บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการและในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน

ROLE OF SOLUBLE SILICON AND BIOLOGICAL CONTROL AGENTS IN CONTROLLING OF *Pythium aphanidermatum* IN VITRO AND IN HYDROPONIC CULTURE OF VEGETABLES

หทัยรัตน์ ราชนิยม

HATHAIRAT RACHNIYOM

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการดินและปุ๋ย

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-AG-M.061-271

บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการและในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน

ROLE OF SOLUBLE SILICON AND BIOLOGICAL CONTROL AGENTS IN CONTROLLING OF *Pythium aphanidermatum IN VITRO* AND IN HYDROPONIC CULTURE OF VEGETABLES

T 081332

หทัยรัตน์ ราชนิยม

HATHAIRAT RACHNIYOM

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 81332
วัน,เดือน,ปี 11 ส.ค. 2551

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

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2551

KMITL-2008-AG-M-061-271

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ROLE OF SOLUBLE SILICON AND BIOLOGICAL CONTROL AGENTS IN CONTROLLING OF *Pythium aphanidermatum IN VITRO* AND IN HYDROPONIC CULTURE OF VEGETABLES

HATHAIRAT RACHNIYOM

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

2008

KMITL-2008-AG-M-061-271

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2008

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการและในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน

Role of Soluble Silicon and Biological Control Agents in Controlling of *Pythium aphanidermatum in Vitro* and in Hydroponic Culture of Vegetables

ชื่อนักศึกษา นางสาวหทัยรัตน์ ราชนิยม

รหัสประจำตัว 46062703

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 10.00-12.00 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 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการและในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน
นักศึกษา	นางสาวหทัยรัตน์ ราชนิยม
รหัสประจำตัว	46062703
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช
พ.ศ.	2551
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร. ถนิมนันต์ เจนอักษร
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ ผศ.ดร. พรหมมาศ ดูหากาญจน์

บทคัดย่อ

ปัจจุบันทั่วโลกเริ่มตระหนักถึงผลเสียของการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ซึ่งส่งผลกระทบด้านลบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการนำเทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมาใช้ร่วมกับสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ น่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่นำไปสู่การเกษตรยั่งยืนในประเทศไทย ในการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน ซึ่งได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การศึกษาบทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *P. aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยทำการศึกษาเบื้องต้นถึงอิทธิพลของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* และทำการศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* และต่อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ผลการทดลองพบว่า จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้ง 4 ชนิด (เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 1, product 2, product 3 และดินเกษตรกรรม) สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ได้ และพบว่าชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้น มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ sodium silicate ($Na_2Si_3O_7$) และ potassium silicate ($K_2Si_3O_7$) ทุกระดับความเข้มข้น (250, 500, 750 และ 1,000 ppm) มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* และเชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 4 ชนิด ทั้งทางด้านการเจริญเติบโตทางเส้นใยและการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. aphanidermatum* รวมทั้งการสร้าง conidia ของเชื้อรา *T. harzianum* โดยพบว่า potassium silicate มีผลยับยั้งการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจริญเติบโตมากกว่า sodium silicate ซึ่งความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตจะเพิ่มมากขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน แต่สำหรับกรณีของไฟตอน (SiO_2) ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm จึงจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใย (เชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 3 และดินเกษตรกรรม) แต่ทุกระดับความเข้มข้นมีผลยับยั้งการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. aphanidermatum* และการสร้าง conidia ของเชื้อรา *T. harzianum* จากนั้นทำการศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* โดยวางแผนการทดลองแบบ 3 x 3 x 4 factorials in completely randomized design จำนวน 5 ซ้ำ ปัจจัย A และ B คือ ชนิดของสารละลายซิลิคอน (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) และระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ปัจจัย C คือ ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (เชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 1, product 2, product 3 และดินเกษตรกรรม) พบว่า การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับสารละลายซิลิคอน ไม่มีผลเพิ่มศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* เนื่องจากชนิดของสารละลายซิลิคอน ระดับความเข้มข้น และชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน และพบว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* น้อยกว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์อย่างเดียว

