริมาณของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (CFU/ml, CFU/g)						
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	สารละลายธาตุอาหาร						รากพืชอายุ 28 วัน (เก็บเกี่ยว)
			พืชอายุ 14 วัน	พืชอายุ 17 วัน	พืชอายุ 20 วัน	พืชอายุ 23 วัน	พืชอายุ 26 วัน	พืชอายุ 28 วัน	
C.V. (%)			5.31	3.61	2.95	4.59	2.84	255	2.52
ชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (A)			***	***	***	***	***	***	***
ชนิดสารละลายซิลิคอน (B)			ns	***	***	***	***	***	***
ระดับความเข้มข้น (C)			***	***	***	***	***	***	***
A x B			ns	ns	**	***	***	***	***
A X C			ns	***	***	***	***	***	***
B X C			ns	***	***	***	***	***	***
A X B X C			ns	ns	**	***	***	***	***

[1/] ค่าเฉลี่ยจาก 2 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

ตารางที่ 4.19 ความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (ปริมาณ inoculum) 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 14, 17, 20, 23, 26 และ 28 วัน) และที่ราก (วันเก็บเกี่ยวผลผลิต) ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ไม่ปลูกเชื้อและปลูกเชื้อราสาเหตุโรค

ปัจจัยการทดลอง				ปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (CFU/ml, CFU/g)						
				สารละลายธาตุอาหาร						ราก
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	พืชอายุ 14 วัน	พืชอายุ 17 วัน	พืชอายุ 20 วัน	พืชอายุ 23 วัน	พืชอายุ 26 วัน	พืชอายุ 28 วัน	พืชอายุ 28 วัน (เก็บเกี่ยว)
ไม่ปลูกเชื้อรา	product 1	sodium	0	7,600i[y]	3,000h	900h	910hi	620f	700d	1,600gh
P. parasitica	(แบบผง)	silicate	250	9,860i	7,800h	4,200h	6,900hi	4,600f	3,700d	88,400de
			500	9,000i	6,200h	3,000h	5,000hi	3,750f	2,600d	48,000d-h
		potassium	0	7,600i	3,000h	900h	910hi	620f	700d	1,600gh
		silicate	250	9,870i	8,200h	5,830h	7,000hi	5,300f	4,300d	92,000d
			500	9,800i	7,200h	3,600h	5,200hi	4,500f	2,900d	55,000d-h
		ไฟตอน	0	7,600i	3,000h	900h	910hi	620f	700d	1,600gh
			250	8,000i	5,200h	2,830h	4,000hi	3,300f	2,300d	42,000d-h
			500	7,700i	4,800h	2,200h	3,100hi	2,900f	2,000d	34,000d-h
	product 2	sodium	0	8,400i	6,600h	3,240h	1,640hi	450f	150d	1,440gh
	(แบบผง)	silicate	250	14,400i	9,400h	4,100h	4,800hi	2,800f	2,550d	76,800d-g
			500	12,400i	7,800h	3,700h	3,600hi	1,700f	1,200d	59,400d-h
		potassium	0	8,400i	6,600h	3,240h	1,640hi	450f	150d	1,440gh
		silicate	250	15,400i	9,800h	5,300h	6,000hi	2,500f	2,970d	79,000d-f
			500	13,300i	8,400h	4,400h	4,500hi	2,000f	1,800d	61,200d-h

ต่อ

ตารางที่ 4.19 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง				ปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (CFU/ml, CFU/g)						
				สารละลายธาตุอาหาร						
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	พืชอายุ 14 วัน	พืชอายุ 17 วัน	พืชอายุ 20 วัน	พืชอายุ 23 วัน	พืชอายุ 26 วัน	พืชอายุ 28 วัน	รากพืชอายุ 28 วัน (เก็บเกี่ยว)
ไม่ปลูกเชื้อรา *P. parasitica*	product 2 (แบบผง)	ไฟตอน	0	8,400i	6,600h	3,240h	1,640hi	450f	150d	1,440gh
			250	11,600i	7,000h	3,700h	3,400hi	1,700f	1,100d	31,200d-h
			500	10,600i	6,700h	3,700h	2,600hi	1,600f	1,050d	31,000d-h
	T. citrinoviride (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	70,000hi	35,000gh	14,500gh	9,000hi	6,000f	3,500d	20,000d-h
			250	500,000b	300,000b	95,000b	70,000b	84,000a	68,000a	360,000b
			500	300,000d	145,000d	75,000b-d	60,000bc	45,000bc	43,500b	340,000b
		potassium silicate	0	70,000hi	35,000gh	14,500gh	9,000hi	6,000f	3,500d	20,000d-h
			250	655,000a	400,000a	135,000a	95,000a	85,000a	75,000a	455,000a
			500	400,000c	200,000c	85,000bc	65,000b	55,000b	45,000b	345,000b
		ไฟตอน	0	70,000hi	35,000gh	14,500gh	9,000hi	6,000f	3,500d	20,000d-h
			250	250,000de	110,000de	60,000c-e	55,000b-d	40,000b-d	35,000bc	295,000b
			500	200,000ef	100,000e	55,000d-f	45,000c-e	38,000b-e	25,000c	210,000c
ปลูกเชื้อรา *P. parasitica*	product 1 (แบบผง)	sodium silicate	0	6,400i	2,000h	830h	900hi	150f	70d	400h
			250	8,700i	6,900h	2,000h	1,140hi	400f	350d	7,000f-h
			500	8,000i	5,900h	1,300h	1,060hi	290f	250d	5,500f-h

ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ 4.19 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง				ปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (CFU/ml, CFU/g)						
				สารละลายธาตุอาหาร						
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	พืชอายุ 14 วัน	พืชอายุ 17 วัน	พืชอายุ 20 วัน	พืชอายุ 23 วัน	พืชอายุ 26 วัน	พืชอายุ 28 วัน	รากพืชอายุ 28 วัน (เก็บเกี่ยว)
ปลูกเชื้อรา *P. parasitica*	product 1 (แบบผง)	potassium silicate	0	6,400i	2,000h	830h	900hi	150f	70d	400h
			250	8,600i	7,200h	3,700h	1,700hi	800f	400d	8,000f-h
			500	8,200i	5,900h	1,100h	1,600hi	500f	300d	6,000f-h
		ไฟตอน	0	6,400i	2,000h	830h	900hi	150f	70d	400h
			250	7,400i	5,000h	1,280h	990hi	250f	200d	5,000f-h
			500	7,100i	4,000h	1,150h	850hi	200f	110d	4,000gh
	product 2 (แบบผง)	sodium silicate	0	3,600i	1,450h	700h	200i	11f	15d	360h
			250	6,400i	3,000h	3,800h	1,200hi	780f	310d	3,100gh
			500	5,300i	3,000h	2,000h	800hi	630f	290d	2,100gh
		potassium silicate	0	3,600i	1,450h	700h	200i	11f	15d	360h
			250	7,400i	4,200h	3,100h	1,700hi	870f	450d	4,100gh
			500	6,000i	3,400h	3,000h	1,300hi	750f	390d	2,600gh
		ไฟตอน	0	3,600i	1,450h	700h	200i	11f	15d	360h
			250	4,500i	2,400h	1,500h	700i	550f	240d	1,600gh
			500	4,000i	1,900h	1,400h	700i	420f	210d	1,500gh

ต่อ

ตารางที่ 4.19 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง				ปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (CFU/ml, CFU/g)						
				สารละลายธาตุอาหาร						
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	พืชอายุ 14 วัน	พืชอายุ 17 วัน	พืชอายุ 20 วัน	พืชอายุ 23 วัน	พืชอายุ 26 วัน	พืชอายุ 28 วัน	รากพืชอายุ 28 วัน (เก็บเกี่ยว)
ปลูกเชื้อรา *P. parasitica*	*T. citrinoviride* (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	8,000i	3,500h	4,000h	2,500hi	1,400f	500d	3,500gh
			250	170,000fg	85,000ef	68,000b-d	31,000ef	18,000d-f	7,000d	30,000d-h
			500	140,000f-h	75,000e-g	30,000f-h	21,500f-h	15,000ef	4,500d	25,500d-h
		potassium silicate	0	8,000i	3,500h	4,000h	2,500hi	1,400f	500d	3,500gh
			250	175,000fg	95,000ef	80,000b-d	40,000de	25,000c-f	9,000d	35,000d-h
			500	150,000fg	80,000e-g	40,000e-g	29,000e-g	17,500d-f	5,500d	28,500d-h
		ไฟตอน	0	8,000i	3,500h	4,000h	2,500hi	1,400f	500d	3,500gh
			250	120,000gh	50,000f-h	25,000gh	17,000f-i	9,500f	3,500d	17,000e-h
			500	105,000gh	25,000h	15,000gh	12,000g-i	5,000f	2,500d	11,500f-h

ต่อ

ผลงานนี้เป็นผลงานที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ 4.19 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง				ปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (CFU/ml, CFU/g)						
				สารละลายธาตุอาหาร						
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	พืชอายุ 14 วัน	พืชอายุ 17 วัน	พืชอายุ 20 วัน	พืชอายุ 23 วัน	พืชอายุ 26 วัน	พืชอายุ 28 วัน	รากพืชอายุ 28 วัน (เก็บเกี่ยว)
ค่าเฉลี่ยในการไม่ปลูกและปลูกเชื้อราสาเหตุโรค										
ไม่ปลูกเชื้อรา *P. parasitica*				99,812a	54,715a	22,499a	17,806a	14,995a	12,334a	102,671a
ปลูกเชื้อรา *P. parasitica*				36,874b	17,913b	11,108b	6,483b	3,745b	1,380b	7,807b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์										
product 1 (แบบผง)				8,013b	4,961b	2,077b	2,443b	1,617b	1,207b	22,272b
product 2 (แบบผง)				8,183b	5,064b	2,862b	2,046b	9,82b	725b	19,944b
T. citrinoviride (แบบสปอร์แขวนลอย)				188,833a	98,917a	45,472a	31,944a	25,511a	18,639a	123,500a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน										
sodium silicate				71,559b	39,253a	17,571a	12,342ab	10,310ab	7,733a	59,617a
potassium silicate				86,809a	48,936a	21,900a	15,175a	11,575a	8,497a	66,594a
ไฟตอน				46,661c	20,753b	10,941b	8,916b	6,225b	4,341b	39,506b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น										
0				17,333c	8,592c	4,028c	2,525c	1,439c	823c	4,550c
250				110,118a	62,006a	28,019a	19,307a	15,853a	72,021a	90,567a
500				77,578b	38,344b	18,364b	14,601b	10,819b	7,728b	70,600b

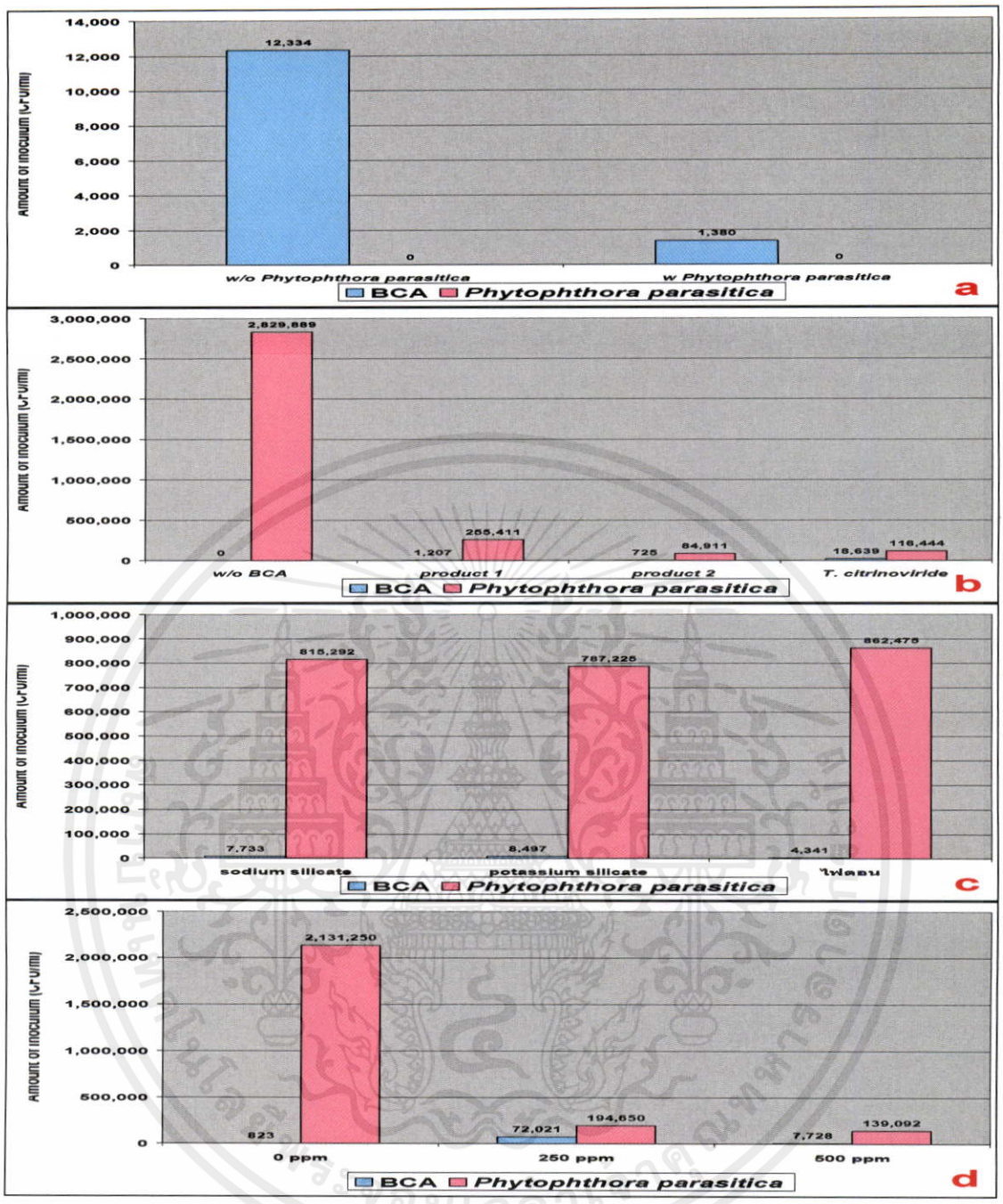
ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ตารางที่ 4.19 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง				ปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (CFU/ml, CFU/g)						
				สารละลายธาตุอาหาร						
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	พืชอายุ 14 วัน	พืชอายุ 17 วัน	พืชอายุ 20 วัน	พืชอายุ 23 วัน	พืชอายุ 26 วัน	พืชอายุ 28 วัน	รากพืชอายุ 28 วัน (เก็บเกี่ยว)
	C.V. (%)			46.26	56.61	73.72	68.26	111.62	101.86	54.80
	การปลูกเชื้อราสาเหตุโรค (A)			***	***	***	***	***	***	***
	ชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (B)			***	***	***	***	***	***	***
	ชนิดสารละลายซิลิคอน (C)			***	***	**	**	ns	*	**
	ระดับความเข้มข้น (D)			***	***	***	***	***	***	***
	A x B			***	***	***	***	***	***	***
	A X C			**	**	ns	ns	ns	ns	**
	A X D			***	***	ns	**	**	***	***
	B X C			***	***	***	*	ns	*	ns
	B X D			***	***	***	***	***	***	***
	C X D			**	***	*	ns	ns	ns	ns
	A X B X C			***	***	ns	ns	ns	ns	ns
	A X B X D			***	***	ns	**	**	***	***
	A X C X D			*	*	ns	ns	ns	ns	ns
	B X C X D			***	***	*	ns	ns	ns	ns
	A X B X C X D			*	**	ns	ns	ns	ns	ns

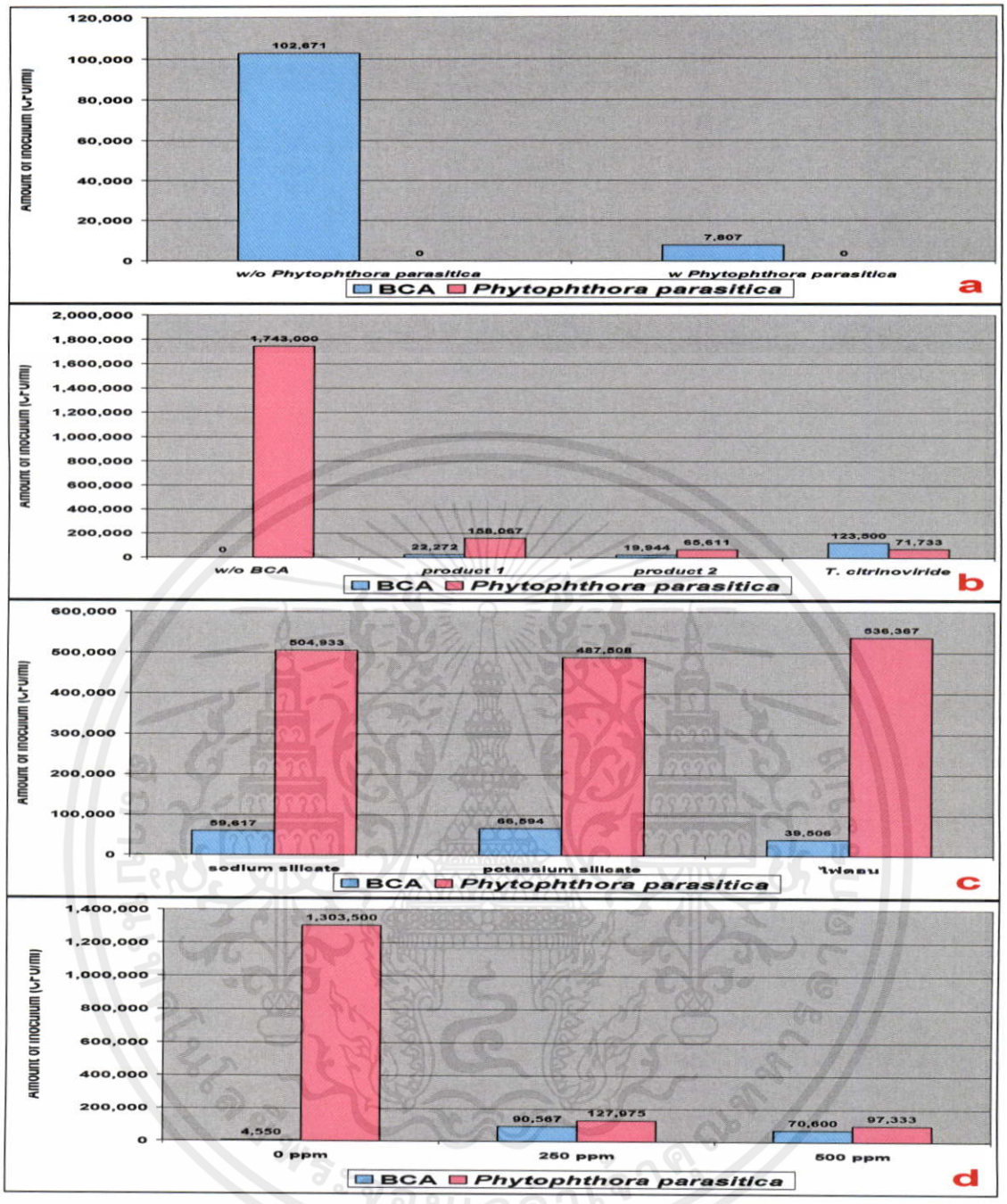
[1/] ค่าเฉลี่ยจาก 2 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.



ภาพที่ 4.35 ปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (ปริมาณ inoculum) ในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ที่ใช้ปลูกผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 28 วัน: a. ค่าเฉลี่ยการปลูกไม่ปลูกและปลูกเชื้อราสาเหตุโรค, b. ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์, c. ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดของสารละลายซิลิคอน, d. ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น...

ภาพที่ 4.36 เปรียบเทียบปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (ปริมาณ inoculum) ในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ที่ใช้ปลูกผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 28 วัน ที่ dilution 10^{-3} CFU/ml



ภาพที่ 4.37 ปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (ปริมาณ inoculum) ที่รากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm): a. ค่าเฉลี่ยการไม่ปลูกและปลูกเชื้อราสาเหตุโรค, b. ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์, c. ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดของสารละลายซิลิคอน, d. ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสาร... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น...