ส่วนที่ 2 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *P. aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ทำการทดสอบกับคะน้าเห็ดหอม *(Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) โดยวางแผนการทดลองแบบ 3 x 3 x 4 factorials in completely randomized design จำนวน 2 ซ้ำ (ซ้ำละ 5 ต้น) ปัจจัย A และ B คือ ชนิดของสารละลายซิลิคอน (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) และระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ปัจจัย C คือ ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ [ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์, ใส่ product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), ใส่ product 2 (แบบหัวเชื้อ) และใส่เชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ผลการลองพบว่า การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลลดความรุนแรงของโรคมากกว่าการใช้ร่วมกันที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm โดยพบว่าการใช้ product 1 ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลลดความรุนแรงของโรคมากที่สุด สำหรับปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ในสารละลายธาตุอาหารและที่รากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) พบว่า การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับสารละลายซิลิคอน มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* กล่าวคือ การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* น้อยที่สุด สำหรับปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ขึ้นอยู่กับชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้น กล่าวคือ การใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์มากกว่า sodium silicate และไฟตอน โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่าเชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 มีปริมาณความอยู่รอดมากกว่าดินเกษตรกรรม และ product 1 แล้วนำจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่อยู่รอดได้นั้น มาทดสอบศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทุกชนิดที่แยกจากสารละลายธาตุอาหารและรากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต ยังคงมีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ได้สม่ำเสมอตลอดการทดลอง และพบว่าการใส่สารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 250 ppm มีศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากกว่าไม่ใส่สารละลายซิลิคอน กล่าวคือ การใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากที่สุด ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) พบว่าการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm จะส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าเห็ดหอม โดยพบว่าการใช้ product 1 ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าเห็ดหอมมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Role of Soluble Silicon and Biological Control Agents in Controlling of *Pythium aphanidermatum in vitro* and in Hydroponic Culture of Vegetables
Student	Miss Hathairat Rachniyom
Student ID.	46062703
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

As we are all well aware of the importance of protecting our environment these days, recirculating hydroponics can satisfy this awareness. Furthermore, cultural and biological-based approaches to hydroponic cultivation may probably provide additional tool for managing the root-disease and maintaining a more sustainable and healthier hydroponic crop ecosystem. Therefore this research was conducted in order to evaluate the role of soluble silicon and biological control agents (BCAs) for controlling Pythium root rot disease of hydroponic vegetable crops. The research was divided into 2 parts. First, *in vitro* experiments were conducted to determine the effects of soluble silicon as well as BCAs on vegetative and reproductive growth of *P. aphanidermatum*. In addition the effect of soluble silicon on growth of BCAs was also evaluated. The results showed that soluble silicon as well as BCAs significantly suppressed the growth of *P. aphanidermatum*. Interestingly, soluble silicon could also reduce the growth of BCAs. 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. aphanidermatum* as well as conidia of all tested BCAs. Besides, the retardation effect of potassium silicate was greater than other and its effect seemed to be increased at any increasing concentrations. For phyton (SiO_2), its retardation effect was noted only at 1000 ppm. Further *in vitro* experiment on the interaction effect of soluble silicon and BCAs on *P. aphanidermatum* was conducted employing 3x3x4 factorials in completely randomized design with 5 replications. Factor A and B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 (*Trichoderma harzianum* from product 1, product 2, product 3 and agricultural soil). It showed that no additional retardation effect of soluble silicon and BCAs was noted on growth of *P. aphanidermatum* since their interaction among the kinds and concentrations of soluble silicon and BCAs was insignificant. Surprisingly, at 500 ppm of sodium silicate and potassium silicate together with all tested BCAs significantly gave less inhibition effect than that of BCAs alone.

Second, *in vivo* experiments were conducted on kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) grown in deep flow technique (DFT). 3x3x4 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 (spore suspension), product 2 (starter) and agricultural soil (spore suspension)]. The results showed that any tested kinds and concentrations of soluble silicon combined with any tested BCAs could reduce Pythium 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 1) gave the best result. Apart from disease severity, survival of pathogen and BCAs was also monitored from nutrient solution and crop root at harvest. The results showed that the amount of *P. aphanidermatum* was significantly decreased in all treated crops at harvest compared to the inoculated control. For BCAs, their survival in nutrient solution and crop root varied according to the kinds and concentrations of soluble silicon. BCAs survival in the 250 ppm-potassium silicate treatment was significantly greater than those in sodium silicate and phyton. Besides, the greatest survival was noted on BCA from product 2. Apart from monitoring the survival of BCAs, their *in vitro* abilities were also rechecked on the growth of *P. aphanidermatum*. Their abilities to inhibit the pathogen growth still sustained accordingly and seemed to be increased as they were applied with potassium silicate or sodium silicate. In terms of crop growth, application of 250 ppm soluble silicon with any tested BCAs significantly promoted growth and yield compared to the others. In addition, phyton gave better result on crop growth than those of sodium silicate and potassium silicate. This better crop growth result could be the consequence of the earlier result of disease severity reduction by phyton.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยดีจากความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร. ถนิมนันต์ เจนอักษร ที่ให้คำปรึกษาและความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้านแก่ข้าพเจ้าเสมอมา และขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รศ.ดร. อิทธิสุนทร นันทกิจ ที่ให้ความรู้ด้านการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแก่ข้าพเจ้าเป็นอย่างดี รวมทั้งขอขอบพระคุณ ผศ.ดร. พรหมมาศ คูหากาญจน์ ที่ให้ความช่วยเหลือด้านเชื้อราสาเหตุโรคที่ข้าพเจ้าทำการศึกษาตลอดเวลา