ภาพที่ 4.38 เปรียบเทียบปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (ปริมาณ inoculum) ที่รากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ที่ dilution 10^{-3} CFU/ml

การคงศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique

จากการนำจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหาร ขณะที่พืชอายุ 14, 23 และ 28 วัน และที่รากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) มาทดสอบศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยทำการทดลองย่อยตามชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่นำมาทดสอบ ดังนี้

<u>การคงศักยภาพของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique</u>

เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 1 (แบบผง) ยังคงมีขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ ตลอดการทดลอง สำหรับ *ศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย B. subtilis (product 1) ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหาร* พบว่าชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีปฏิสัมพันธ์กันที่พืชอายุ 23 วัน กล่าวคือ ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าการใส่ potassium silicate และ sodium silicate มีผลเพิ่มขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากกว่าไฟตอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใส่สารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลเพิ่มขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากกว่า 250 ppm และไม่ใส่สารละลายซิลิคอน ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การใส่ potassium silicate และ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลเพิ่มขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) (8.50 และ 8.13 มม.) และศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากที่สุด (62.50 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm (7.25 มม. และ 58.89 เปอร์เซ็นต์) ส่วนการใส่ไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm และไม่ใส่สารละลายซิลิคอน มีขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* น้อยที่สุด (6.50 มม. และ 57.78 เปอร์เซ็นต์) จนกระทั่งในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) พบว่า ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นไม่มีอิทธิพลต่อศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การใส่ potassium silicate มีผลเพิ่มขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากกว่า sodium silicate และไฟตอน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใส่สารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ppm มีผลเพิ่มขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากกว่า 250 ppm และไม่ใส่สารละลายซิลิคอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การใส่ potassium silicate และ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลเพิ่มขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) (6.50 และ 6.38 มม.) และศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากที่สุด (57.78 เปอร์เซ็นต์) ส่วนการใส่ไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm และไม่ใส่สารละลายซิลิคอน มีขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* น้อยที่สุด (5.75 มม. และ 56.67 เปอร์เซ็นต์)

สำหรับ *ศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย B. subtilis (product 1) ที่แยกจากรากพืช* ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) พบว่ามีขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากกว่าที่แยกจากสารละลายธาตุอาหารเล็กน้อย โดยพบว่าชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นไม่มีอิทธิพลต่อศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การใส่สารละลายซิลิคอนทุกชนิดที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 250 ppm มีผลเพิ่มขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* เล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างกับไม่ใส่สารละลายซิลิคอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลเพิ่มขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากที่สุด (10.25 มม. และ 68.06 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่แตกต่างกับไม่ใส่สารละลายซิลิคอนที่มีขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* (product 1) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* น้อยที่สุด (9.50 มม. และ 65.56 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 4.20, ภาพที่ 4.39 และ 4.40)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.20 ศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง) ที่แยกจากในสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 14, 23 และ 28 วัน) และที่รากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 9 วัน

ปัจจัยการทดลอง			สารละลายธาตุอาหาร						รากพืชอายุ 28 วัน (เก็บเกี่ยว)	
			พืชอายุ 14 วัน		พืชอายุ 23 วัน		พืชอายุ 28 วัน			
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	inhibition zone (mm)	growth inhibition[y] (%)	inhibition zone (mm)	growth inhibition (%)	inhibition zone (mm)	growth inhibition (%)	inhibition zone (mm)	growth inhibition (%)
B. subtilis (product 1)	sodium silicate	0	8.63a	63.33a	6.50d	57.78c	5.75b	56.67b	9.50a	65.56a
		250	9.38a	64.44a	7.00bc	58.33bc	6.00ab	57.23ab	9.88a	66.12a
		500	9.50a	64.73a	8.13a	62.50a	6.38a	57.78a	10.13a	68.33a
	potassium silicate	0	8.63a	63.33a	6.50d	57.78c	5.75b	56.67b	9.50a	65.56a
		250	9.38a	64.45a	7.25b	58.89b	6.25ab	57.50a	9.88a	66.94a
		500	9.50a	65.56a	8.50a	62.50a	6.50a	57.78a	10.25a	68.06a
	ไฟตอน	0	8.63a	63.33a	6.50d	57.78c	5.75b	56.67b	9.50a	65.56a
		250	9.25a	64.17a	6.50d	57.78c	5.75b	56.67b	9.75a	65.56a
		500	9.38a	64.17a	6.63cd	57.78c	6.00ab	57.22ab	9.88a	65.84a

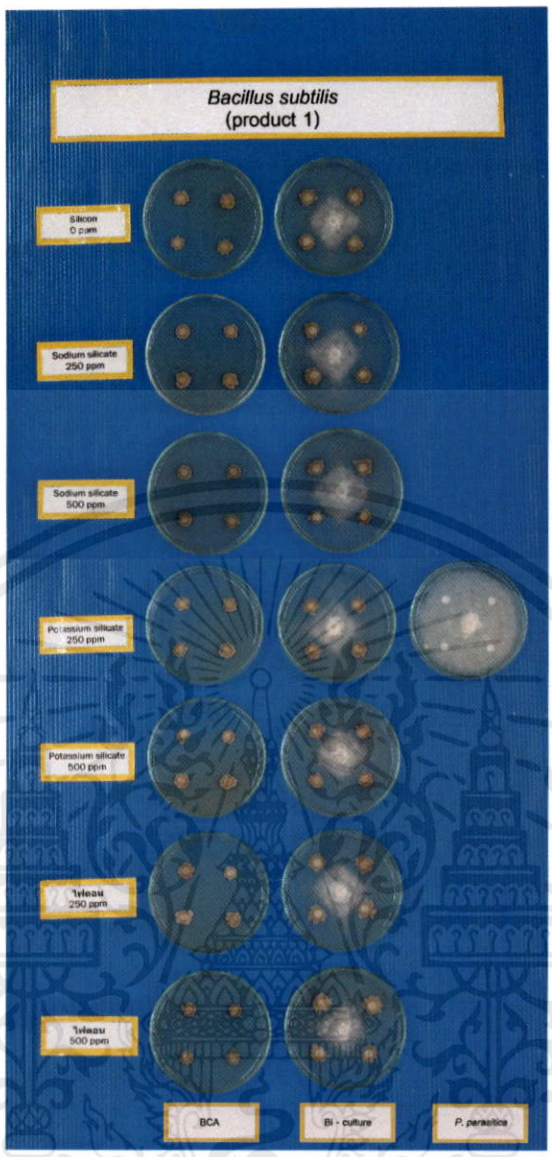
ต่อ

ตารางที่ 4.20 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง			สารละลายธาตุอาหาร						ราก พืชอายุ 28 วัน (เก็บเกี่ยว)	
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	พืชอายุ 14 วัน		พืชอายุ 23 วัน		พืชอายุ 28 วัน			
			inhibition zone (mm)	growth inhibition (%)	inhibition zone (mm)	growth inhibition (%)	inhibition zone (mm)	growth inhibition (%)	inhibition zone (mm)	growth inhibition (%)
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน										
	sodium silicate		9.17a	64.17a	7.21a	59.54a	6.04ab	57.23ab	9.83a	66.58a
	potassium silicate		9.17a	64.44a	7.42a	59.72a	6.17a	57.32a	9.88a	66.94a
	ไฟตอน		9.08a	63.89a	6.54b	57.78b	5.83b	56.85b	9.71a	65.65a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น										
		0	8.63a	63.33a	6.50c	57.78c	5.75b	56.67c	9.50a	65.56a
		250	9.33a	64.35a	6.92b	58.33b	6.00b	57.13b	9.83a	66.20a
		500	9.46a	64.82a	7.75a	60.93a	6.29a	57.59a	10.08a	67.41a
C.V. (%)			14.40	3.53	2.64	0.54	3.53	0.51	14.02	5.52
ชนิดสารละลายซิลิคอน (A)			ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns
ระดับความเข้มข้น (B)			ns	ns	***	***	**	*	ns	ns
A x B			ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns

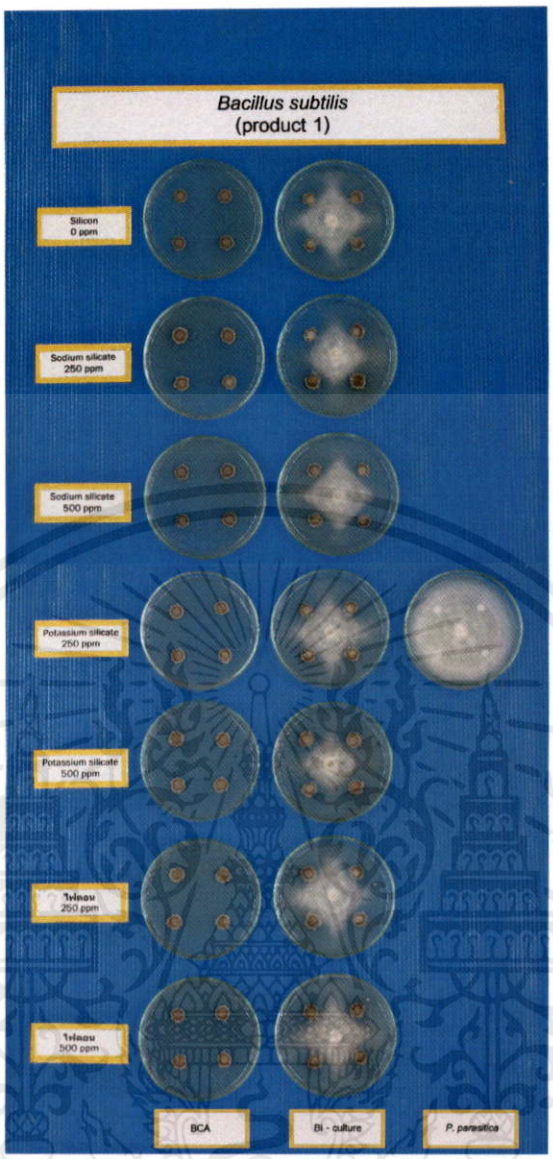
[1/] เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition, GI) GI = [(R1 – R2) / R1] x 100; R1 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของ *Phytophthora parasitica* ใน control, R2 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของ *Phytophthora parasitica* ใน bi – culture antagonistic plates

[2/] ค่าเฉลี่ยจาก 2 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.



ภาพที่ 4.39 ศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* (product 1) ที่แยกจากในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ขณะที่พืชอายุ 28 วัน ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate) ที่อายุ 9 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.40 ศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* (product 1) ที่แยกจากรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate) ที่อายุ 9 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคงศักยภาพของเชื้อราปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique

เชื้อราปฏิปักษ์ 2 ชนิด คือ *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหารและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ยังคงมีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ ตลอดการทดลอง ทั้งนี้ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นไม่มีอิทธิพลต่อศักยภาพของเชื้อราปฏิปักษ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าเชื้อรา *T. harzianum* (product 2) มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากกว่าเชื้อรา *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใส่ potassium silicate และ sodium silicate มีผลเพิ่มศักยภาพของเชื้อรา *Trichoderma* ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากกว่า แต่ไม่แตกต่างกับไฟตอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใส่สารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm และ 250 ppm มีผลเพิ่มศักยภาพของเชื้อรา *T. harzianum* ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากกว่า แต่ไม่แตกต่างกับไม่ใส่สารละลายซิลิคอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับ *ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหาร* ขณะที่พืชอายุ 28 วัน พบว่าการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลเพิ่มศักยภาพของเชื้อรา *T. harzianum* (product 2) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากที่สุด (68.89 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่แตกต่างกับศักยภาพของเชื้อรา *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* น้อยที่สุด (65.00 เปอร์เซ็นต์) สำหรับ *ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่แยกจากรากพืช* ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) พบว่ามีศักยภาพมากกว่าที่แยกจากสารละลายธาตุอาหารเล็กน้อย กล่าวคือ การใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลเพิ่มศักยภาพของเชื้อรา *T. harzianum* (product 2) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากที่สุด (73.89 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่แตกต่างกับศักยภาพของเชื้อรา *T. citrinoviride* (ดินเกษตรกรรม) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* น้อยที่สุด (68.34 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 4.21, ภาพที่ 4.41 และ 4.42)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 ศักยภาพของเชื้อราปฏิปักษ์ 2 ชนิด [*Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และ *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม(แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 14, 23 และ 28 วัน) และที่รากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 14 วัน

ปัจจัยการทดลอง			เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition, %)[1]			
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	สารละลายธาตุอาหาร			รากพืชอายุ 28 วัน (เก็บเกี่ยว)
			พืชอายุ 14 วัน	พืชอายุ 23 วัน	พืชอายุ 28 วัน	
T. harzianum (product 2)	sodium silicate	0	70.00a[1]	68.34a	66.67a	71.11a
		250	70.56a	69.45a	67.78a	72.22a
		500	71.11a	69.45a	68.34a	73.33a
	potassium silicate	0	70.00a	68.34a	66.67a	71.11a
		250	70.56a	69.45a	68.34a	72.22a
		500	71.11a	70.00a	68.89a	73.89a
	ไฟตอน	0	70.00a	68.34a	66.67a	71.11a
		250	70.56a	69.45a	67.78a	71.11a
		500	70.56a	69.44a	68.34a	71.67a
T. citrinoviride (ดินเกษตรกรรม)	sodium silicate	0	67.78a	67.23a	65.00a	68.34a
		250	68.34a	67.78a	65.56a	68.89a
		500	68.89a	68.34a	66.67a	69.45a
	potassium silicate	0	67.78a	67.23a	65.00a	68.34a
		250	68.34a	67.78a	66.11a	68.89a
		500	69.45a	68.34a	66.67a	69.44a
	ไฟตอน	0	67.78a	67.23a	65.00a	68.34a
		250	68.34a	67.23a	65.00a	68.34a
		500	68.34a	67.50a	65.56a	69.44a

ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

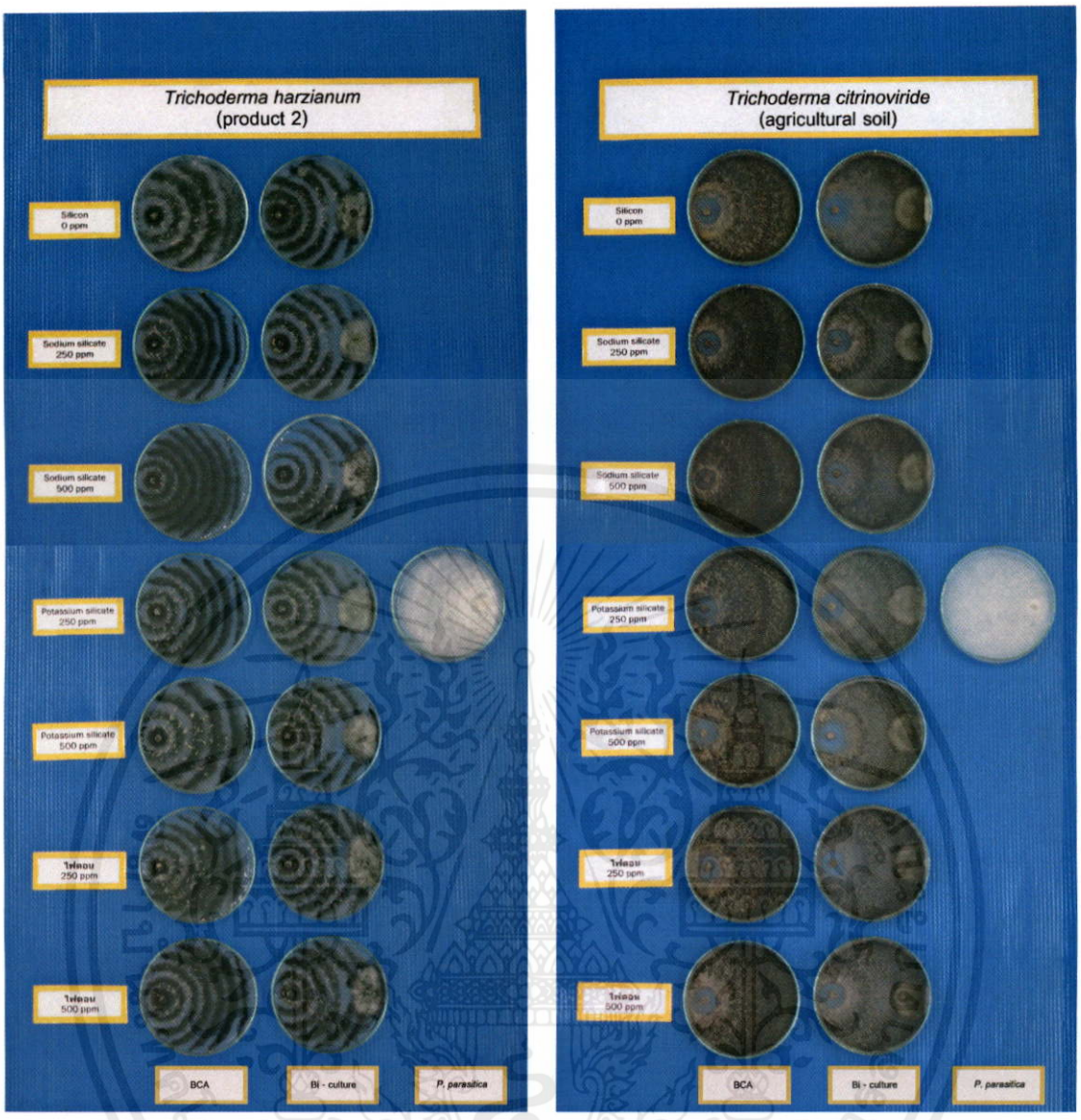
ตารางที่ 4.21 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง			เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition, %)[1/]			
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	สารละลายธาตุอาหาร พืชอายุ 14 วัน	สารละลายธาตุอาหาร พืชอายุ 23 วัน	สารละลายธาตุอาหาร พืชอายุ 28 วัน	รากพืชอายุ 28 วัน (เก็บเกี่ยว)
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์						
T. harzianum (product 2)			70.49a	69.14a	67.72a	71.97a
T. citrinoviride (ดินเกษตรกรรม)			68.34b	67.63b	65.62b	68.83b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน						
sodium silicate			69.45a	68.43a	66.67a	70.56a
potassium silicate			69.54a	68.52a	66.95a	70.65a
ไฟตอน			69.26a	68.20a	66.39a	70.00a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น						
0			68.89a	67.78a	66.84a	69.72a
250			69.45a	68.52a	66.76a	70.28a
500			69.91a	68.84a	67.41a	71.20a
C.V. (%)			2.98	2.84	2.78	3.77
ชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (A)			**	*	*	**
ชนิดสารละลายซิลิคอน (B)			ns	ns	ns	ns
ระดับความเข้มข้น (C)			ns	ns	ns	ns
A X B			ns	ns	ns	ns
A X C			ns	ns	ns	ns
B X C			ns	ns	ns	ns
A X B X C			ns	ns	ns	ns

[1/] เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition, GI) GI = [(R1 – R2) / R1] x 100; R1 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของ *Phytophthora parasitica* ใน control, R2 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของ *Phytophthora parasitica* ใน bi – culture antagonistic plates

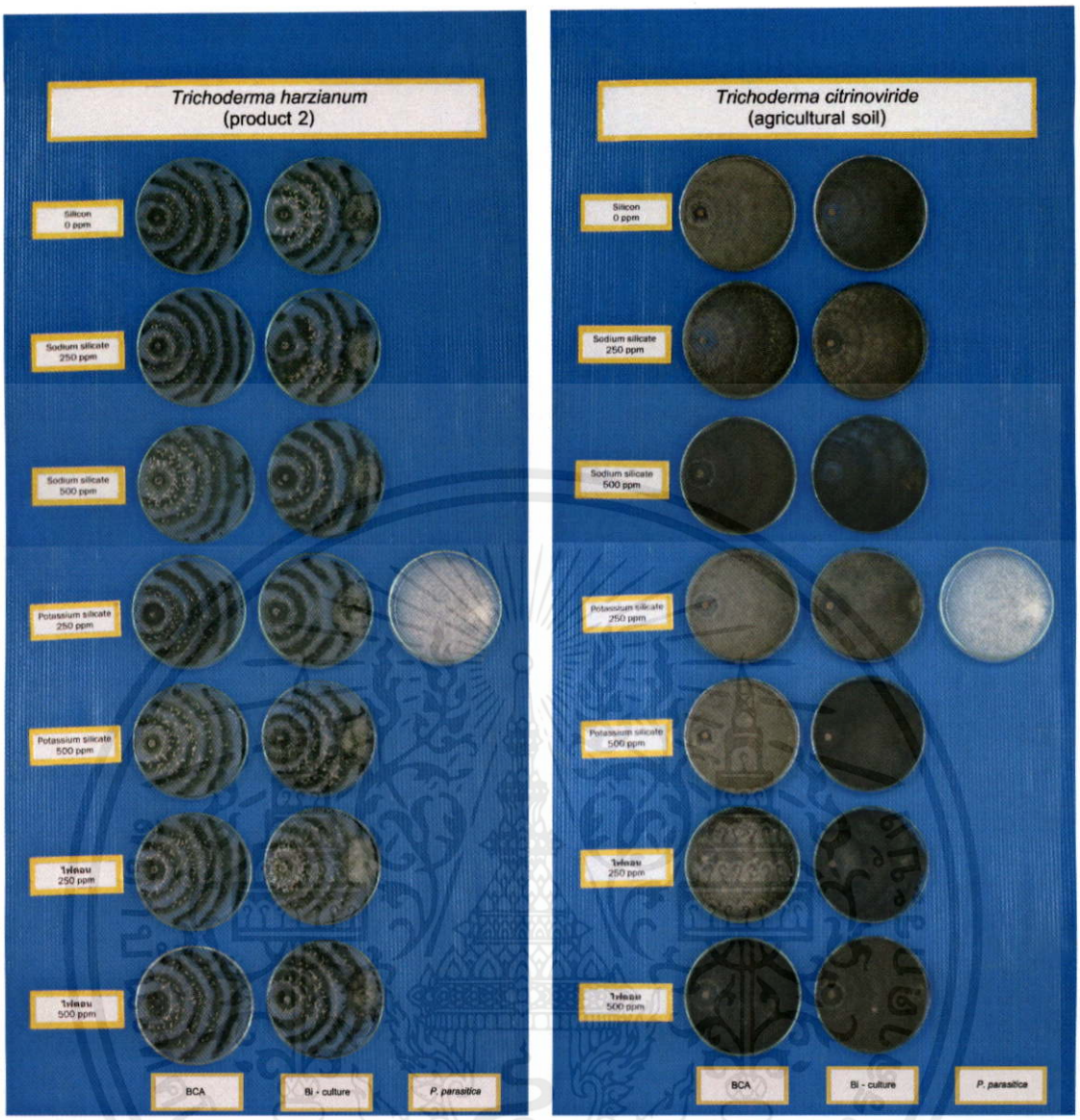
[2/] ค่าเฉลี่ยจาก 2 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.41 ศักยภาพของเชื้อราปฏิปักษ์ 2 ชนิด [*Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และ *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม(แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ขณะที่พืชอายุ 28 วัน ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate) ที่อายุ 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.42 ศักยภาพของเชื้อราปฏิปักษ์ 2 ชนิด [*Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และ *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม(แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate) ที่อายุ 14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ deep flow technique

การเจริญเติบเติบโต

การเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. parasitica* ลงในระบบเป็นเวลา 7 วัน (พืชอายุ 21 วัน) พบว่า การปลูกเชื้อราสาเหตุโรค ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แต่ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์และระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน ชนิดของสาระลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้น มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง, จำนวนใบ และขนาดใบของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค มีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง, จำนวนใบ และขนาดใบของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้มากกว่าไม่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ไม่ว่าจะเป็นเชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง), เชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) หรือเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จาก product 1 (แบบผง) มีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง, จำนวนใบ และขนาดใบของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ไม่แตกต่าง แต่มากกว่าไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับไฟตอน มีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง, จำนวนใบ และขนาดใบของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้มากกว่าการใช้ร่วมกับ sodium silicate และ potassium silicate อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและขนาดใบของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้มากกว่าการใช้ร่วมกันที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm และไม่ใส่สารละลายซิลิคอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค แต่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารละลายซิลิคอนมีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง, จำนวนใบ และขนาดใบของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้น้อยที่สุด (9.24 ซม/ต้น, 6.60 ใบ/ต้น และ 3.34x4.98 ซม/ต้น ตามลำดับ) ในขณะที่การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง, จำนวนใบ และขนาดใบของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้มากที่สุด (18.24 ซม/ต้น, 8.60 ใบ/ต้น และ 6.94x10.98 ซม/ต้น ตามลำดับ) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm (17.72 ซม/ต้น, 8.60 ใบ/ต้น และ 6.94x10.74 ซม/ต้น ตามลำดับ) ส่วนในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค พบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีการ

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณี ...

เจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้มากกว่า แต่ไม่แตกต่างกับสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค (20.22 ซม/ต้น, 9.20 ใบ/ต้น และ 7.94x11.96 ซม/ต้น ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.22)

จนกระทั่งในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) พบว่าผลเป็นไปในทิศทางเดียวกับการเจริญเติบโตที่พืชอายุ 21 วัน เพียงแต่พบว่าการปลูกเชื้อราสาเหตุโรคและชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและจำนวนใบของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้มากกว่าเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จาก product 1 (แบบผง) และไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีการเจริญเติบโตทางด้านจำนวนใบและขนาดใบของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้มากกว่าการใช้ร่วมกันที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm และไม่ใส่สารละลายซิลิคอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค แต่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารละลายซิลิคอน พบว่ามีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง, จำนวนใบ และขนาดใบของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้น้อยที่สุด (17.92 ซม/ต้น, 10.20 ใบ/ต้น และ 5.84x11.12 ซม/ต้น ตามลำดับ) ในขณะที่การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง, จำนวนใบ และขนาดใบของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้มากที่สุด (25.60 ซม/ต้น, 14.20 ใบ/ต้น และ 11.04x14.94 ซม/ต้น ตามลำดับ) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm (25.50 ซม/ต้น, 14.00 ใบ/ต้น และ 10.60x15.38 ซม/ต้น ตามลำดับ) ส่วนในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค พบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีการเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้มากกว่า แต่ไม่แตกต่างกับสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค (28.16 ซม/ต้น, 14.40 ใบ/ต้น และ 11.26x16.80 ซม/ต้น ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.23)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 การเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) [ความสูงต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น), จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น) และขนาดใบเฉลี่ย (ความกว้างและความยาว) (เซนติเมตร/ใบ)] ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ไม่ปลูกเชื้อและปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 21 วัน

ปัจจัยการทดลอง				การเจริญเติบโตของพืช			
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	ความสูงเฉลี่ย (ซม./ต้น)	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น)	ขนาดใบเฉลี่ย (ซม./ต้น) ความกว้าง	ความยาว
ไม่ปลูกเชื้อรา *P. parasitica*	ไม่ใส่	sodium silicate	0	12.68pq[1/]	7.80d-h	4.56pq	7.52no
			250	15.78e-n	8.00c-g	5.58h-q	9.22f-o
			500	15.24i-o	7.80d-h	5.42k-q	9.06g-o
		potassium silicate	0	12.68pq	7.80d-h	4.56pq	7.52no
			250	15.42h-o	7.80d-h	5.54i-q	9.18f-o
			500	14.84l-o	7.80d-h	4.88o-q	8.26k-o
		ไฟตอน	0	12.68pq	7.80d-h	4.56pq	7.52no
			250	16.48c-m	8.20b-f	6.06c-o	9.94b-m
			500	16.34d-m	8.00c-g	5.90d-o	9.74c-m
	product 1 (แบบผง)	sodium silicate	0	18.76a-d	8.80a-c	7.08a-f	10.96a-g
			250	18.24a-h	8.60a-d	6.94a-f	10.72a-h
			500	17.52a-l	8.20b-f	6.30c-m	10.20a-j
		potassium silicate	0	18.76a-d	8.80a-c	7.08a-f	10.96a-g
			250	18.10a-i	8.40a-e	6.78a-j	10.50a-i
			500	16.62c-m	8.20b-f	6.14c-o	9.96b-l
		ไฟตอน	0	18.76a-d	8.80a-c	7.08a-f	10.96a-g
			250	18.78a-d	9.00ab	7.26a-c	11.60a-c
			500	18.62a-f	8.80a-c	7.20a-d	11.16a-e
	product 2 (แบบผง)	sodium silicate	0	18.52a-e	8.80a-c	7.18a-d	11.06a-f
			250	18.40a-e	8.80a-c	7.00a-f	10.94a-g
			500	18.00a-i	8.40a-e	6.58b-l	10.36a-i
		potassium silicate	0	18.52a-e	8.80a-c	7.18a-d	11.06a-f
			250	18.22a-h	8.40a-e	6.92a-f	10.72a-h
			500	16.92b-m	8.20b-f	6.26c-m	10.06a-k
		ไฟตอน	0	18.52a-e	8.80a-c	7.18a-d	11.06a-f
			250	20.22a	9.20a	7.94a	11.96a
			500	19.24a-c	9.00ab	7.20a-d	11.34a-d
	T. citrinoviride (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	18.44a-e	8.80a-c	7.12a-e	10.96a-g
			250	18.32a-g	8.80a-c	6.96a-f	10.86a-h
			500	17.78a-j	8.20b-f	6.30c-m	10.26a-j
		potassium silicate	0	18.44a-e	8.80a-c	7.12a-e	10.96a-g
			250	18.18a-h	8.40a-e	6.82a-i	10.64a-h
			500	16.72c-m	8.20b-f	6.22c-n	9.98b-l
		ไฟตอน	0	18.44a-e	8.80a-c	7.12a-e	10.96a-g
			250	19.60ab	9.00ab	7.74ab	11.80ab
			500	18.68a-d	8.80a-c	7.20a-d	11.34a-d

ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง				การเจริญเติบโตของพืช			
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	ความสูงเฉลี่ย (ซม./ต้น)	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น)	ขนาดใบเฉลี่ย (ซม./ต้น)	
						ความกว้าง	ความยาว
ปลูกเชื้อรา	ไม่ใส่	sodium	0	9.24r	6.60i	3.34r	4.98p
P. parasitica		silicate	250	13.52n-q	7.60e-h	5.20m-q	8.16l-o
			500	12.74o-q	7.20g-i	4.90o-q	9.70c-m
		potassium	0	9.24r	6.60i	3.34r	4.98p
		silicate	250	13.48n-q	7.40f-i	4.98n-q	8.08m-o
			500	11.78q	7.00hi	4.52q	7.46o
		ไฟตอน	0	9.24r	6.60i	3.34r	4.98p
			250	14.42m-o	7.60e-h	5.36l-q	8.62i-o
			500	14.36m-q	7.60e-h	5.30l-q	8.36j-o
	product 1 (แบบผง)	sodium	0	16.54c-m	8.20b-f	6.56b-l	10.10a-k
		silicate	250	16.16d-n	8.20b-f	6.38c-m	9.58d-m
			500	15.00j-o	7.80d-h	5.78f-q	9.08g-o
		potassium	0	16.54c-m	8.20b-f	6.56b-l	10.10a-k
		silicate	250	15.64f-n	8.00c-g	5.98c-o	9.46d-m
			500	14.64m-o	7.60e-h	5.50j-q	8.66i-o
		ไฟตอน	0	16.54c-m	8.20b-f	6.56b-l	10.10a-k
			250	17.64a-l	8.60a-d	6.90a-g	10.50a-i
			500	17.08b-m	8.40a-e	6.70a-k	10.22a-j
	product 2 (แบบผง)	sodium	0	16.68c-m	8.20b-f	6.60b-l	10.18a-j
		silicate	250	16.34d-m	8.20b-f	6.46b-m	10.10a-k
			500	15.48g-n	7.80d-h	5.94c-o	9.36e-n
		potassium	0	16.68c-m	8.20b-f	6.60b-l	10.18a-j
		silicate	250	16.04d-n	8.20b-f	6.14c-o	9.50d-m
			500	14.98j-o	7.60e-h	5.60g-q	8.98h-o
		ไฟตอน	0	16.68c-m	8.20b-f	6.60b-l	10.18a-j
			250	18.24a-h	8.60a-d	6.94a-f	10.98a-g
			500	17.64a-l	8.40a-e	6.86a-h	10.40a-i
	T. citrinoviride (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium	0	16.66c-m	8.20b-f	6.58b-l	10.12a-k
		silicate	250	16.30d-m	8.20b-f	6.40c-m	9.80c-m
			500	15.44h-o	7.80d-h	5.82e-p	9.26e-o
		potassium	0	16.66c-m	8.20b-f	6.58b-l	10.12a-k
		silicate	250	15.98d-n	8.00c-g	6.00c-o	9.50d-m
			500	14.88k-o	7.60e-h	5.58h-q	8.96h-o
		ไฟตอน	0	16.66c-m	8.20b-f	6.58b-l	10.12a-k
			250	17.72a-k	8.60a-d	6.94a-f	10.74a-h
			500	17.54a-l	8.40a-e	6.74a-j	10.28a-i

ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง				การเจริญเติบโตของพืช			
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	ความสูงเฉลี่ย (ซม./ต้น)	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น)	ขนาดใบเฉลี่ย (ซม./ต้น) ความกว้าง	ความยาว
ค่าเฉลี่ยในการปลูกเชื้อราสาเหตุโรค							
ไม่ปลูกเชื้อรา *P. parasitica*				17.43a	8.47a	6.53a	10.31a
ปลูกเชื้อรา *P. parasitica*				15.29b	7.89b	5.89b	9.22b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์							
ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์				13.34b	7.51b	4.85b	7.96b
product 1 (แบบผง)				17.22a	8.38a	6.60a	10.27a
product 2 (แบบผง)				17.52a	8.43a	6.73a	10.47a
T. citrinoviride (แบบสปอร์แขวนลอย)				17.36a	8.39a	6.66a	10.37a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน							
sodium silicate				16.16b	8.13b	6.12b	9.69b
potassium silicate				15.83b	8.01b	5.95b	9.41b
ไฟตอน				17.09a	8.40a	6.55a	10.20a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น							
0				15.94b	8.18ab	6.13b	9.49b
250				16.97a	8.33a	6.47a	10.13a
500				16.17b	8.03b	6.04b	9.69b
C.V. (%)				11.00	7.47	13.22	12.28
การปลูกเชื้อราสาเหตุโรค (A)				***	***	***	***
ชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (B)				***	***	***	***
ชนิดสารละลายซิลิคอน (C)				***	***	***	***
ระดับความเข้มข้น (D)				***	**	***	***
A x B				ns	ns	ns	ns
A X C				ns	ns	ns	ns
A X D				ns	ns	ns	ns
B X C				ns	ns	ns	ns
B X D				***	*	***	***
C X D				**	**	**	**
A X B X C				ns	ns	ns	ns
A X B X D				ns	ns	ns	ns
A X C X D				ns	ns	ns	ns
B X C X D				ns	ns	ns	ns
A X B X C X D				ns	ns	ns	ns

[1] ค่าเฉลี่ยจาก 10 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 การเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) [ความสูงต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น), จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น) และขนาดใบเฉลี่ย (ความกว้างและความยาว) (เซนติเมตร/ใบ)] ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ไม่ปลูกเชื้อและปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 28 วัน (วันเก็บเกี่ยวผลผลิต)

ปัจจัยการทดลอง				การเจริญเติบโตของพืช			
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	ความสูงเฉลี่ย (ซม./ต้น)	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น)	ขนาดใบเฉลี่ย (ซม./ต้น) ความกว้าง	ความยาว
ไม่ปลูกเชื้อรา *P. parasitica*	ไม่ใส่	sodium silicate	0	20.06pq[1/]	12.40d-f	6.46tu	11.20p
			250	24.46b-l	13.40a-e	8.14n-s	13.70f-o
			500	23.56g-o	13.20a-e	7.84rs	13.50h-o
		potassium silicate	0	20.06pq	12.40d-f	6.46tu	11.20p
			250	24.36c-l	13.20a-e	7.96q-s	13.66g-o
			500	23.46g-o	13.00a-e	7.52st	13.26j-o
		ไฟตอน	0	20.06pq	12.40d-f	6.46tu	11.20p
			250	24.68b-k	13.40a-e	8.28l-s	14.36b-o
			500	24.52b-k	13.40a-e	8.20l-s	13.80d-o
	product 1 (แบบผง)	sodium silicate	0	26.26a-g	14.00a-c	10.44a-i	15.74a-g
			250	26.16a-g	14.00a-c	10.12a-j	15.64a-g
			500	25.50a-i	13.80a-d	9.42e-p	14.50b-n
		potassium silicate	0	26.26a-g	14.00a-c	10.44a-i	15.74a-g
			250	25.80a-h	13.80a-d	9.78a-k	15.20a-j
			500	24.76b-j	13.40a-e	8.80j-s	14.40b-o
		ไฟตอน	0	26.26a-g	14.00a-c	10.44a-i	15.74a-g
			250	27.58a-c	14.40a	10.92a-d	16.26ab
			500	26.90a-f	14.20ab	10.68a-f	15.92a-d
	product 2 (แบบผง)	sodium silicate	0	26.62a-g	14.20ab	10.62a-g	15.86a-e
			250	26.26a-g	14.00a-c	10.34a-i	15.72a-g
			500	25.62a-i	13.80a-d	9.62b-l	15.10a-j
		potassium silicate	0	26.62a-g	14.20ab	10.62a-g	15.86a-e
			250	25.84a-h	14.00a-c	9.94a-k	15.58a-h
			500	25.14a-j	13.80a-d	9.32f-q	14.50b-n
		ไฟตอน	0	26.62a-g	14.20ab	10.62a-g	15.86a-e
			250	28.16a	14.40a	11.26a	16.80a
			500	27.26a-d	14.40a	10.88a-e	16.22ab
	T. citrinoviride (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	26.44a-g	14.20ab	10.46a-i	15.84a-f
			250	26.18a-g	14.00a-c	10.20a-j	15.64a-g
			500	25.58a-i	13.80a-d	9.58b-m	14.98a-j
		potassium silicate	0	26.44a-g	14.20ab	10.46a-i	15.84a-f
			250	25.82a-h	13.80a-d	9.90a-k	15.42a-i
			500	24.80b-j	13.60a-e	9.28f-q	14.48b-o
		ไฟตอน	0	26.44a-g	14.20ab	10.46a-i	15.84a-f
			250	27.66ab	14.40a	10.98a-c	16.30ab
			500	27.14a-e	14.40a	10.88a-e	16.14a-c

ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง				การเจริญเติบโตของพืช			
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	ความสูงเฉลี่ย (ซม./ต้น)	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น)	ขนาดใบเฉลี่ย (ซม./ต้น) ความกว้าง	ความยาว
ปลูกเชื้อรา	ไม่ใส่	sodium	0	17.92q	10.20g	5.84u	11.12p
P. parasitica		silicate	250	21.28l-p	12.20ef	7.94q-s	12.78l-p
			500	20.96n-p	12.20ef	7.56st	12.66n-p
		potassium	0	17.92q	10.20g	5.84u	11.12p
		silicate	250	21.14m-p	12.20ef	7.84rs	12.70m-p
			500	20.48o-q	11.40fg	7.44st	12.40op
		ไฟตอน	0	17.92q	10.20g	5.84u	11.12p
			250	22.04j-p	12.60c-f	8.04o-s	12.82k-p
			500	21.50k-p	12.20ef	8.02p-s	12.78l-p
	product 1 (แบบผง)	sodium	0	19.82pq	13.40a-e	9.92a-k	14.70a-n
		silicate	250	22.90h-p	13.00a-e	9.48d-n	14.36b-o
			500	22.60h-p	12.80b-e	9.10h-r	13.72e-o
		potassium	0	19.82pq	13.40a-e	9.92a-k	14.70a-n
		silicate	250	22.76h-p	13.00a-e	9.40e-p	13.98d-o
			500	22.14j-p	12.60c-f	8.18m-s	13.30i-o
		ไฟตอน	0	19.82pq	13.40a-e	9.92a-k	14.70a-n
			250	24.84b-j	13.80a-d	10.58a-h	15.22a-j
			500	23.96e-n	13.60a-e	10.18a-j	14.84a-l
	product 2 (แบบผง)	sodium	0	23.88f-n	13.60a-e	10.12a-j	14.80a-m
		silicate	250	23.76f-n	13.40a-e	9.72b-k	14.66b-n
			500	22.74h-p	13.00a-e	9.38f-p	13.96d-o
		potassium	0	23.88f-n	13.60a-e	10.12a-j	14.80a-m
		silicate	250	23.64f-n	13.00a-e	9.46d-o	14.20b-o
			500	22.52i-p	12.80b-e	9.08i-r	13.42i-o
		ไฟตอน	0	23.88f-n	13.60a-e	10.12a-j	14.80a-m
			250	25.60a-i	14.20ab	11.04ab	14.94a-k
			500	24.26d-m	13.80a-d	10.54a-i	15.20a-j
	T. citrinoviride (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium	0	23.86f-n	13.40a-e	10.04a-j	14.72a-n
		silicate	250	23.66f-n	13.20a-e	9.52c-n	14.58b-n
			500	22.74h-p	12.80b-e	9.16g-r	13.94d-o
		potassium	0	23.86f-n	13.40a-e	10.04a-j	14.72a-n
		silicate	250	23.54g-o	13.00a-e	9.44d-p	14.06c-o
			500	22.44i-p	12.60c-f	8.56k-s	13.32i-o
		ไฟตอน	0	23.86f-n	13.40a-e	10.04a-j	14.72a-n
			250	25.50a-i	14.00a-c	10.60a-g	15.38a-j
			500	24.20d-m	13.80a-d	10.42a-i	14.84a-l

ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง				การเจริญเติบโตของพืช			
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	ความสูงเฉลี่ย (ซม./ต้น)	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น)	ขนาดใบเฉลี่ย (ซม./ต้น)	
						ความกว้าง	ความยาว
ค่าเฉลี่ยในการปลูกเชื้อราสาเหตุโรค							
ไม่ปลูกเชื้อรา *P. parasitica*				25.43a	13.78a	9.55a	14.92a
ปลูกเชื้อรา *P. parasitica*				22.43b	12.86b	9.12b	13.89b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์							
ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์				21.47c	12.23b	7.12b	12.52b
product 1 (แบบผง)				24.12b	13.59a	9.87a	14.93a
product 2 (แบบผง)				25.13a	13.78a	10.16a	15.13a
T. citrinoviride (แบบสปอร์แขวนลอย)				25.01a	13.68a	10.00a	15.04a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน							
sodium silicate				23.70b	13.25b	9.21b	14.31b
potassium silicate				23.48b	13.11b	8.99b	14.08b
ไฟตอน				24.61a	13.60a	9.81a	14.83a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น							
0				23.11c	13.18b	9.24b	14.25b
250				24.73a	13.52a	9.62a	14.75a
500				23.95b	13.27b	9.15b	14.22b
C.V. (%)				8.49	6.73	9.95	9.24
การปลูกเชื้อราสาเหตุโรค (A)				***	***	***	***
ชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (B)				***	***	***	***
ชนิดสารละลายซิลิคอน (C)				***	***	***	***
ระดับความเข้มข้น (D)				***	*	***	**
A x B				*	**	ns	ns
A X C				ns	ns	ns	ns
A X D				ns	ns	ns	ns
B X C				ns	ns	ns	ns
B X D				***	***	***	***
C X D				*	*	***	*
A X B X C				ns	ns	ns	ns
A X B X D				*	ns	ns	ns
A X C X D				ns	ns	ns	ns
B X C X D				ns	ns	ns	ns
A X B X C X D				ns	ns	ns	ns