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

ขอขอบคุณ คุณพิสมัย เรืองบุปผา เจ้าหน้าที่ประจำห้องปฏิบัติการ ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร ที่ให้ความช่วยเหลือด้านอุปกรณ์และกำลังใจแก่ข้าพเจ้าเสมอมา

ท้ายสุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสำเนา และคุณแม่รัตนาภรณ์ ราชนิยม ซึ่งเป็นแรงผลักดันให้ข้าพเจ้าทำวิทยาพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

หทัยรัตน์ ราชนิยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....IV

กิตติกรรมประกาศ.....VI

สารบัญ.....VII

สารบัญตาราง.....X

สารบัญภาพ.....XV

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความสำคัญและที่มา.....1

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....3

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....3

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5

2.1 เชื้อรา *Pythium* spp. ที่ตรวจพบในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.....5

2.2 การใช้สารละลายซิลิคอนป้องกันและกำจัดโรคพืช.....6

2.3 การใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ควบคุมโรคพืช.....7

2.4 การใช้ เชื้อรา *Trichoderma* spp. ควบคุมโรคพืชในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน.....10

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....11

3.1 บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ.....11

3.1.1 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*.....11

3.1.2 การศึกษาอิทธิพลของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*.....13

3.1.3 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์.....14

3.1.4 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*.....15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน....17

3.2.1 การศึกษาความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique....17

3.2.2 การศึกษาความรุนแรงของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในการทำให้เกิดโรครากเน่าโคนเน่ากับคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique....20

3.2.3 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique....22

3.3 สถานที่ทำการศึกษาและทดลอง....24

3.4 ระยะเวลาในการทดลอง....24

บทที่ 4 ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง....25

4.1 บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ....25

4.1.1 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*....25

4.1.2 การศึกษาอิทธิพลของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*....31

4.1.3 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์....34

4.1.4 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*....54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน....66

4.2.1 การศึกษาความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique....66

4.2.2 การศึกษาความรุนแรงของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในการทำให้เกิดโรครากเน่าโคนเน่ากับคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique....78

4.2.3 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique....85

บทที่ 5 วิจารณ์ผลการทดลอง....138

บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ....141

บรรณานุกรม....144

ภาคผนวก....149

ประวัติผู้เขียน....175

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* 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.....27

4.2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีและปริมาณ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) 35

4.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีและปริมาณ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm).....40

4.4 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จำนวน 4 ชนิด (เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 1, product 2, product 3 และดินเกษตรกรรม) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 60 ชั่วโมง.....45

4.5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีและปริมาณ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจากดินเกษตรกรรม บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm).....50

4.6 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จำนวน 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม] ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 60 ชั่วโมง.....56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.7 การเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) [ความสูงต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น), จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น) และขนาดใบเฉลี่ย (ความกว้างและความยาว) (เซนติเมตร/ใบ)] ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่ (control) และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 28, 35 และ 42 วัน 74

4.8 ลักษณะอาการและระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique.....79

4.9 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและเปอร์เซ็นต์ของรากที่เป็นโรค ที่แยกจากรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อ (control) และปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique โดยวิธี tissue transplanting technique บนอาหาร PDA + BNPRA + rb ที่อายุ 2 วัน 81

4.10 การเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) [ความสูงต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น), จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น) และขนาดใบเฉลี่ย (ความกว้างและความยาว) (เซนติเมตร/ใบ)] ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูก (control) และปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 21, 28 และ 35 วัน.....83

4.11 ระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่า (disease index) ที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่ และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในระบบ deep flow technique ที่ 5 และ 8 วันหลังปลูกเชื้อราสาเหตุโรคลงในระบบ.....88

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.12 ความอยู่รอดของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (ปริมาณ inoculum) ในสารละลายธาตุอาหาร (ทุก 3 วันนับจากปลูกเชื้อราสาเหตุโรคลงในระบบ) และที่ราก (วันเก็บเกี่ยวผลผลิต) ของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ไม่ใส่และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm).....98

4.13 ความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (ปริมาณ inoculum) 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในสารละลายธาตุอาหาร (ทุก 3 วันนับจากปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ลงในระบบ) และที่ราก (วันเก็บเกี่ยวผลผลิต) ของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ไม่ปลูกเชื้อและปลูกเชื้อราสาเหตุโรคลงในระบบ.....102

4.14 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากในสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 14, 23, 29 และ 35 วัน) และที่รากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 60 ชั่วโมง 114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.15 การเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) [ความสูงต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น), จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น) และขนาดใบเฉลี่ย (ความกว้างและความยาว) (เซนติเมตร/ใบ)] ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ไม่ปลูกและปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 21 วัน.....121