[1] ค่าเฉลี่ยจาก 10 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลผลิต

เก็บเกี่ยวผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้เมื่ออายุ 28 วัน พบว่า การปลูกเชื้อราสาเหตุโรค ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แต่พบว่าชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์และระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนมีอิทธิพลต่อผลผลิตทั้งทางด้านน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ต้นและราก) ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อผลผลิตทางด้านน้ำหนักสด (ต้นและราก) และน้ำหนักแห้ง (ราก) ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งพบว่าการปลูกเชื้อราสาเหตุโรคและชนิดของสารละลายซิลิคอนมีอิทธิพลต่อผลผลิตทางด้านน้ำหนักสด (ต้นและราก) และน้ำหนักแห้ง (ต้น) ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การปลูกเชื้อราสาเหตุโรคมีผลผลิตทั้งทางด้านน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ต้นและราก) ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้น้อยกว่าไม่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) มีผลผลิตทางด้านน้ำหนักสด (ต้นและราก) และน้ำหนักแห้ง (ราก) ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้มากกว่าเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย), เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จาก product 1 (แบบผง) และไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับไฟตอน มีผลผลิตทางด้านน้ำหนักสด (ต้น) และน้ำหนักแห้ง (ราก) ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้มากกว่าการใช้ร่วมกับ sodium silicate และ potassium silicate ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่พบว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลผลิตทางด้านน้ำหนักสด (ราก) และน้ำหนักแห้ง (ราก) ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้มากกว่าการใช้ร่วมกันที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm และไม่ใส่สารละลายซิลิคอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค แต่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารละลายซิลิคอน มีผลผลิตทั้งทางด้านน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ต้นและราก) ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้น้อยที่สุด (49.80, 3.16, 0.958 และ 0.314 กรัม/ต้น ตามลำดับ) ในขณะที่การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลผลิตทั้งทางด้านน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ต้นและราก) ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้มากที่สุด (130.10, 12.52, 3.332 และ 0.976 กรัม/ต้น ตามลำดับ) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm (128.78, 11.82, 3.202 และ 0.844 กรัม/ต้น ตามลำดับ) ส่วนในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค พบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีน้ำหนักสดต้น (150.94 กรัม/ต้น) มากกว่าสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรคอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าน้ำหนักสด (ราก) และน้ำหนักแห้ง (ต้นและราก) ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (13.98,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.974 และ 1.014 กรัม/ต้น) มากกว่า แต่ไม่แตกต่างกับสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อราสาเหตุโรค อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.24 และภาพที่ 4.43-4.50)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ต้นและราก) ของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* จาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ไม่ปลูกเชื้อและปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน)

ปัจจัยการทดลอง				น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ต้น)			
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	น้ำหนักสด		น้ำหนักแห้ง	
				ต้น	ราก	ต้น	ราก
ไม่ปลูกเชื้อรา	ไม่ใส่	sodium	0	75.66v-x[1/]	7.58r-v	3.012e-o	0.500r-u
P. parasitica		silicate	250	96.88n-t	10.88d-l	3.394a-m	0.674i-q
			500	87.52r-w	8.32p-v	3.262a-o	0.578n-t
		potassium	0	75.66v-x	7.58r-v	3.012e-o	0.500r-u
		silicate	250	91.90p-u	9.80g-q	3.244a-o	0.610l-s
			500	84.14t-w	7.48s-v	3.064c-o	0.522q-u
		ไฟตอน	0	75.66v-x	7.58r-v	3.012e-o	0.500r-u
			250	105.72j-o	11.68b-i	3.748a-e	0.764d-l
			500	99.92m-s	10.58d-n	3.496a-k	0.730e-n
	product 1	sodium	0	116.42c-l	11.26d-j	3.506a-j	0.728e-n
	(แบบผง)	silicate	250	104.70k-p	10.98d-l	3.492a-k	0.704e-o
			500	94.52o-t	8.92l-u	3.378a-n	0.686f-p
		potassium	0	116.42c-l	11.26d-j	3.506a-j	0.728e-n
		silicate	250	102.08l-q	10.78d-m	3.314a-o	0.652j-r
			500	92.72o-t	8.94k-u	3.214b-o	0.594n-s
		ไฟตอน	0	116.42c-l	11.26d-j	3.506a-j	0.728e-n
			250	126.26b-f	13.46ab	3.870ab	0.816c-i
			500	118.54c-k	12.22a-f	3.682a-g	0.764d-l
	product 2	sodium	0	138.94ab	13.36a-c	3.704a-f	0.902a-d
	(แบบผง)	silicate	250	121.04c-i	12.44a-e	3.664a-g	0.888a-d
			500	119.96c-j	11.34c-j	3.532a-i	0.834b-g
		potassium	0	138.94ab	13.36a-c	3.704a-f	0.902a-d
		silicate	250	113.88e-m	12.40a-e	3.618a-h	0.816c-i
			500	109.22g-n	11.02d-k	3.554a-i	0.776d-k
		ไฟตอน	0	138.94ab	13.36a-c	3.704a-f	0.902a-d
			250	150.94a	13.98a	3.974a	1.014a
			500	144.46a	13.92a	3.802a-d	0.952a-c
	T. citrinoviride	sodium	0	128.02b-e	12.00a-f	3.662a-g	0.892a-d
	(แบบสปอร์แขวนลอย)	silicate	250	110.94g-n	11.80b-h	3.574a-i	0.840b-f
			500	109.80g-n	10.34e-p	3.480a-l	0.732e-n
		potassium	0	128.02b-e	12.00a-f	3.662a-g	0.892a-d
		silicate	250	106.40i-o	11.18d-j	3.556a-i	0.758d-m
			500	102.12l-q	9.52j-s	3.460a-l	0.682g-p
		ไฟตอน	0	128.02b-e	12.00a-f	3.662a-g	0.892a-d
			250	138.50ab	13.52ab	3.828a-c	0.956a-c
			500	129.90bc	12.64a-d	3.722a-e	0.904a-d

ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง				น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ต้น)			
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	น้ำหนักสด		น้ำหนักแห้ง	
				ต้น	ราก	ต้น	ราก
ปลูกเชื้อรา	ไม่ใส่	sodium	0	49.80y	3.16w	0.958p	0.314v
P. parasitica		silicate	250	82.78t-w	7.88q-v	2.816i-o	0.602m-s
			500	73.88wx	7.20uv	2.642m-o	0.444t-v
		potassium	0	49.80y	3.16w	0.958p	0.314v
		silicate	250	75.20v-x	7.88q-v	2.742j-o	0.520q-u
			500	67.24x	6.74v	2.568o	0.424uv
		ไฟตอน	0	49.80y	3.16w	0.958p	0.314v
			250	103.94k-p	9.04k-u	2.936f-o	0.660i-q
			500	94.42o-t	8.48o-v	2.866h-o	0.628j-s
	product 1	sodium	0	107.10h-o	9.70h-q	2.984e-o	0.662i-q
	(แบบผง)	silicate	250	93.16o-t	8.76m-v	2.922g-o	0.620k-s
			500	88.38q-v	8.28p-v	2.730k-o	0.540p-u
		potassium	0	107.10h-o	9.70h-q	2.984e-o	0.662i-q
		silicate	250	86.02s-w	8.66n-v	2.876h-o	0.568o-u
			500	78.56u-x	7.32t-v	2.624no	0.486s-u
		ไฟตอน	0	107.10h-o	9.70h-q	2.984e-o	0.662i-q
			250	112.60f-m	10.82d-m	3.124b-o	0.728e-n
			500	106.12j-o	10.56d-o	3.020e-o	0.716e-o
	product 2	sodium	0	121.50c-h	11.28d-j	3.102c-o	0.862a-e
	(แบบผง)	silicate	250	111.74g-m	11.00d-l	3.098c-o	0.824b-h
			500	109.58g-n	10.16f-p	3.048d-o	0.758d-m
		potassium	0	121.50c-h	11.28d-j	3.102c-o	0.862a-e
		silicate	250	103.76k-p	10.24f-p	2.988e-o	0.782d-j
			500	92.02p-u	9.86g-q	2.892h-o	0.754d-m
		ไฟตอน	0	121.50c-h	11.28d-j	3.102c-o	0.862a-e
			250	130.10bc	12.52a-d	3.332a-o	0.976ab
			500	123.14c-g	11.36c-j	3.238a-o	0.894a-d
	T. citrinoviride	sodium	0	110.64g-n	10.16f-p	3.060d-o	0.752d-m
	(แบบสปอร์แขวนลอย)	silicate	250	111.24g-n	9.58i-r	2.992e-o	0.724e-n
			500	101.14m-r	8.68n-v	2.850h-o	0.664i-q
		potassium	0	110.64g-n	10.16f-p	3.060d-o	0.752d-m
		silicate	250	101.36m-r	9.36j-t	2.856h-o	0.678h-q
			500	93.98o-t	8.60n-v	2.722l-o	0.580n-t
		ไฟตอน	0	110.64g-n	10.16f-p	3.060d-o	0.752d-m
			250	128.78bd	11.82b-g	3.202b-o	0.844b-e
			500	114.46d-m	11.20d-j	3.164b-o	0.776d-k

ต่อ

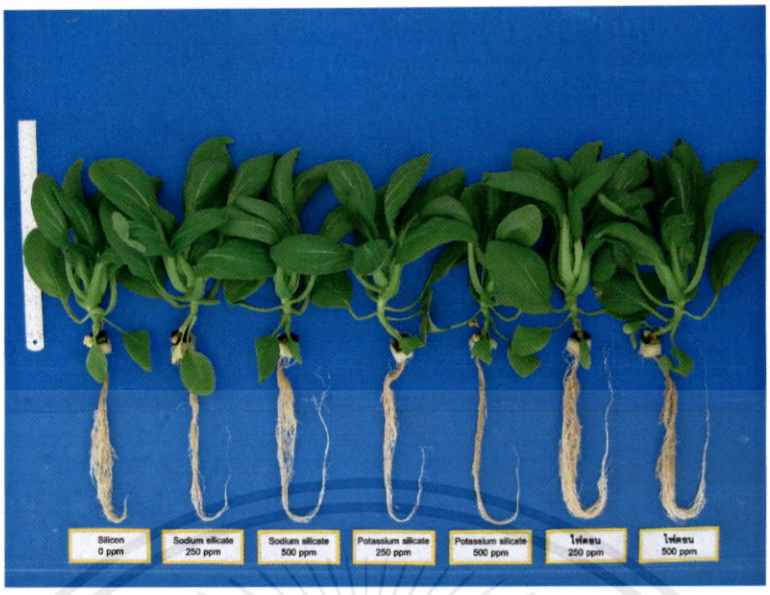
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง				น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ต้น)			
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	น้ำหนักสด		น้ำหนักแห้ง	
				ต้น	ราก	ต้น	ราก
ค่าเฉลี่ยในการปลูกเชื้อราสาเหตุโรค							
ไม่ปลูกเชื้อรา *P. parasitica*				112.20a	11.13a	3.516a	0.759a
ปลูกเชื้อรา *P. parasitica*				98.63b	9.14b	2.793b	0.666b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์							
ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์				80.00d	7.68d	2.705c	0.533d
product 1 (แบบผง)				104.12c	10.14c	3.206b	0.669c
product 2 (แบบผง)				122.84a	11.90a	3.400a	0.864a
T. citrinoviride (แบบสปอร์แขวนลอย)				114.70b	10.82b	3.310ab	0.782b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน							
sodium silicate				102.72b	9.79b	3.119b	0.697b
potassium silicate				97.86c	9.51b	3.053b	0.659c
ไฟตอน				115.66a	11.10a	3.291a	0.781a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น							
0				106.01b	9.81b	3.000c	0.702b
250				108.75a	10.85a	3.300a	0.751a
500				101.49c	9.74b	3.167b	0.684b
			C.V. (%)	8.97	13.16	15.11	14.05
			การปลูกเชื้อราสาเหตุโรค (A)	***	***	***	***
			ชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (B)	***	***	***	***
			ชนิดสารละลายซิลิคอน (C)	***	***	***	***
			ระดับความเข้มข้น (D)	***	***	***	***
			A x B	ns	*	***	*
			A X C	ns	ns	ns	ns
			A X D	*	**	**	ns
			B X C	ns	ns	ns	ns
			B X D	***	***	***	***
			C X D	***	***	ns	***
			A X B X C	ns	ns	ns	ns
			A X B X D	ns	*	***	ns
			A X C X D	ns	ns	ns	ns
			B X C X D	ns	ns	ns	ns
			A X B X C X D	ns	ns	ns	ns

[1] ค่าเฉลี่ยจาก 10 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

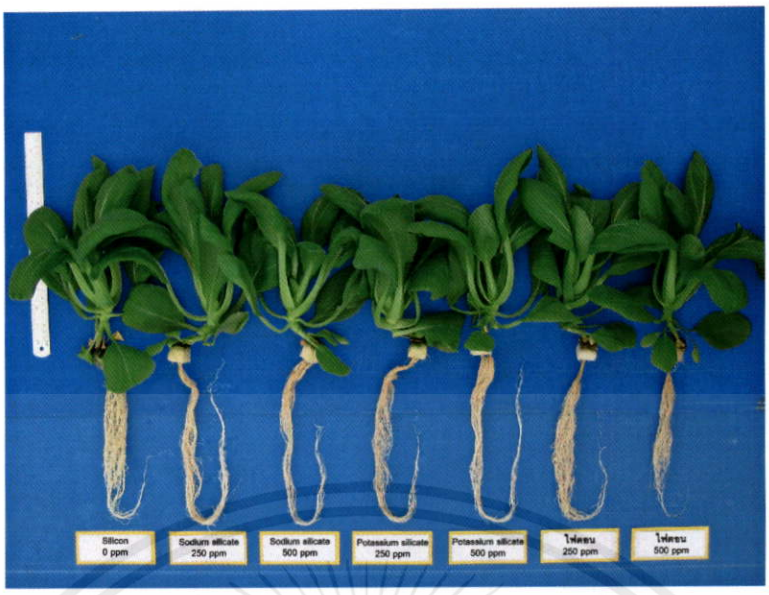
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



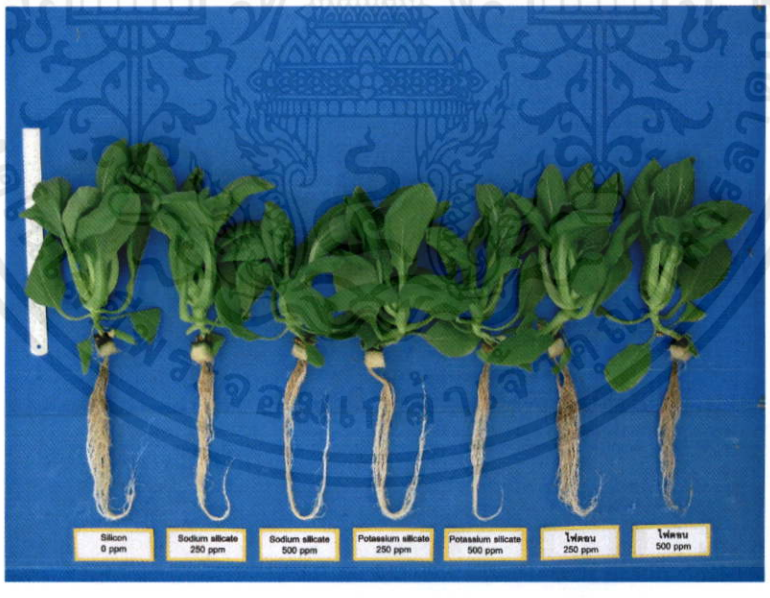
ภาพที่ 4.43 ลักษณะต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และไม่ปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน)

ภาพที่ 4.44 ลักษณะต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 1 (แบบผง) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และไม่ปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

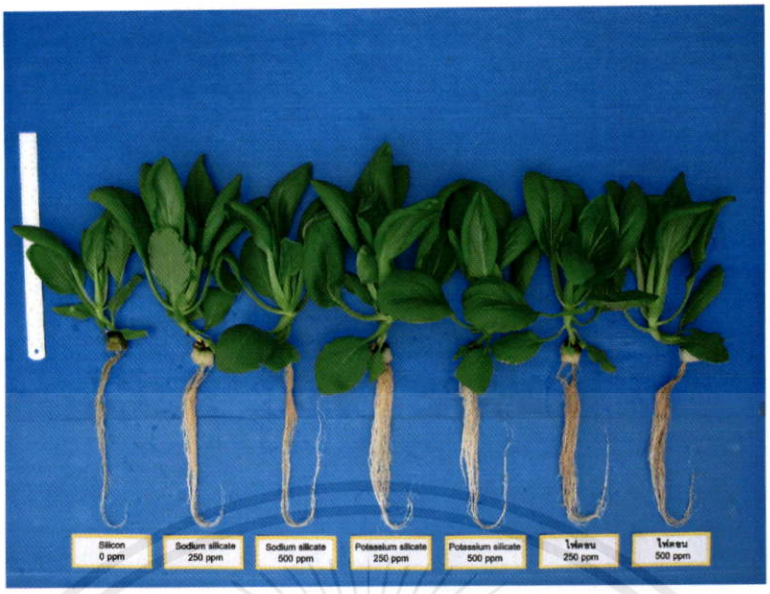


ภาพที่ 4.45 ลักษณะต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 2 (แบบผง) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และไม่ปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน)

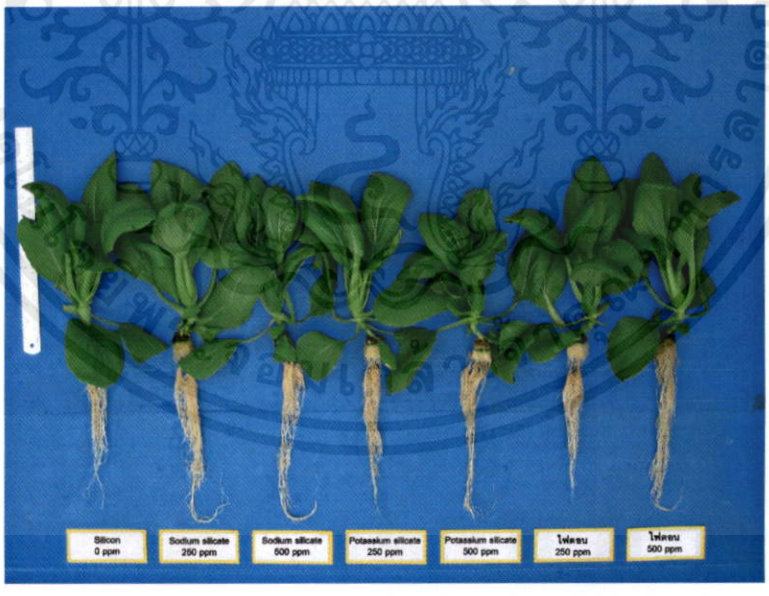


ภาพที่ 4.46 ลักษณะต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* (แบบสปอร์แขวนลอย) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และไม่ปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ ... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ...

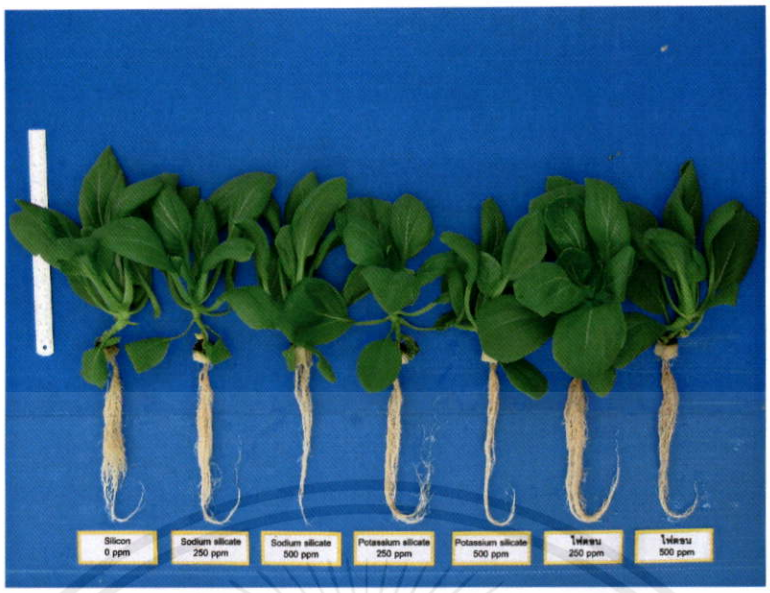


ภาพที่ 4.47 ลักษณะต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน)



ภาพที่ 4.48 ลักษณะต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 1 (แบบผง) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.49 ลักษณะต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 2 (แบบผง) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ที่ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน)

ภาพที่ 4.50 ลักษณะต้นและรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* (แบบสปอร์แขวนลอย) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และปลูกเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

การศึกษาในสภาพห้องปฏิบัติการ ถึงอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ พบว่า นอกจากสารละลายซิลิคอนจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยและการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. parasitica* แล้ว ยังพบว่ามีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยและการสร้าง conidia ของเชื้อราปฏิปักษ์ (*Trichoderma harzianum* และ *T. citrinoviride*) ด้วย แต่กลับพบว่าไม่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ (*Bacillus subtilis*) อาจจะมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ในอาหาร PDA เป็นด่างมากขึ้น ทำให้ไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา (*P. parasitica* และ *Trichoderma*) แต่เชื้อแบคทีเรียยังคงเจริญเติบโตได้ในสภาพด่าง สอดคล้องกับกับรายงานของ Kaiser *et al.* (2005) กล่าวว่า การใส่ potassium silicate (SiO_2 20.7 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณ 5 มล. ผสมอาหารเลี้ยงเชื้อ 1 ลิตร สามารถยับยั้งการเจริญเติบเติบโตของเชื้อรา *P. cinnamomi* ได้ 12.6 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าค่า pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อเปลี่ยนแปลงจาก 5.6 (ไม่ใส่สารละลายซิลิคอน) เป็น 10.3 ซึ่งความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณการใช้สารละลายซิลิคอน

ดังนั้น การนำสารละลายซิลิคอนและเชื้อราปฏิปักษ์มาใช้ควบคุมเชื้อรา *P. parasitica* ต้องเลือกระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน ที่มีอิทธิพลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* แต่มีอิทธิพลน้อยที่สุดในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma* คือ ระดับความเข้มข้น 250 และ 500 ppm

การศึกษาในสภาพห้องปฏิบัติการ ถึงอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* สำหรับเชื้อราปฏิปักษ์ พบว่า การใช้เชื้อรา *Trichoderma* มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ดีกว่าการใช้ร่วมกับสารละลายซิลิคอน เนื่องจากสารละลายซิลิคอนมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma* มากกว่าเชื้อรา *P. parasitica* ดังนั้นเมื่อมีการใช้ร่วมกัน พบว่าสารละลายซิลิคอนจะมีผลลดศักยภาพของเชื้อรา *Trichoderma* ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ส่วนการใช้เชื้อรา *Trichoderma* ร่วมกับ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm และการใช้ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 500 ppm มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ดีเทียบเท่ากับการใช้เชื้อรา *Trichoderma* อย่างเดียว สำหรับเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ พบว่า ผลการทดลองตรงกันข้ามกับเชื้อราปฏิปักษ์ กล่าวคือ การใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ร่วมกับสารละลายซิลิคอนมีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ดีกว่าการใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* อย่างเดียว เนื่องจากสารละลายซิลิคอนมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* แต่ไม่มี

เอกสารนี้สงวนการใช้ประโยชน์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ดังนั้น การใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากที่สุด

การศึกษาในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน โดยการนำชีวผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคของพืชที่ปลูกในดินและมีขายในท้องตลาดของประเทศไทยจำนวน 2 ชนิด คือ เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จากชีวผลิตภัณฑ์แบบผง, เชื้อรา *T. harzianum* จากชีวผลิตภัณฑ์แบบผง และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม มาศึกษาความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique (DFT) โดยทำการทดสอบกับผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) พบว่า เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์และเชื้อราปฏิปักษ์ นอกจากจะสามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ในสารละลายธาตุอาหาร (เป็นระยะเวลา 15 วัน) แล้ว ยังพบว่าสามารถเจริญเข้าครอบครองบริเวณรากพืชได้ สอดคล้องกับรายงานของหทัยรัตน์ ราชนิยม และถนิมนันต์ เจนอักษร (2550) กล่าวว่า การนำชีวผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคของพืชที่ปลูกในดิน และมีขายในท้องตลาดของประเทศไทยจำนวน 3 รูปแบบ คือ เชื้อรา *T. harzianum* จากชีวผลิตภัณฑ์แบบสปอร์แขวนลอย, แบบหัวเชื้อ, แบบผง และเชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม มาใส่ลงในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ในระบบ DFT พบว่า จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทุกชนิดสามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ในสารละลายธาตุอาหาร (เป็นระยะเวลา 22 วัน) และสามารถเจริญเข้าครอบครองบริเวณรากพืชได้

นอกจากนี้พบว่า ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช กล่าวคือ การใช้เชื้อราปฏิปักษ์ (*Trichoderma*) ไม่ว่าจะเป็นจากชีวผลิตภัณฑ์ (แบบผง) หรือดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) จะส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ DFT ส่วนการใช้เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ (*B. subtilis*) มีการเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองควบคุม แต่รายงานของหทัยรัตน์ ราชนิยม และถนิมนันต์ เจนอักษร (2550) กล่าวว่า รูปแบบชีวผลิตภัณฑ์ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช กล่าวคือ การใช้เชื้อรา *T. harzianum* แบบสปอร์แขวนลอย ไม่ว่าจะเป็นจากชีวผลิตภัณฑ์หรือดินเกษตรกรรม จะส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบ DFT แต่การใช้ชีวผลิตภัณฑ์แบบผง จะส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบดังกล่าว เนื่องจากองค์ประกอบของชีวผลิตภัณฑ์แบบผง เมื่อใส่ลงในระบบจะมีลักษณะเป็นเมือกวุ้นเกาะที่รากพืช ทำให้พืชไม่สามารถดูดน้ำและธาตุอาหารได้ ทั้งนี้จากผลการทดลองที่แตกต่างกัน น่าจะเป็นเพราะชีวผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลองเป็นคนละชนิดกัน และมีองค์ประกอบแตกต่างกัน ทำให้มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกันตามไปด้วย และ Bohme (1999) รายงานว่า การใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* โดยใส่ลงในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* L.) ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน สามารถเพิ่มการเจริญเติบโตของพืชได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาความรุนแรงของเชื้อรา *P. parasitica* ในการทำให้เกิดโรครากเน่าโคนเน่าของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ DFT พบว่า มีระดับการเกิดโรครุนแรงสุด ที่ 5 วัน หลังจากปลูกเชื้อรา *P. parasitica* ลงในระบบ (พืชอายุ 19 วัน) กล่าวคือ บริเวณปลายรากและโคนรากแขนงมีสีน้ำตาลคล้ำชัดเจน แสดงให้เห็นว่าเซลล์บริเวณนั้นตาย ส่วนรากแก้วมีสีน้ำตาลคล้ำและบริเวณผิวรากมีลักษณะเปื่อยยุ่ยและหลุดลอกได้ง่าย แต่หลังจากนั้นระดับการเกิดโรคจะลดน้อยลง เนื่องจากสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิเหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชสามารถฟื้นตัวจากการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคได้อย่างรวดเร็ว โดยพืชงอกรากใหม่ทดแทนรากเก่าที่ถูกทำลาย สอดคล้องกับรายงานของ Pegg and Holderness (1984) กล่าวว่า ความรุนแรงของโรครากเน่าของมะเขือเทศที่ปลูกในระบบ nutrient film technique ซึ่งมีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Phytophthora nicotiana* var. *parasitica*, *P. cryptogea* และ *Pythium* spp. ขึ้นอยู่กับความสามารถของพืชในการสร้างรากใหม่ขึ้นทดแทนรากเก่าที่ถูกทำลาย อัตราการเจริญเติบโต และการเพิ่มจำนวนของเชื้อราสาเหตุโรค โดยพบว่าถ้าปลิดผลออกในระหว่างที่แสดงอาการโรค จะสามารถช่วยให้มะเขือเทศสร้างรากใหม่ได้เพิ่มมากขึ้น และความรุนแรงของโรคจะลดลง

การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *P. parasitica* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ DFT พบว่า การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับสารละลายซิลิคอน สามารถลดระดับการเกิดโรคและความสูญเสียของผลผลิตได้ โดยพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จากชีวผลิตภัณฑ์ (แบบผง) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm สามารถลดระดับการเกิดโรคและความสูญเสียของผลผลิตได้ดีที่สุด จากผลการทดลอง พบว่า การใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ลงในระบบเพียง 1 ครั้ง สามารถลดระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ได้ สอดคล้องกับรายงานของ Chattertor *et al.* (2004) กล่าวว่า การใช้เชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas chlororaphis* Tx-1 ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* และ *P. dissotocum* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของพริกหวาน (*Capsicum annuum* L.) ที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน พบว่า ช่วงเวลาที่เหมาะสมของการใส่เชื้อแบคทีเรีย *Ps. chlororaphis* Tx-1 ($1x10^7$ CFU/ml) คือ 3 วัน ก่อนปลูกเชื้อราสาเหตุโรค *P. aphanidermatum* และพบว่าการใส่เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ จำนวน 1 ครั้ง (เพาะเมล็ด) จะทำให้อาการโรคลดลงมากกว่าการใส่ 2 ครั้ง (เพาะเมล็ด และพืชอายุ 14 วัน)

และพบว่า การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับสารละลายซิลิคอน มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. parasitica* ทั้งในสารละลายธาตุอาหารและรากพืชได้ โดยพบว่า การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จากชีวผลิตภัณฑ์ (แบบผง) ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. parasitica* มากที่สุด ส่วนการใส่สารละลายซิลิคอน มีผลคงปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราปฏิปักษ์และเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ได้ โดยพบว่าการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มากที่สุด ซึ่งผลการทดลองไม่สอดคล้องกับในสภาพห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมีปัจจัยแวดล้อมมาเกี่ยวข้องมากมาย เช่น พืช อุณหภูมิสารละลายธาตุอาหาร อุณหภูมิในโรงเรือน ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง เป็นต้น รวมทั้งไม่ทราบกลไกการทำงานของซิลิคอนที่ชัดเจน ทำให้ไม่สามารถระบุบทบาทของสารละลายซิลิคอน ที่มีผลต่อปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. parasitica* และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษา อิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า สารละลายซิลิคอนทุกชนิดมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทั้งทางด้านเส้นใยและการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* โดยพบว่า potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากที่สุด และพบว่า potassium silicate และ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm ไม่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *P. parasitica* ส่วนไฟตอนมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *P. parasitica* เล็กน้อย ที่ระดับความเข้มข้น 500, 750 และ 1,000 ppm แต่ทุกระดับความเข้มข้นมีผลยับยั้งการสร้าง sporangium

ผลการศึกษา อิทธิพลของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* โดยพบว่าเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) มีคุณสมบัติ antibiosis ส่วนเชื้อรา *Trichoderma* ทั้ง 2 ชนิด มีคุณสมบัติ hyphal interference

ผลการศึกษา อิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสภาพห้องปฏิบัติการ สำหรับเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ พบว่า สารละลายซิลิคอนทุกชนิดและทุกระดับความเข้มข้น ไม่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) สำหรับเชื้อราปฏิปักษ์ พบว่า สารละลายซิลิคอนทุกชนิดมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทั้งทางด้านเส้นใยและการสร้าง conidia ของเชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม โดยพบว่า potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma* มากที่สุด ส่วนไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm จึงจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *Trichoderma* แต่ทุกระดับความเข้มข้นมีผลยับยั้งการสร้าง conidia

ผลการศึกษา อิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคในสภาพห้องปฏิบัติการ สำหรับเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ พบว่า การใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) ร่วมกับสารละลายซิลิคอน มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากกว่าไม่ใส่สารละลายซิลิคอน กล่าวคือ การใช้เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีขนาดการยับยั้ง (inhibition zone) และศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ *P. parasitica* มากที่สุด และพบว่าเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* ที่แยกจาก product 1 (แบบผง) แม้ว่าจะเจริญบนอาหาร PDA ที่ผสมสารละลายซิลิคอน แต่ก็ยังคงมีคุณสมบัติ antibiosis สำหรับเชื้อราปฏิปักษ์ พบว่า การใช้เชื้อรา *Trichoderma* มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* มากกว่าการใช้ร่วมกับสารละลายซิลิคอน กล่าวคือ การใช้เชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบผง) มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ดีที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับการใช้ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm และไม่แตกต่างกับการใช้ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 500 ppm และพบว่าเชื้อรา *Trichoderma* ทั้ง 2 ชนิด แม้ว่าจะเจริญบนอาหาร PDA ที่ผสมสารละลายซิลิคอน แต่ก็ยังคงมีคุณสมบัติ hyphal interference

ผลการศึกษา ความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique (DFT) พบว่า จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้ง 3 ชนิด ไม่ว่าจะเป็นเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์หรือเชื้อราปฏิปักษ์ สามารถมีชีวิตอยู่รอดในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ได้ตลอดการทดลอง (เป็นระยะเวลา 15 วัน) และสามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ที่รากพืชปริมาณมากกว่าในสารละลายธาตุอาหาร และนำจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่อยู่รอดได้นั้น มาทำการศึกษาต่อในสภาพห้องปฏิบัติการถึงการคงศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ DFT พบว่า เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์และเชื้อราปฏิปักษ์ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหารและรากพืช ยังคงมีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* ได้ตลอดการทดลอง โดยพบว่าจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่แยกจากรากพืช มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตมากกว่าสารละลายธาตุอาหารเล็กน้อย ส่วนด้านการเจริญเติบโตและผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) พบว่า การใช้เชื้อรา *Trichoderma* ไม่ว่าจะเป็นจาก product 2 (แบบผง) หรือดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) ส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ DFT

ผลการศึกษา ความรุนแรงของเชื้อราสาเหตุโรคในการทำให้เกิดโรครากเน่าโคนเน่าของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ DFT พบว่า เชื้อราสาเหตุโรคทำให้ผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้มีระดับการเกิดโรครุนแรงสุด ที่ 5 วัน หลังจากปลูกเชื้อราสาเหตุโรคลงในระบบ (พืชอายุ 19 วัน) กล่าวคือ บริเวณปลายรากและโคนรากแขนงมีสีน้ำตาลคล้ำอย่างชัดเจน ส่วนรากแก้วมีสีน้ำตาลคล้ำเช่นกัน และพบว่าบริเวณผิวรากมีลักษณะเปื่อยยุ่ยและหลุดลอกได้ง่าย แต่เนื้อเยื่อตรงกลางยังคงมีสีขาว แสดงว่าเชื้อราสาเหตุโรคเข้าทำลายได้เฉพาะผิวรากเท่านั้น หลังจากนั้นระดับการเกิดโรคจะลดน้อยลง เนื่องจากมีการควบคุมอุณหภูมิภายในโรงเรือนไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส ทำให้พืชฟื้นตัวจากการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากพืชงอกรากแขนงใหม่ทดแทนรากเก่าที่ถูกทำลาย แม้ว่ารากแขนงใหม่จะถูกเชื้อราสาเหตุโรคเข้าทำลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน แต่ก็ยังสามารถดูดน้ำและธาตุอาหารเพื่อช่วยในการเจริญเติบโตของพืชได้ ถึงแม้ว่าเชื้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราสาเหตุโรคที่นำมาทดสอบจะไม่ทำให้ผักกาดขาวกวางตุ้งล้มตาย แต่สามารถเจริญเข้าครอบครองบริเวณรากและทำให้ผลผลิตลดลงได้

ผลการศึกษา อิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *P. parasitica* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ DFT โดยทำการประเมินระดับการเกิดโรค (disease index) ที่ 5 วัน หลังจากปลูกเชื้อราสาเหตุโรคลงในระบบ (พืชอายุ 19 วัน) พบว่า การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลลดระดับการเกิดโรคมากที่สุด สำหรับปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราสาเหตุโรคในสารละลายธาตุอาหารและที่รากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) พบว่า การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อราสาเหตุโรคน้อยที่สุด สำหรับปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหารและที่รากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) พบว่า การใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มากที่สุด แล้วนำจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่อยู่รอดได้นั้น มาทำการศึกษาต่อในสภาพห้องปฏิบัติการถึงการคงศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ DFT พบว่า การใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลเพิ่มศักยภาพของเชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จาก product 1 (แบบผง) และเชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบผง) มากที่สุด ส่วนด้านการเจริญเติบโตและผลผลิต พบว่า ผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 2 (แบบผง) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง, จำนวนใบ และขนาดใบมากที่สุด และมีผลผลิตทางด้านน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ต้นและราก) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) มากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาต่อถึงกลไกการทำงานของซิลิคอน ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. parasitica* และเชื้อรา *Trichoderma* เช่น อิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการงอกของ germ tube เป็นต้น เพื่อการนำไปใช้ควบคุมโรคในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

2. ควรทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาของพืช หลังได้รับจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์และเชื้อราปฏิปักษ์) และสารละลายซิลิคอน เช่น การ colonization ของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในเซลล์พืช โดยสังเกตความเหมือนหรือความแตกต่างของกลไกการทำงานระหว่างเชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์และเชื้อราปฏิปักษ์ การสะสมของซิลิคอนในเซลล์พืช และอัตราการสังเคราะห์แสง เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

3. จากผลการทดลอง พบว่าไฟตอนมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช แต่อย่างไรก็ตามควรทำการศึกษาข้อมูลของไฟตอนให้ชัดเจนขึ้น เช่น ปริมาณการปลดปล่อยซิลิคอน ปริมาณซิลิคอนที่พืชสามารถดูดไปใช้ และปริมาณการปลดปล่อยสารอื่น ๆ ของไฟตอนเพื่อการนำไปใช้ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

4. ควรทำการขยายผลต่อถึง การใช้สารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *P. parasitica* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของพืชผักที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบอื่น ๆ เช่น nutrient film technique (NFT) และ dynamic root floating technique (DRFT)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ถนิมนันต์ เจนอักษร และวรางคณา นกอยู่. 2541. "บทบาทของสารละลายซิลิคอนในการพัฒนาศักยภาพการปลูกแตงกวายุโรปในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน." หน้า 694-695. *ใน* **การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 24**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหิดล และจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พรหมมาศ คูหากาญจน์ ศุภชัย รตโนภาส และถนิมนันต์ เจนอักษร. 2539. "การแพร่กระจายของเชื้อราบางชนิดในสารละลายหมุนเวียนของระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน." **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า** 14(2): 26-37.

พากเพียร อรัญนารถ นงรัตน์ นิลพานิชย์ วิชิต ศิริสันธนะ และสมคิด ดิสถาพร. 2544. "ประสิทธิภาพของชีวผลิตภัณฑ์ *Bacillus subtilis* ในการควบคุมโรคกาบใบแห้งของข้าว." **วารสารวิชาการเกษตร** 19(1):4-12.

วรางคณา นกอยู่. 2545. "**บทบาทของสารละลายซิลิคอนต่อเชื้อราในกลุ่ม Pythiaceae ในสภาพห้องปฏิบัติการและต่อพืชผักในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.**" วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.

สุณีรัตน์ สีมะเดือ จิระเดช แจ่มสว่าง อำไพวรรณ ภราดร์นุวัฒน์ และชวลิต ยังประยูร. 2540. "การประยุกต์ใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* เพื่อควบคุมโรครากเน่าของส้มเขียวหวานซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสวนเกษตรกร". หน้า 315. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 35 สาขาพืช (บทคัดย่อ)**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

แสงมณี ชิงดวง ประเสริฐ เคร่งเปี่ยม และสุชาติ วิจิตรานนท์. 2540. "ผลของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่มีต่อเชื้อรา *Phytophthora parasitica* และ *Phytophthora palmivora* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของพริกไทยและโรคเน่าดำของวนิลา." **วารสารโรคพืช** 12 (1): 13-25.

หทัยรัตน์ ราชนิยม และถนิมนันต์ เจนอักษร. 2550. "รูปแบบชีวผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืช: ความอยู่รอดและการคงศักยภาพ รวมทั้งผลต่อการเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ในระบบ Deep Flow Technique." หน้า 259-273. *ใน* **การประชุมวิชาการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 8**. พิษณุโลก: สมาคมนักโรคพืชแห่งประเทศไทย สมาคมกีฏและสัตววิทยาแห่งประเทศไทย สมาคมวิทยาการวัชพืชแห่งประเทศไทย สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย สมาคมอารักขาพืชไทย และสมาคมคนไทยธุรกิจเกษตร.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Alvarez, J. and Datnoff, L. 1999. "Economics of Silicon." 9. *in* **Silicon in Agriculture**. Florida: Lago Mar Resort Fort Lauderale.

Belanger, R.R., Bowen, P.A., Ehret, D.L. and Menzies, J.G. 1995. "Soluble Silicon: Its Role in Crop and Disease Management of Greenhouse Crops." **Plant Disease** 79(4): 329-336.

Benoit, F. 1992. **Practical Guide For Simple Soilless Culture Techniques**. Sint-Katelijne-Waver: European Vegetable R&D Center.

Benoit, F. and Ceusterman, N. 1987. **Situation of the Soilless Culture in the Benelux**. Sint-Katelijne-Waver: European Vegetable R&D Center.

Berger, F., Li, H., White, D., Frazer, R. and Leifert, C. 1996. "Effect of Pathogen Inoculum, Antagonist Density and Plant Species on Biological Control of Phytophthora and Pythium Damping-off by *Bacillus subtilis* Cot 1 in High-humidity Fogging Glasshouses." **Phytopathology** 86:428-433.

Bhuvaneswari, V. and Rao, M.S. 2001. "Evaluation of *Trichoderma viride* Antagonistic to Postharvest Pathogen on Mango." **Indian Phytopathology** 54(4):493-494.

Bohme, M. 1999. "Effects of Lactate, Humate and *Bacillus subtilis* on the Growth of Tomato Plants in Hydroponis System." 231-239. *in* **Proceedings of International Symposium on Growing Media and Hydroponics**. Windsor: ISHS.

Carver, T.L.W., Zeyen, R.J. and Ahlstrand, G.G. 1987. "The Relation Between Soluble Silicon and Success of Failure of Tempted Penetration by Powdery Mildew (*Erysiphe graminis*) on Barley." **Physiology of Plant Pathology** 31: 133-148.

Chambers, S.M. and Scott, E.S. 1995. "*In vitro* Antagonism of *Phytophthora cinnamomi* and *P. citricola* by Isolates of *Trichoderma* spp. and *Gliocladium virens*. **Phytopathology** 143(8): 471-477.

Chatteton, S., J.C. Sutton and G.J. Boland. 2004. Timing *Pseudomonas chlororaphis* application to control *Pythium aphanidermatum*, *Pythium dissotocum*, and root rot in hydroponic peppers. **Biological control** 30: 360-373.

Chen, T.K. 1998. **The World of Hydroponics : a Technical Overview**. Taipei: Changhua Agricultural Extension Center.

Chuang, T.Y. and Ann, P.J. 1997. "Biological Control of Mango Anthracnose." **Plant Protection Bulletin Taipei** 39(3):227-240.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Douglas, J.S. 1988. **Beginner's Guide to Hydroponics**. London: Durlet & Tuner Ltd.

Erwin, D.C. and Ribeiro, O.K. 1996. **Phytophthora Disease Worldwide**. Minnesota: APS press.

Goldfarb, B., Nelson, E.E. and Hansen, E.M. 1989. "*Trichoderma* spp.: Growth Rates and Antagonism to *Phellinus weirii* In Vitro." **Mycologia** 81(3): 375-381.

Grosch, R., Kofoet, A. and Junge, H. 2001. "Biological Control of Root Pathogens in Soilless Culture Using Bacteria ." 45. *in* **Proceedings of the International Symposium on Growing Media and Hydroponics**. Macedonia: ISHS.

Herrero, M.L., Hermansen, A. and Elen, O.N. 2003. "Occurrence of *Pythium* spp. and *Phytophthora* spp. in Noewegian Greenhouses and their Pathogenicity on Cucumber Seedlings." **Journal of Phytopathology** 151: 36-41.

Hutton, P.G. and Forsberg, L.I. 1991. "Phytophthora Root Rot in Hydroponically Grown Lettuce." **Australian Plant Pathology** 20(22): 76-79.

Hwang. S.F., Chang, K.F., Howard, R.J., Deneka, B.A. and Turnbull, G.D. 1996. "Decrease in Incidence of Pythium Damping Off of Field Pea by Seed Treatment with *Bacillus* spp. and Metalaxyl." **Zeitschrift-fur-Pflanzenkrankheiten-und-Pflanzenschutz** 103:31-41.

Ikeda, H. 2001. **Hydroponics and/or Soilless Culture**. Osaka: Graduate School of Agriculture and Biological Sciences, Osaka Pref. Univ.

Jarris, R.W. 1992. **Managing Disease in Greenhouse Crops**. Minnesota: The American Phytopathological Society.

Jee, H.J., Nam, K.W. and Cho, W.D. 2001. "Severe Root Rot on Hydroponically-grown Lettuce Caused by *Phytophthora drechsleri*." **Plant Pathology Journal** 17(5): 311-314.

Jenkins, S.F. and Averre, C.W. 1983. "Root Disease of Vegetables in Hydroponic Culture System in North Carolina Greenhouse." **Plant Disease** 67(9): 968-970.

Johnson, L.F. and Curl, E.A. 1972. **Methods for Research on the Soilborne Plant Pathogen.** Minnesota: Burgess Publishing Company.

Kaiser, C., Merwe, R., Bekker, T.F. and Labuschagne, N. 2005. " In-vitro Inhibition of Mycelium Growth of Several Phytopathogenic Fungi, Including *Phytophthora cinnamomi* by Soluble Silicon." **South African Avocado Growers' Association Yearbook** 28: 70-74.

Li, H., White, D., Lanza, K.A., Berger, F. and Leifert, C. 1998. "Biological Control of *Botryris*, *Phytophthora* and *Pythium* by *Bacillus subtilis* Cot1 and CL27 of Micropropagated Plants in High-humidity Fogging Grasshouses." **Plant Cell, Tissue and Organ Culture** 52: 109-112.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lolas, M., Donoso, E., Gonzales, V. and Carrasco, G. 2005. "Use of a Chilean Native Strain 'Sherwood' of *Trichoderma virens* on the Biocontrol of *Botrytis cinerea* in Lettuces Grown by a Float System." p. 56. *in* **Proceedings of the International Symposium on Soilless Culture and Hydroponics**. Almeria: ISHS.

MacDonald, J.D., All-Shtayeh, M.S., Kabashima, J. and Stites, J. 1994. "Occurrence of *Phytophthora* Species in Recirculated Nursery Irrigation Effluents. **Plant Disease** 78(6): 607-611.

Mari, M., Guizzardi, M. and Pratella, G.C. 1996. "Biological Control of Gray Mold in Pears by Antagonistic Bacteria." **Biological Control** 7(1): 30-37.

Martinez, B., Gonzales, R. and Balance, C. 1998. "Antagonism of *Trichoderma* spp. Strains on Some Sugarcane Pathogens." **Fitopatologia** 33(4):207-211.

Masago, H., Yoshikawa, M., Fukada, M. and Nakanishi, N. 1977. "Selective Inhibition of *Pythium* spp. on a Medium for Direct isolation of *Phytophthora* spp. From Soils and Plants." **Phytopathology** 67(8): 425-428.

Menzies, J.G., Bowen, P., Ehret, D.L. and Glass, A.D.M. 1992. "Foliar Application of Potassium Silicate Reduce Severity of Powdery Mildew on Cucumber, Muskmelon and Zucchini Squash." **Journal of American Society for Horticulture Science** 177: 902-905.

Menzies, J.G., Ehret, D.L., Glass, A.D.M. and Samuels, A.L. 1990. "The Influence of Silicon on Cytological Interactions Between *Sphaerotheca fulginea* and *Cucumis sativus*." **Physiology Molecular of Plant Pathology** 39(2):403-414.

Morgan, L. 1999. "Silicon in Hydroponics." **Practical Hydroponics** 47(3): 110-126.

Ninq, S.S., Hsieh, S.P.Y. and Chen, J.S. 1998. "Control of Seed-borne Pathogenic Fungi of Turfgrasses by Fungicides and Antagonistic Microorganism in Laboratory Tests." **Plant Protection Bulletin Taipei** 40(2): 133-143.

Os, E. and Benoit, F. 1997. **State of the Art of Dutch and Belgian Green House Horticulture and Hydroponics**. Wageningen: DLO-Institute of Agricultural and Environmental Engineering.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ozbay, N., Newman, S.E. and Brown, W.M. 2004. "Evaluation of *Trichoderma harzianum* Strains to Control Crown and Root Rot of Greenhouse Fresh Market Tomatoes." p. 79-85. *in* **XXVI International Horticultural Congress: Managing Soil-borne Pathogens: a Sound Rhizosphere to Improve Productivity in Intensive Horticultural Systems**. Toronto: ISHS.

Pechprome, S. and Soytong, K. 1997. "Integrated Biological Control of Durian Stem and Root Rot Caused by *Phytophthora palmivora*." 228-237. *in* **Proceedings of the First International Symposium on Biopesticides**. Bangkok.

Pegg, G.F. and Holderness, M. 1984. "Infection and Disease Development in NFT-grown Tomato." 493-509. *in* **Proceedings of the 6th International Congress**. Wagenigen: ISOSC.

Resh, H.M. 1981. **Hydroponics Food Production**. California: Woodbridge Press Publishing Company.

Rubatzky, V.E. and Yamaguchi, M. 1997. **World Vegetables: Principles, Production, and Nutritive Values**. 2nd ed. New York: Chapman&Hall.

Rumine, P. 1996. "Infection of *Phytophthora* on Gerbera in Hydroponic Solution." **Colture Protette** 25(9): 121-124.

Rumine, P. and Infantino, A. 1994. "*Phytophthora cryptogea* on Gerbera: Influence of Recirculating Soilless Cultivation System." **Colture Protette** 23(10): 99-102.

Samuels, A.L. Glass, A.D.M., Ehret, D.L. and Menzies, J.G. 1991. "Distribution of Silicon in Cucumber Leaves During Infection by Powdery Mildew Fungus (*Sphaerotheca fuliginea*)." **Canada Journal of Botany** 69(11): 140-146.

Smith, V.L., Wilcox, W.F. and Harman, G.E. 1990. "Potential for Biological Control of Phytophthora Root and Crown Rots of Apple by *Trichoderma* and *Gliocladium* spp." **Phytopathology** 80(9): 880-885.

Sodsaart, P. and Soytong, K. 1999. " Biological Control of Black Pepper Root and Basal Stem Rot in the Field." 68-70. *in* **Proceedings of Symposium on Biological Control in Tropics**. Serdang: MARDT Training Center.

Stanghellini, M.E. and Rasmussen, S.L. 1994. "Hydroponics: a Solution for Zoosporic Pathogens." **Plant Disease** 78(12): 1129-1138.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stanghellini, M.E., Kim, D.H., Rasmussen, S.L. and Rorabaugh, P.A. 1996. "Control of Root Rot of Peppers Caused by *Phytophthora capsici* with a Nonionics Surfactant." **Plant Disease** 80(12): 1113-1116.

Thinggaard, K. 1988. "Biological Control of Root Pathogenic Fungi by *Trichoderma*." **Acta Horticulturae** 211(4): 20.

Turner, J.T. and Backman, P.A. 1991. "Factors Relating to Peanut Yield Increases after Seed Treatment with *Bacillus subtilis*." **Plant Disease** 75(4): 347-353.

Yang, Y., Chang, K.F., Hwang, S.F., Callan, N.W., Howard, R.J. and Blade, S.F. 2004. "Biocontrol Control of Pythium Damping-off in *Echinacea angustifolia* with *Trichoderma* Species." **Zeitschrift fur Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz** 111(2): 126-136.

Yedidia, I., Benhamou, N. and Chet, J. 1999. "Induction of Defense Responses in Cucumber Plants (*Cucumis sativus* L.) by the Biocontrol Agent *Trichoderma harzianum*." **Applied and Environmental Microbiology** 65(3): 1061-1070.

Zinnen, T.M. 1988. "Assessment of Plant Diseases in Hydroponic Culture." **Plant Disease** 72(2): 96-99.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

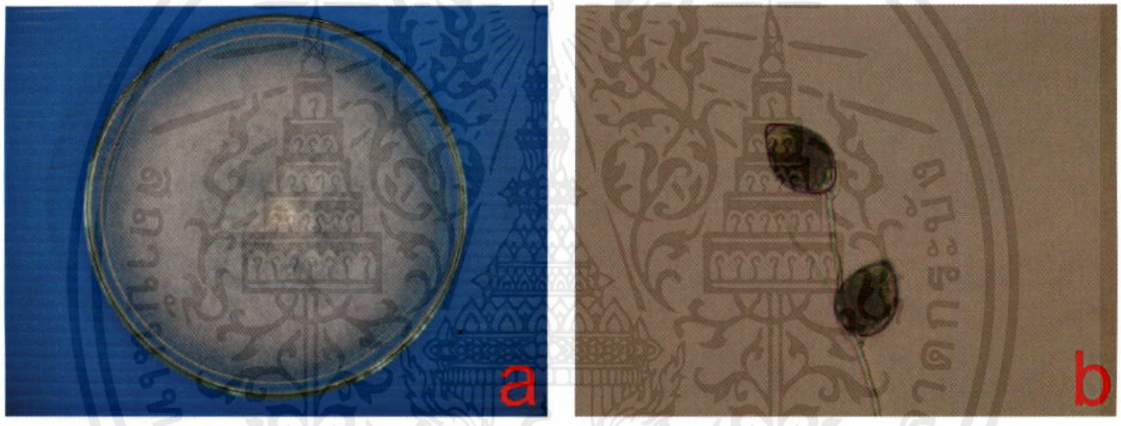
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
รายละเอียดของเชื้อราที่นำมาทดสอบ

เชื้อรา *Phytophthora parasitica* Dastur

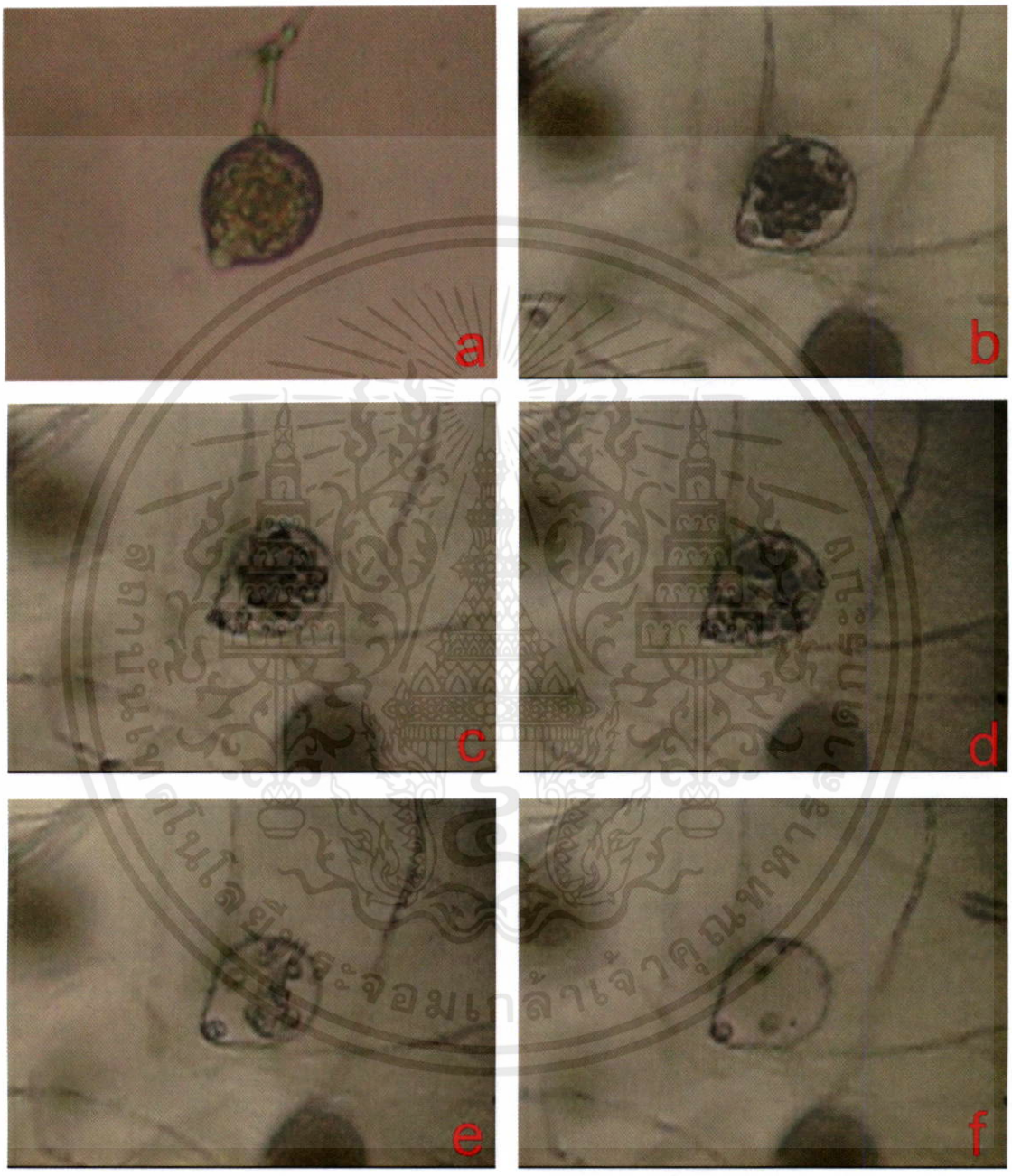
ลักษณะโคโลนีบนอาหาร PDA มีสีขาวฟูละเอียด เจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 ซม.) ภายใน 9 วัน เมื่อทำการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า เส้นใยใส ไม่มีสี ไม่มีผนังกั้น สร้าง sporangium แบบ limoniform บนก้าน sporangiophore ที่แตกกิ่งแบบ sympodial ที่ปลายของ sporangium ที่แก่เต็มที่มี papilla และไม่พบการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ เนื่องจากเป็น heterothallic (ภาพภาคผนวกที่ 1 ก)



ภาพภาคผนวกที่ 1 ก เชื้อรา *Phytophthora parasitica* Dastur สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ deep flow technique: a. ลักษณะโคโลนีบนอาหาร PDA ที่อายุ 10 วัน, b. sporangium

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาการปลดปล่อย zoospore ของเชื้อรา *P. parasitica* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า ปลดปล่อย zoospores ออกมาจาก sporangium ทางรูเปิดที่เกิดจากการสลายตัวของ papilla ประมาณ 45 zoospores/sporangium (ภาพภาคผนวกที่ 2 ก)

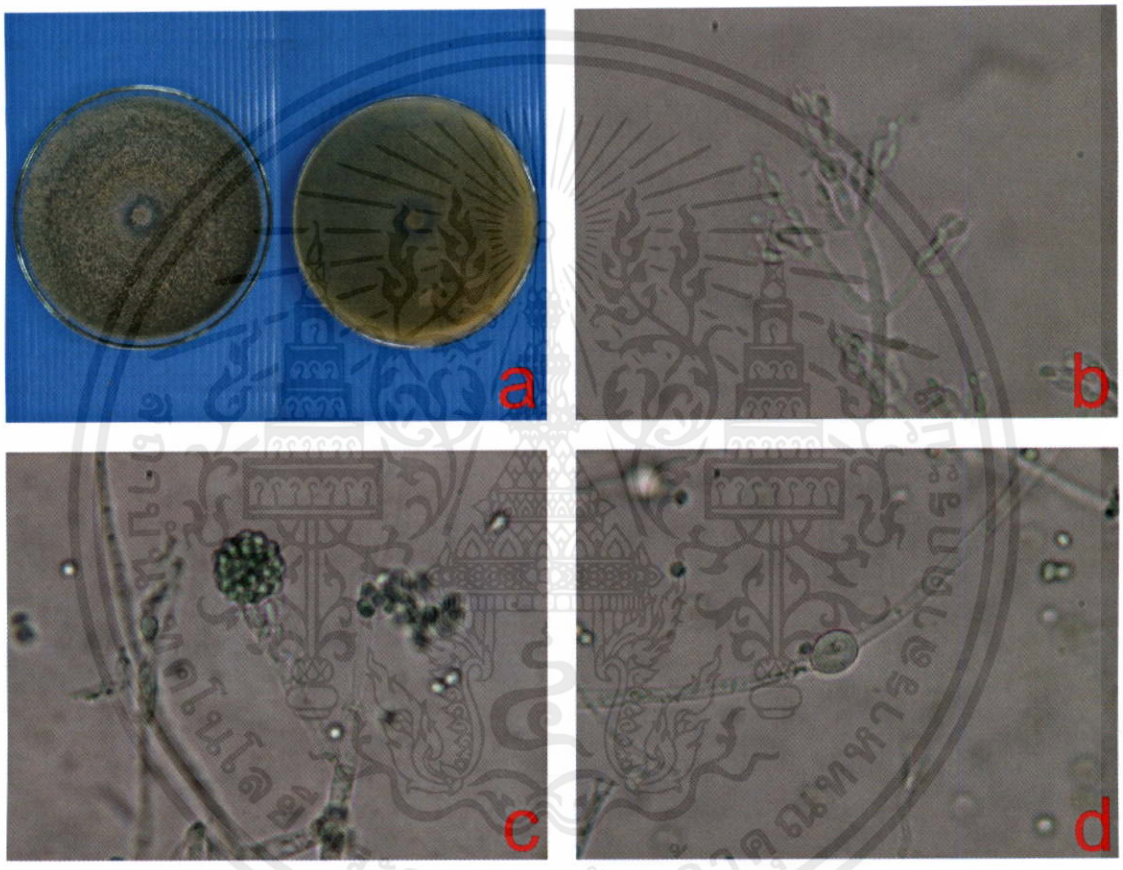


ภาพภาคผนวกที่ 2 ก การปลดปล่อย zoospore ของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* Dastur.: a. sporangium, b-f. ปลดปล่อย zoospore ออกมาจาก sporangium ทาง papilla

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* Bissett จากดินเกษตรกรรม

ลักษณะโคโลนีบนอาหาร PDA มีสีเขียวค่อนข้างเหลือง เจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 ซม.) ภายใน 60 ชั่วโมง เมื่อทำการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า เส้นใยใส ไม่มีสี มีผนังกั้น conidiophore มีลักษณะยาวและแตกแขนงสั้น สร้าง phialides 3 อัน/ช่อ แบบ ampulliform สร้าง conidia แบบ ellipsoidal ผนังเรียบ สีเขียวอ่อน สร้าง chlamydospore อันเดียวอยู่ระหว่างเส้นใย แบบ obovatae (ภาพภาคผนวกที่ 3 ก)



ภาพภาคผนวกที่ 3 ก เชื้อรา *Trichoderma citrinoviride* Bissett: a. ลักษณะโคโลนีบนอาหาร PDA ที่อายุ 7 วัน, b. conidiophore และ phialides, c. conidial ball, d. chlamydospore

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

รายละเอียดสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการทดลอง

สูตรสารละลายธาตุอาหาร

สารละลายธาตุอาหารที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ เป็นสารละลายธาตุอาหารสูตรสำหรับปลูกพืชผักกินใบของ Benoit (1992) ซึ่งมีส่วนผสมดังต่อไปนี้

สารละลาย A (ต่อน้ำ 20 ลิตร) : ความเข้มข้น 100 เท่า

potassium nitrate (14% N , 46% K_2O)	0.592	kg.
calcium nitrate (15.5% N , 20% Ca)	1.340	kg.
Fe – chelate (6% Fe)	0.100	kg.

สารละลาย B (ต่อน้ำ 20 ลิตร) : ความเข้มข้น 100 เท่า

potassium nitrate (14% N , 46% K_2O)	0.592	kg.
magnesium sulphate (16.7% MgO , 13% S)	0.320	kg.
mono – potassium phosphate (35% K_2O , 53% P_2O_5)	0.354	kg.
manganese sulphate (32% Mn)	3.40	g.
copper sulphate (25% Cu)	0.38	g.
zinc sulphate (23% Zn)	2.30	g.
borax (11.3% B)	5.70	g.
sodium molybdate (40% Mo)	0.24	g.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า pH และ EC ของสารละลายธาตุอาหารหลังใส่สารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ในการทดลองครั้งนี้ เตรียมสารละลายธาตุอาหารที่ EC 2 mS/cm และ pH อยู่ในช่วง 5.6-6.2 เมื่อพืชอายุ 13 วัน จะใส่สารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงในระบบ และพบว่าค่า pH และ EC ของสารละลายธาตุอาหารหลังใส่สารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงไป ดังแสดงในตารางภาคผนวก ข

ตารางภาคผนวก ข ค่า pH และ EC ของสารละลายธาตุอาหารหลังใส่สารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงในระบบ ที่พืชอายุ 13 วัน

สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	ค่า pH	ค่า EC (mS/cm)
ไม่ใส่	0	6.0	1.89
sodium silicate	250	7.7	1.93
	500	8.5	1.99
potassium silicate	250	7.9	1.95
	500	8.9	2.11
ไฟตอน	250	6.0	1.90
	500	6.1	1.92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ผลงานที่ลงตีพิมพ์เผยแพร่

ฐิติกร ปริยาพร และถนิมนันต์ เจนอักษร. 2550. "ชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืช: ความอยู่รอดและผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในระบบ Deep Flow Technique." **วารสารเกษตรพระจอมเกล้า** 25(3): 27-38.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วารสาร
เกษตรพระจอมเกล้า
KING MONGKUT'S AGRICULTURAL JOURNAL

กันยายน-ธันวาคม 2550 ISSN 0857-0108 SEPTEMBER-DECEMBER 2007
ปีที่ 25 ฉบับที่ 3 VOLUME 25 NUMBER 3

สารบัญ

งานวิจัย		หน้า
☐ คุณภาพเนื้อของไก่กระทง ไก่พื้นเมือง ไก่สีทอง และไก่ตะนาวศรี	*จันทร์พร เจ้าทรัพย์ และ กันยา ดันดิวิสุทธิกุล*	1
☐ การบำบัดน้ำเสียโดยใช้ไซยาโนแบคทีเรีย *Calothrix marchica* Lemm	*สุนีรัตน์ เรืองสมบูรณ์*	13
☐ ชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืช : ความอยู่รอดและผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ *(Brassica campestris* L. var. *chinensis)* ในระบบ Deep Flow Technique	*ฐิติกร ปริยาพร และ ถนิมนันต์ เจนอักษร*	27
☐ การตอบสนองของหญ้าปักกิ่งต่อปริมาณน้ำและความถี่ของการให้น้ำ	*สมยศ เดชภิรัตนมงคล ธวัชชัย อุบลเกิด สมมารถ อยู่สุขยิ่งสถาพร และ โดม หาญพิชิตวิทยา*	39
☐ ความสัมพันธ์ระหว่างเห็ดกับดินในระบบนิเวศป่าไม้ จังหวัดเพชรบูรณ์	*กิตติมา ด้วงแค*	50
☐ ผลผลิตในปีที่ 1-3 ของสบู่ดำจำนวน 5 สายพันธุ์ที่ปลูกด้วยเมล็ด	*วราภรณ์ แสงทอง นภดล หอมหวาน ชำนาญ ฉัตรแก้ว ทูเรียน ทาเจริญ ศุภางค์ ทิพย์พิทักษ์ และ ดนุวัต เพ็งอ้น*	65
☐ อิทธิพลของ 2-NOA และ GA_3 ต่อการติดผลของมะเขือเทศลูกผสมระหว่าง CL5915-93 X สีดาทิพย์ 3 ที่ปลูกภายในเรือนทดลอง	*สมภพ ฐิตะวสันต์ และ ธเนศ แซ่เฮ้ง*	74
☐ ผลของออสโมไพรมิงต่อความงอก ความงอกในไร่และความแข็งแรงของเมล็ดพันธุ์มะเขือเทศภายหลังการเร่งอายุ	*อารมย์ ศรีพิจิตต์ และ สุมาลิกาญจน์ ด้วงทอง*	83
☐ ผลของระบบรูปทรงต้น 4 แบบ ในการปลูกระยะชิดที่มีต่อคุณภาพผลของชมพู่พันธุ์ทับทิมจันท์ในสองปีของการให้ผลผลิต	*กวิศร์ วานิชกุล พนม สุทธิศักดิ์ไสภณ และ เพทาย กาญจนเกษร*	100
บทความ		
☐ อัตราความเร็วลมที่เหมาะสมภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูงสำหรับการผลิตไก่เนื้อ	*ธันวา ไวยบท*	108

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วารสารเกษตรพระจอมเกล้า 25:3(27-38)

ชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืช : ความอยู่รอดและผลต่อการเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในระบบ Deep Flow Technique

Antagonistic Bioproduct : Survival and Their Effect on Growth of Chinese Cabbage (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) in Deep Flow Technique

ฐิติกร ปริยาพร[1] และณิมนันต์ เจนอักษร[1]

บทคัดย่อ

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเป็นที่ยอมรับว่าสามารถหลีกเลี่ยงปัญหาด้านโรคพืชที่มีสาเหตุมาจากดินได้ แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพบการระบาดของโรครุนแรง เกษตรกรมักใช้สารเคมีเข้ามาป้องกันกำจัดโรคพืช ซึ่งส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีน่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ร่วมกับระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้ สำหรับประเทศไทยชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืชที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ยังจำกัดการใช้อยู่กับพืชที่ปลูกในดินเท่านั้น ดังนั้นควรศึกษาเบื้องต้นถึงความอยู่รอด การคงความสามารถในการเป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน รวมทั้งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช การทดลองครั้งนี้มุ่งเน้นที่ชีวภัณฑ์ที่เป็นเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราซึ่งเป็นที่ยอมรับและมีจำหน่ายในท้องตลาด คือ product 1 (เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis*), product 2 (เชื้อรา *Trichoderma harzianum*) เปรียบเทียบกับ *Trichoderma* sp. (แบบสปอร์แขวนลอย) ที่แยกจากดินเกษตรกรรม โดยใส่ในสารละลายธาตุอาหาร (อัตราการใช้ตามที่ระบุบนฉลากเท่ากับ 10^5 หรือ 10^6 CFU/ml) ที่ปลูกผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในระบบ Deep Flow Technique (DFT) ผลการทดลองพบว่า เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทุกชนิดสามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ในสารละลายธาตุอาหารตลอดการทดลอง แต่ปริมาณลดลงเหลือ 0.15×10^1-2.28×10^3 CFU/ml ในวันเก็บเกี่ยว นอกจากนี้ยังตรวจพบเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทุกชนิดที่รากพืชและมีปริมาณสูงกว่าในสารละลายธาตุอาหาร โดยเชื้อรา *Trichoderma* sp. (แบบสปอร์แขวนลอย) มีปริมาณมากที่สุด (7.4×10^4 CFU/g) สำหรับศักยภาพของเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ดังกล่าว พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทุกชนิดที่แยกจากสารละลายธาตุอาหารในขณะที่พืชอายุ 14, 21, 28 วัน และรากพืชในวันเก็บเกี่ยว สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการได้สม่ำเสมอ ในด้านผลผลิต พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่เป็นเชื้อรา (product 2 และ *Trichoderma* sp.) มีผลส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ ในขณะที่เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่เป็นเชื้อแบคทีเรีย (product 1) ไม่มีผลต่อการเจริญเติบโตของผักดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

Abstract

One of the distinct advantages of hydroponic technology is soilborne diseases are virtually eliminated. Nevertheless, crops grown in hydroponics can become rapidly and uniformly infected with the pathogen through the passive movement of the pathogen through the nutrient solution. Giving hydroponics a helping hand by introducing indigenous or commercial biological control agents would probably provide a safe, non-toxic alternative to chemical root-disease treatment. Nowadays, biocontrol products have been marketed worldwide, however, such products in Thailand have been developed only for crops grown in soil. Before making good use of these products in this regard, their biological characteristics in the specific environment of hydroponics should be preliminarily determined. Therefore, this study was done to evaluate the survival, persistence, activity of two types of commercial bioproducts (product 1: *Bacillus subtilis*; product 2: *Trichoderma harzianum*) and one strain of an indigenous *Trichoderma* sp. in DFT-nutrient solution for growing Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*). In addition, their effect on crop growth was also determined. The results showed that all tested biocontrol products did survive up to the end of cropping but their populations decreased to $0.15x10^{1}$-$2.28x10^{3}$ CFU/ml at harvest. Moreover, the survival of biocontrol agents were also detected on the crop root. The highest surviving population ($7.4x10^{4}$ CFU/g) was *Trichoderma* sp. (spore suspension). With regard to the activities of biocontrol agents, all tested bioproducts periodically isolated from nutrient solution (at 14, 21 and 28 days of plant age) and root (at harvest) significantly inhibited the mycelial growth of *Phytophthora parasitica in vitro*. Regarding their effect on crop yield, beneficial effects were significantly noted on biocontrol product 2 (*Trichoderma harzianum*) and *Trichoderma* sp. whilst the presence of *Bacillus subtilis* (product 1) in the nutrient solution gave the same yield as that in control.

คำนำ

ศักยภาพของเทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (hydroponics) นั้น เป็นที่ยอมรับและนิยมกันอย่างแพร่หลายในการนำมาผลิตพืชผักและไม้ดอกเป็นการค้า (Benoit and Ceusterman, 1987; Chen, 1998; Ikeda, 2001) ซึ่งเป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกว่าระบบการผลิตพืชโดยไม่ใช้ดินสอดคล้องกับเรื่องการเกษตรยั่งยืน (sustainable agriculture) ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด (Benoit, 1992) แต่อย่างไรก็ตามหากในระหว่างการปฏิบัติจริงไม่ทำการรักษาความสะอาดระบบอย่างเคร่งครัดแล้ว เชื้อสาเหตุโรคพืชก็จะปนเปื้อนเข้ามาและลุกลามจนก่อความเสียหายให้แก่พืชในระบบปลูกได้เช่นกัน ดังรายงานในต่างประเทศพบว่า เชื้อรา *Phytophthora parasitica* สามารถเข้าทำลายพืชได้หลายชนิดที่ปลูกในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยทำให้พืชที่ปลูกในระบบนี้เป็นโรครากเน่า (Zinnen, 1988; Stanghellini and Rasmussen, 1994) และเมื่อการระบาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น

ของโรครุนแรงมากขึ้น ทำให้มีการนำสารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืชมาใช้ ส่งผลให้ข้อดีของระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินนี้สูญเสียไป

เนื่องจากกระแสโลกพยายามลดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดโรคพืช กอปรกับได้มีรายงานทั้งต่างประเทศและในประเทศไทย ถึงความพยายามหาวิธีทางในการป้องกันกำจัดโรคพืชแนวทางอื่นมาทดแทนการใช้สารเคมี แนวทางหนึ่งที่ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากและนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมโรคพืชทั้งที่เป็นเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ *Bacillus subtilis* โดยมีรายงานว่าสามารถป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่า โรคราแป้งขาว โรคกาบใบแห้งและโรคแอนแทรคโนสของพืชตระกูลแตง ข้าวและมะม่วง เป็นต้น (พากเพียร และคณะ, 2544; Berger *et al*., 1996; Chuang and Ann, 1997) และเชื้อรา ได้แก่ *Trichoderma harzianum* โดยมีรายงานว่าสามารถป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่า โรคราสนิมและโรคแอนแทรคโนสของพืชตระกูลส้ม พริกไทย องุ่น วนิลา อ้อยและมะม่วง เป็นต้น (สุณีรัตน์ และคณะ, 2540; Pechprome and Soytong, 1997) ซึ่งรูปแบบในการนำมาใช้มีทั้งที่เป็นชีวภัณฑ์สำเร็จรูปที่มีขายตามท้องตลาดและในรูปของเชื้อสด ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วจะมีการนำมาใช้ในการปลูกพืชทางดิน ส่วนในระบบการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในต่างประเทศนั้นก็พบว่ามีรายงานการใช้เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบเช่นกัน ทั้งที่เป็นเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* (Grosch *et al*., 2001) และเชื้อรา *Trichoderma harzianum* (Thinggaard, 1988; Yedidia *et al*., 1999; Ozbay *et al*., 2004)

จากความสำคัญของเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในแง่การป้องกันกำจัดโรคพืชดังที่กล่าวมาเบื้องต้น จึงได้มีแนวคิดนำชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืชมาใช้ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน แต่ในประเทศไทยชีวภัณฑ์ดังกล่าวยังจำกัดการใช้อยู่กับพืชที่ปลูกในดินเท่านั้น ดังนั้นควรศึกษาเบื้องต้นถึงความอยู่รอด การคงความสามารถในการเป็น จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ และผลต่อการเจริญเติบโตของพืช การทดลองครั้งนี้เลือกใช้ชีวภัณฑ์ซึ่งเป็นที่ยอมรับและมีจำหน่ายในท้องตลาด คือ เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtillis* จากชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืชลาร์มิน่า (ชนิดผง) และเชื้อรา *Trichoderma harzianum* จากชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืชไตรซาน (ชนิดผง) เปรียบเทียบกับเชื้อรา *Trichoderma* sp. จากดินเกษตรกรรม (ชนิดสปอร์แขวนลอย) ที่ทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการแล้วว่ามีความสามารถในการเป็น จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ โดยใส่ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในระบบ Deep Flow Technique (DFT) ซึ่งผักดังกล่าวเป็นผักกินใบที่เก็บเกี่ยวช่วงอายุสั้นและนิยมปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเชิงธุรกิจในประเทศไทย (ดิเรก, 2546) เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณา นำชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืชมาใช้ควบคุมโรคพืชทดแทนการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา (fungicide) และเพิ่มศักยภาพการผลิตพืชในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินในประเทศไทยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น โดยมี 4

สิ่งทดลอง คือ สารละลายธาตุอาหารพืชที่ไม่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ และสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์แตกต่างกัน 3 ชนิด ดังนี้ เชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtillis* จากชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืช ลาร์มิน่าแบบผง (product 1), เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จากชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืชไตรซานแบบผง (product 2) และเชื้อรา *Trichoderma* sp. จากดินเกษตรกรรมแบบสปอร์แขวนลอย

2. **การปลูกพืชผักในระบบ** Deep Flow Technique (DFT)

การเตรียมต้นกล้า ทำการเพาะเมล็ดผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ในฟองน้ำสำหรับปลูกพืชขนาด 2.5x2.5 ซม. ต้นกล้าเริ่มมีใบจริงจึงรดด้วยสารละลายธาตุอาหารพืชสูตรสำหรับปลูกพืชผักกินใบของ Benoit (1992) ที่ EC (electrical conductivity) =1 mS/cm ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 5.6-6.2 จนพืชอายุ 7 วัน ย้ายไปอนุบาลในระบบ DFT อนุบาล และเมื่อต้นกล้าอายุ 14 วันจึงย้ายไปปลูกในระบบ DFT ต่อไป

การปลูกพืช นำต้นกล้าที่เตรียมไว้มาปลูกในระบบ DFT ที่ประกอบด้วยภาชนะพลาสติกสีดำ (ทาสีด้านนอกด้วยสีเงินเพื่อป้องกันการดูดความร้อนจากแสงอาทิตย์) สำหรับบรรจุสารละลายธาตุอาหารพืช (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 43 ซม. สูง 15 ซม. ความจุ 15 ลิตร) และปิดปากภาชนะด้วยแผ่นโฟม (ขนาด 50x50x1 ซม.) ที่เจาะช่องขนาด 2.2x2.2 ซม. ไว้ 5 ช่อง สำหรับใส่ต้นพืชผักทดลองช่องละ 1 ต้น โดยเตรียมสารละลายธาตุอาหารพืชที่ EC = 2 mS/cm ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 5.6-6.2 ขณะทดลองเพิ่มอากาศให้สารละลายธาตุอาหารพืช โดยจ่ายอากาศผ่านหัวทรายด้วยปั๊มอากาศ

สถานที่ดำเนินการทดลอง โรงเรือนแบบปิด (evaporation greenhouse) อุณหภูมิประมาณ 27 – 30 °C

3. **การใส่เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ลงในระบบ** Deep Flow Technique (DFT)

ใส่เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์แต่ละชนิดลงในสารละลายธาตุอาหารพืชในวันแรกที่ย้ายลงระบบ DFT (พืชอายุ 14 วัน) ตามอัตราการใช้ที่ระบุบนฉลากชีวภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืช (อัตรา 50 กรัม/น้ำ 20 ลิตร) ซึ่ง product 1 และ product 2 มีปริมาณเชื้อในสารละลายธาตุอาหารพืชเท่ากับ $1x10^6$ และ $1x10^5$ CFU/ml ส่วนเชื้อรา *Trichoderma* sp. มีปริมาณเชื้อในสารละลายธาตุอาหารพืชเท่ากับ $1x10^5$ CFU/ml โดยเลี้ยงบนอาหาร potato dextrose agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 7 วัน เมื่อเชื้อราสร้างสปอร์แล้วจึงเตรียมสปอร์แขวนลอยโดยใช้ haemacytometer เป็นเครื่องมือนับและปรับความเข้มข้นของสปอร์ตามที่กำหนด

4. **การบันทึกผลการทดลอง**

4.1 ปริมาณความอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหารพืชและที่รากพืช

ตรวจสอบปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหารพืช โดยเก็บตัวอย่างสารละลายธาตุอาหารพืชทุกวันในตอนเช้า และเก็บตัวอย่างรากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) มาตรวจสอบปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์โดยวิธี dilution spread plate โดยเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* (product 1) ตรวจสอบบน *Bacillus subtilis* semiselective medium (Turner and Backman, 1991) ส่วน *Trichoderma harzianum* (product 2) และเชื้อรา *Trichoderma* sp. ตรวจสอบบน Martin's medium (Johnson and Curl, 1972) ทำการตรวจนับโคโลนีที่เกิดขึ้นบน selective media

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ Deep Flow Technique (DFT)

ทำการทดลองต่อเนื่องจากการทดลองที่ 4.1 โดยนำเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่ถูกแยกมาจากสารละลายธาตุอาหารพืช ในขณะที่พืชอายุ 14, 21, 28 วัน และที่รากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) มาทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* (สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน) ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยวิธี paper-disc diffusion method (สำหรับเชื้อแบคทีเรีย) และ วิธี Bi-culture antagonistic test (สำหรับเชื้อรา)

4.3 การเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้

ทำการวัดการเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ทางด้านความสูง, จำนวนใบ และขนาดใบ ทุกสัปดาห์ตั้งแต่ลงระบบ DFT จนเก็บเกี่ยว (พืชอายุ 14, 21 และ 28 วัน) และผลผลิตทางด้านน้ำหนักสดของต้นและรากในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต

ผลการทดลอง

1. ปริมาณความอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหารพืชและที่รากพืช

ปริมาณความอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหารพืช

จากการเก็บตัวอย่างสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ชนิดต่าง ๆ มาทำการตรวจสอบถึงปริมาณความอยู่รอดของเชื้อดังกล่าวในระบบ DFT พบว่า เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทุกชนิดสามารถมีชีวิตอยู่ได้ในสารละลายธาตุอาหารพืชตลอดการทดลอง และเป็นที่น่าสังเกตว่าหลังจากใส่เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่เป็นเชื้อแบคทีเรีย (product 1) ลงในสารละลายธาตุอาหารพืชในวันแรกที่ย้ายลงระบบ DFT (พืชอายุ 14 วัน) ปริมาณเริ่มต้นที่ $1x10^6$ CFU/ml (คำนวณตามอัตราการใช้ที่ระบุบนฉลาก) แต่กลับตรวจพบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เพียง $3.50x10^3$ CFU/ml ซึ่งแตกต่างจากกลุ่มเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่เป็นเชื้อรา (product 2 และ *Trichoderma* sp.) ใส่ในปริมาณเริ่มต้นที่ $1x10^5$ CFU/ml (คำนวณตามอัตราการใช้ที่ระบุบนฉลาก) และตรวจพบปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ $8.15x10^5$ และ $9.65x10^5$ CFU/ml ซึ่งเท่ากับปริมาณที่ระบุบนฉลาก (Figure 1)

กลุ่มเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่เป็นเชื้อรา (product 2 และ *Trichoderma* sp.) ปริมาณจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกหลังจากใส่เชื้อลงในระบบ โดยพบว่าเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จาก product 2 ลดลงมากกว่า *Trichoderma* sp. คือ เมื่อพืชอายุ 17 วัน มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เหลือ $1.10x10^2$ CFU/ml หลังจากนั้นค่อนข้างคงที่ จนกระทั่งพืชอายุ 25 วัน ปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จะลดลงอย่างต่อเนื่องเหลือเพียง 1.5 CFU/ml ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต ส่วน *Trichoderma* sp. เมื่อพืชอายุ 16 วัน มีปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ลดลงเหลือ $2.15x10^4$ CFU/ml หลังจากนั้นจะลดลงค่อนข้างช้าเหลือ $2.28x10^3$ CFU/ml ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งแตกต่างจากเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่เป็นเชื้อแบคทีเรีย (product 1) พบว่าปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ลดลงค่อนข้างช้าตลอดการทดลอง จนเหลือ $8.80x10^1$ CFU/ml ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (Figure 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

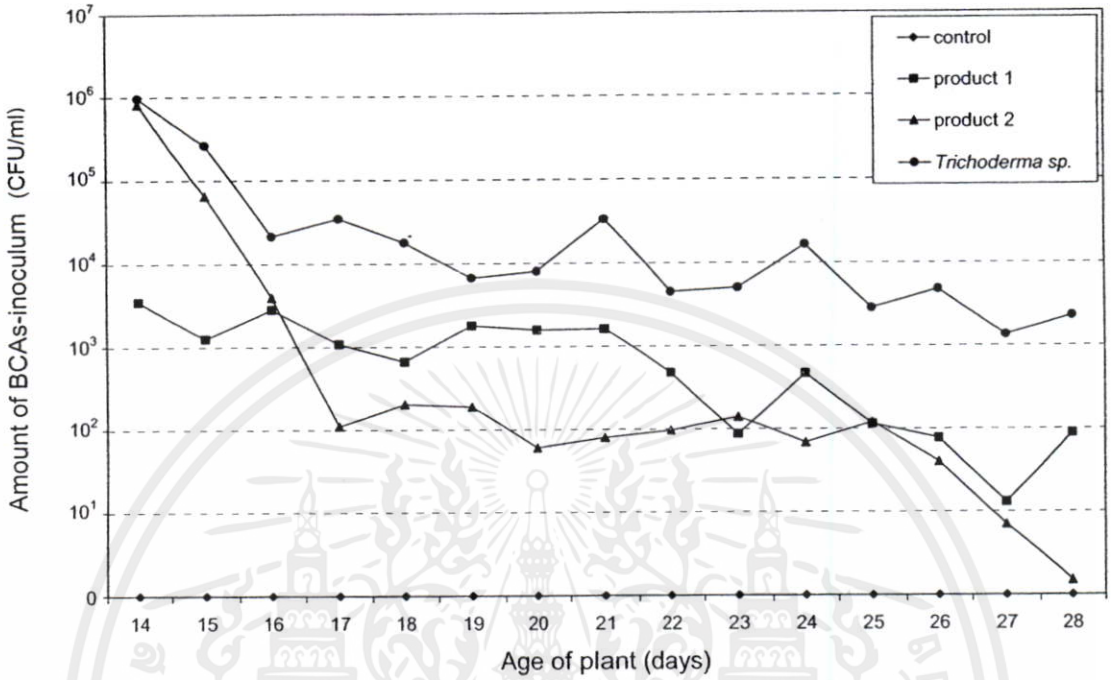


Figure 1 Survival of biocontrol agents in DFT-nutrient solution during 15 days of chinese cabbage cropping.

ปริมาณความอยู่รอดของเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่รากพืช

จากการเก็บตัวอย่างรากของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) มาทำการตรวจหาปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จากราก พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้ง 3 ชนิด สามารถมีชีวิตอยู่ได้ที่รากในปริมาณมากกว่าที่ตรวจพบจากสารละลายธาตุอาหารพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต ซึ่งพบปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จากรากในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใส่ *Trichoderma* sp. มากที่สุด รองลงมาคือ product 1 และ product 2 (7.40×10^4, 2.56×10^4 และ 2.33×10^2 CFU/g) ตามลำดับ (Figure 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

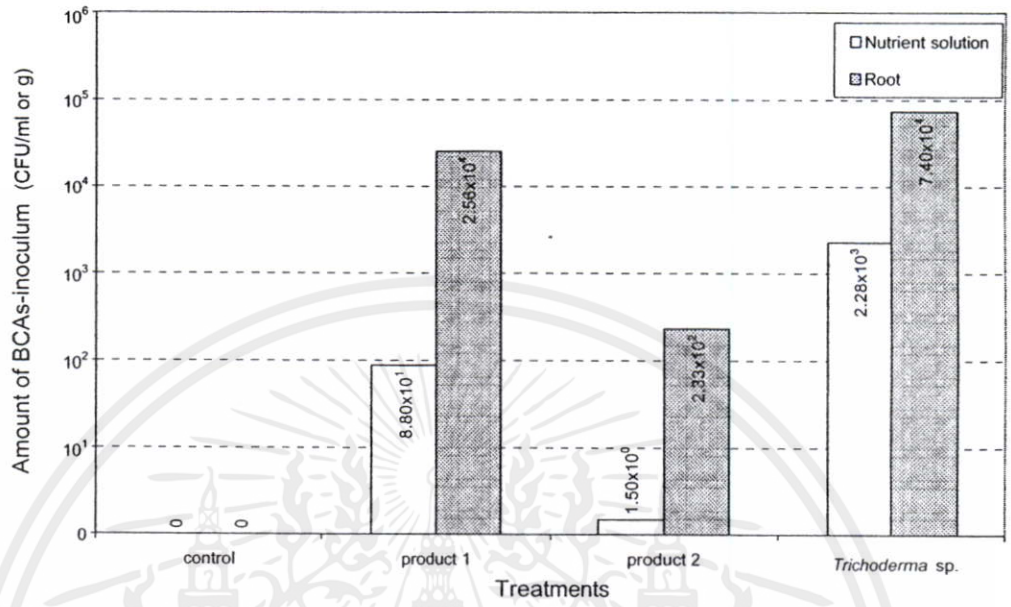


Figure 2 Amount of biocontrol agents from nutrient solution and root of chinese cabbage grown in DFT detected at harvest.

2. **ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ Deep Flow Technique (DFT)**

จากการทดสอบศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ DFT พบว่าเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้ง 3 ชนิด ที่แยกจากในสารละลายธาตุอาหารพืชในขณะที่พืชอายุ 14, 21, 28 วัน และรากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาที่ตรวจสอบ โดยกลุ่มเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่เป็นเชื้อรามีเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญค่อนข้างสูง คือ เชื้อรา *Trichoderma harzianum* (product 2) ยับยั้งการเจริญ 86.67-83.33 เปอร์เซ็นต์ และเชื้อรา *Trichoderma* sp. ยับยั้งการเจริญ 72.78-68.33 เปอร์เซ็นต์ ส่วนเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่เป็นเชื้อแบคทีเรีย *Bacillus subtilis* (product 1) ยับยั้งได้ 8.7-5.4 มม. ทั้งนี้เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่แยกจากรากพืชมีศักยภาพเท่าเทียมกับที่แยกจากสารละลายธาตุอาหารพืช (Table 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1 *In vitro* ability of biocontrol agents (isolated weekly from DFT-nutrient solution and root of chinese cabbage at harvest) to control growth of *Phytophthora parasitica* by paper-disc diffusion method (for bacteria) or bi-culture antagonistic test (for fungi).

Source of BCA	Plant age (day)	BCAs	Inhibition zone (mm)	Growth inhibition[1/] (%)
Nutrient solution	14	product 1	7.60	
		product 2		86.11
		Trichoderma sp.		71.11
	21	product 1	6.50	
		product 2		85.00
		Trichoderma sp.		70.00
	28	product 1	5.40	
		product 2		83.33
		Trichoderma sp.		68.33
Root	28	product 1	8.70	
		product 2		86.67
		Trichoderma sp.		72.78

[1/] Growth inhibition (GI), GI = [(R1 – R2) / R1] x 100; R1 = diameter of *Phytophthora parasitica* colony in control, R2 = diameter of *Phytophthora parasitica* colony in bi – culture test.

3. **การเจริญเติบโตและผลผลิตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้**

ด้านการเจริญเติบโต

จากการวัดอัตราการเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ทุกสัปดาห์ ตั้งแต่ลงระบบทดลองจนถึงเก็บเกี่ยวผลผลิต โดยผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ในสารละลายธาตุอาหารพืชที่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เป็นวันแรก (พืชอายุ 14 วัน) มีการเจริญเติบโตเท่าเทียมกัน แต่เมื่อพืชอายุ 21 วัน เริ่มพบความแตกต่างทางด้านขนาดใบ โดยผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ใส่ product 2 มีความกว้างและความยาวใบมากกว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (6.53x9.04 และ 6.04x8.34 ซม./ใบ) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) พบว่าผักกาดขาว กวางตุ้งฮ่องเต้ที่ใส่ *Trichoderma* sp. มีความสูงมากกว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (22.67 และ 21.05 ซม./ต้น) ส่วนจำนวนใบกลับพบว่าผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ใส่ product 2 มีจำนวนใบมากกว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (12.20 และ 11.40 ใบ/ต้น) และมีขนาดความกว้างและความยาวใบมากที่สุด (11.01x14.57 ซม./ใบ) (Table 2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 2 Effect of biocontrol agents added in DFT-nutrient solution on growth (stem height, leaf number and size) of chinese cabbage at 14, 21 and 28 days.

Plant age (day)	Biocontrol agents	Plant growth			
		Stem height (cm/plant)	Leaf number (leaf/plant)	Leaf size (cm/leaf)	
				Width	Length
14	control	6.47a[1/]	3.33a	2.04a	3.71a
	product 1	6.33a	3.53a	1.88a	3.49a
	product 2	6.47a	3.33a	2.11a	3.57a
	Trichoderma sp.	6.62a	3.53a	2.03a	3.73a
	C.V. (%)	9.31	14.63	16.27	11.71
21	control	13.73a[1/]	7.13a	6.04b	8.34b
	product 1	14.11a	7.33a	5.89b	8.90ab
	product 2	14.17a	7.40a	6.53a	9.04a
	Trichoderma sp.	14.42a	7.47a	6.35ab	8.97ab
	C.V. (%)	9.50	9.00	10.19	9.42
28	control	21.05b[1/]	11.40b	10.09ab	13.24b
	product 1	21.44b	11.60ab	9.95b	14.42a
	product 2	21.92ab	12.20a	11.01a	14.57a
	Trichoderma sp.	22.67a	11.80ab	10.72ab	14.26a
	C.V. (%)	7.25	7.37	11.40	8.08

[1/] Average of fifteen replications. Means followed by common letters in a column are not significantly different at P = 0.01 by Duncan's Multiple Range Test.

ด้านผลผลิต

จากการเก็บเกี่ยวผลผลิตเมื่อพืชอายุ 28 วัน พบว่าผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่เป็นเชื้อรา (product 2, *Trichoderma* sp.) มีน้ำหนักสดของต้นมากกว่าผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่เป็นเชื้อแบคทีเรีย (product 1) และสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (48.57, 47.03, 36.84 และ 35.82 กรัม/ต้น ตามลำดับ) ส่วนน้ำหนักสดของรากผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้แต่ละสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ใส่ชีวภัณฑ์ที่เป็นเชื้อรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(product 2) มีน้ำหนักสดของรากมากที่สุด (4.50 กรัม/ต้น) ส่วนสิ่งทดลองควบคุมมีน้ำหนักสดของรากน้อยที่สุด (2.43 กรัม/ต้น) (Figure 3)

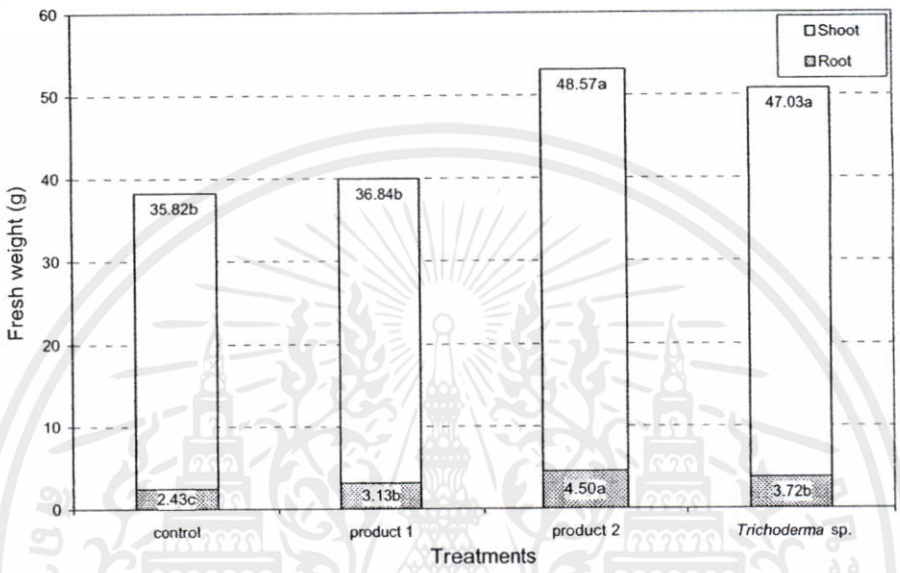


Figure 3 Effect of biocontrol agents added in DFT-nutrient solution on yield (shoot and root fresh weight) of chinese cabbage.

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จาก product 1, product 2 และเชื้อรา *Trichoderma* sp. สามารถมีชีวิตอยู่ในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ได้ตลอดการทดลอง (ระยะเวลา 15 วัน) โดยปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงแรกหลังจากใส่เชื้อลงในระบบ หลังจากนั้นจะลดลงค่อนข้างช้าจนกระทั่งถึงวันเก็บเกี่ยวผลผลิต และเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้ง 3 ชนิด สามารถมีชีวิตอยู่ได้ที่ราก ปริมาณของเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ จะเป็นไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณที่แยกได้จากสารละลายธาตุอาหารพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 28 วัน) ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จากสารละลายธาตุอาหารพืชสามารถเจริญเข้าไปอยู่ในรากพืช และอาจนำไปสู่การควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืชอย่างมีประสิทธิภาพได้

ถึงแม้ว่า เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จะสามารถมีชีวิตอยู่ได้ที่รากพืชและในสารละลายธาตุอาหารพืชจนถึงวันเก็บเกี่ยว แต่ในด้านของการนำมาใช้ในการป้องกันกำจัดโรคพืช ยังต้องคำนึงถึงปริมาณเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่มีอยู่ในระบบบางช่วงอาจไม่เพียงพอต่อการควบคุมโรค ทั้งนี้ก็ต้องศึกษาอาการของพืชควบคู่กันไป และอาจต้องใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์เพิ่มเข้าไปในระบบในกรณีที่เชื้อสาเหตุโรคทำให้พืชแสดงอาการของโรครุนแรง ดังรายงานของ Chatterton *et al.* (2004) พบว่าเชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas chlororaphis* ต้องมีปริมาณที่รากพืชประมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10^5 CFU/g จึงจะสามารถควบคุมโรครากเน่าของพริกหวาน (*Capsicum annuum*) ที่มีสาเหตุจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* และ *P. dissotocum* ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้

เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จาก product 1, product 2 และเชื้อรา *Trichoderma* sp. ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหารในขณะที่พืชอายุ 14, 21, 28 วัน และรากผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ในวันเก็บเกี่ยว มีความสามารถในการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพห้องปฏิบัติการได้สม่ำเสมอ แสดงให้เห็นว่าแม้เชื้อรา *Trichoderma* spp. จะเป็นราชั้นสูงที่พบได้ทั่วไปในดิน แต่ก็สามารถมีชีวิตอยู่ในสารละลายธาตุอาหารพืชและในรากพืชที่อยู่ในสภาพที่ไม่มีสิ่งห่อหุ้ม โดยที่ยังคงมีความสามารถในการเป็นเชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์อยู่เช่นเดียว กับการดำรงชีพอยู่ในดิน

ในด้านผลผลิต พบว่าผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้เจริญเติบโตดีที่สุดในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่เป็นเชื้อรา *Trichoderma harzianum* และ *Trichoderma* sp. ซึ่งสอดคล้องกับรายงานต่าง ๆ ที่กล่าวไว้ว่าการนำเชื้อรา *T. harzianum* มาใช้ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน จะมีผลส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชด้วย (แพรทอง และคณะ, 2548; Thinggaard, 1988; Kleifeld and Chet, 1992; Yedidia *et al.*, 1999)

เอกสารอ้างอิง

ดิเรก ทองอร่าม. 2546. การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. ธรรมรักษ์การพิมพ์, ราชบุรี.

พากเพียร อรัญนารถ, นงรัตน์ นิลพานิชย์, วิชิต ศิริสันธนะ และสมคิด ดิสถาพร. 2544. ประสิทธิภาพของชีวผลิตภัณฑ์ *Bacillus subtilis* ในการควบคุมโรคกาบใบแห้งของข้าว. วารสารวิชาการเกษตร 19(1):4-12.

แพรทอง ละมุล, จิระเดช แจ่มสว่าง, วรรณวิไล อินทนู และธรรมศักดิ์ ทองเกตุ. 2548 การใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* สาเหตุโรครากเน่าของผักกาดหอมที่ปลูกในระบบไฮโดรโพนิกส์. หน้า 170. *ใน* รายงานการประชุมวิชาการพืชสวนแห่งชาติ ครั้งที่ 5 (บทคัดย่อ). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

สุณีรัตน์ สีมะเดื่อ, จิระเดช แจ่มสว่าง, อำไพวรรณ ภราดร์นุวัฒน์ และชวลิต ฮงประยูร. 2540. การประยุกต์ใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* เพื่อควบคุมโรครากเน่าของส้มเขียวหวานซึ่งเกิดจากเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสวนเกษตรกร. หน้า 315. *ใน* รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 35 สาขาพืช (บทคัดย่อ). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Benoit, F. 1992. Practical guide for simple soilless Culture Techniques. Sint-Katelijne-Waver: European Vegetable R&D Center.

Benoit, F. and N. Ceusterman. 1987. Situation of the soilless culture in the Benelux. Sint-Katelijne-Waver: European Vegetable R&D Center.

Berger, F., H. Li, D. White, R. Frazer and C. Leifert. 1996. Effect of pathogen inoculum, antagonist density and plant species on biological control of Phytophthora and Pythium damping-off by *Bacillus subtilis* cot 1 in high-humidity fogging glasshouses. Phytopathology 86:42-433.

Chatteron, S., J.C. Sutton and G.J. Boland. 2004. Timing *Pseudomonas chlororaphis* application to control *Pythium aphanidermatum*, *Pythium dissotocum*, and root rot in hydroponic peppers. Biological control 30: 360-373.

Chen, T.K. 1998. The world of hydroponics : a technical overview. Taipei: Changhua Agricultural Extension Center.

Chuang, T.Y. and P.J. Ann. 1997. Biological control of mango anthracnose. Plant Protection Bulletin Taipei 39(3):227-240.

Grosch, R., A. Kofoet and H. Junge. 2001. Biological control of root pathogens in soilless culture using bacteria . p. 45. *in* Proceedings of the International Symposium on Growing Media and Hydroponics. Macedonia.

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ikeda, H. 2001. Hydroponics and/or soilless culture. Osaka: Graduate School of Agriculture and Biological Sciences, Osaka Pref. Univ.

Johnson, L.F. and E.A. Curl. 1972. Methods for research on the soilborne plant pathogen. Minnesota: Burgess Publishing Company.

Kleifeld, O. and I. Chet. 1992. *Trichoderma harzianum* interaction with plant and effects on growth response. Plant and soil 144(3): 267-272.

Ozbay, N., S.E. Newman and W.M. Brown. 2004. Evaluation of *Trichoderma harzianum* strains to control crown and root rot of greenhouse fresh market tomatoes. p. 79-85. *in* XXVI International Horticultural Congress: Managing Soil-borne Pathogens: a Sound Rhizosphere to Improve Productivity in Intensive Horticultural Systems. Toronto.

Pechprome, S. and K. Soytong. 1997. Integrated biological control of durian stem and root rot caused by *Phytophthora palmivora*. p. 228-237. *in* Proceedings of the First International Symposium on Biopesticides. Bangkok.

Stanghellini, M.E. and S.L. Rasmussen. 1994. Hydroponics: a solution for zoosporic pathogens. Plant Disease 78(12): 1129-1138.

Thinggaard, K. 1988. Biological control of root pathogenic fungi by *Trichoderma*. Acta Horticulturae 211(4): 20.

Turner, J.T. and P.A. Backman. 1991. Factors relating to peanut yield increases after seed treatment with *Bacillus subtilis*. Plant Disease 75(4): 347-353.

Yedidia, I., N. Benhamou and J. Chet. 1999. Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. Applied and Environmental Microbiology 65(3): 1061-1070.

Zinnen, T.M. 1988. Assessment of plant diseases in hydroponic culture. Plant Disease 72(2): 96-99.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นายฐิติกร ปริยาพร เกิดเมื่อวันที่ 29 มิถุนายน 2523 จังหวัดราชบุรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วท.บ (ศึกษาศาสตร์-เกษตร) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ปีการศึกษา 2545 ในระหว่างการศึกษาระดับปริญญาตรี ผ่านการฝึกงานด้านเกษตรที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ และผ่านการฝึกสอนที่โรงเรียนระยองวิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดระยอง จำนวน 1 ภาคการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้