4.16 การเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) [ความสูงต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น), จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น) และขนาดใบเฉลี่ย (ความกว้างและความยาว) (เซนติเมตร/ใบ)] ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ไม่ปลูกและปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 28 วัน.....124

4.17 การเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) [ความสูงต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น), จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น) และขนาดใบเฉลี่ย (ความกว้างและความยาว) (เซนติเมตร/ใบ)] ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ไม่ปลูกและปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 35 วัน (วันเก็บเกี่ยวผลผลิต).....127

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.18 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ต้นและราก) ของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ไม่ปลูกและปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน).....131

ข ค่า pH และ EC ของสารละลายธาตุอาหารหลังใส่สารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ลงในระบบ ที่พืชอายุ 13 วัน 154

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

3.1 การเตรียมต้นกล้าเพื่อใช้ปลูกในระบบ deep flow technique (DFT) ทดลอง 18

3.2 ระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดินแบบ deep flow technique (DFT).....19

4.1 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm).....28

4.2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 36 ชั่วโมง 29

4.3 ลักษณะ sporangium ของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* 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).....30

4.4 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จำนวน 4 ชนิด (*Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 1, product 2, product 3 และดินเกษตรกรรม) ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* โดยวิธี Bi-culture antagonistic test ที่อายุ 60 ชั่วโมง.....32

4.5 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (Bi-culture antagonistic plate) ที่อายุ 60 ชั่วโมง.....33

4.6 ลักษณะเส้นใยของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เจริญพันรัดเส้นใยของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (กำลังขยาย 400 เท่า).....33

4.7 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 72 ชั่วโมง.....36

4.8 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 72 ชั่วโมง.....37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.9 ลักษณะ conidiophore และ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 72 ชั่วโมง (กำลังขยาย 400 เท่า).....38

4.10 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 72 ชั่วโมง.....41

4.11 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 72 ชั่วโมง 42

4.12 ลักษณะ conidiophore และ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 72 ชั่วโมง (กำลังขยาย 400 เท่า).....43

4.13 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 3 (แบบผง) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 72 ชั่วโมง.....46

4.14 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 3 (แบบผง) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 72 ชั่วโมง.....47

4.15 ลักษณะ conidiophore และ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 3 (แบบหัวเชื้อ) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 72 ชั่วโมง (กำลังขยาย 400 เท่า).....48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.16 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจากดินเกษตรกรรม บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 84 ชั่วโมง 51

4.17 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจากดินเกษตรกรรม บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 84 ชั่วโมง 52

4.18 ลักษณะ conidiophore และ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจากดินเกษตรกรรม บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 84 ชั่วโมง (กำลังขยาย 400 เท่า) 53

4.19 ศักยภาพของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 60 ชั่วโมง 58

4.20 ลักษณะเส้นใยของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) เจริญพันรัดเส้นใยของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (กำลังขยาย 400 เท่า) 59

4.21 ศักยภาพของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 60 ชั่วโมง 60

4.22 ลักษณะเส้นใยของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) เจริญพันรัดเส้นใยของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (กำลังขยาย 400 เท่า) 61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.23 ศักยภาพของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 3 (แบบผง) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 60 ชั่วโมง.....62

4.24 ลักษณะเส้นใยของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 3 (แบบผง) เจริญพันรัดเส้นใยของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (กำลังขยาย 400 เท่า).....63

4.25 ศักยภาพของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจากดินเกษตรกรรม ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 60 ชั่วโมง 64

4.26 ลักษณะเส้นใยของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจากดินเกษตรกรรม เจริญพันรัดเส้นใยของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (กำลังขยาย 400 เท่า).....65

4.27 ความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (ปริมาณ inoculum) 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ในระบบ deep flow technique ตั้งแต่วันลงระบบจนถึงวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 21 – 42 วัน).....67

4.28 ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากในสารละลายธาตุอาหาร และที่รากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน) 68

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.29 เปรียบเทียบปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (ปริมาณ inoculum) 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 21, 28, 35 และ 42 วัน) และที่รากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน) ที่ dilution 10^{-3} CFU/ml, CFU/g 69

4.30 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 21, 28, 35 และ 42 วัน) และรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 60 ชั่วโมง.....70

4.31 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 21, 28, 35 และ 42 วัน) และรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate) ที่อายุ 60 ชั่วโมง.....71

4.32 กลไก hyphal interference ของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน) บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate) (กำลังขยาย 400 เท่า).....72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.33 น้ำหนักสดต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่ (control) และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน).....75

4.34 ลักษณะต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่ (control) และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน).....76

4.35 เปรียบเทียบลักษณะรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่ (control) และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน).....77

4.36 ลักษณะอาการผิดปกติของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์จาก product 3 (แบบผง) ในระบบ deep flow technique.....77

4.37 ลักษณะอาการและระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique.....81

4.38 เชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ที่แยกจากชิ้นส่วนรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) (10 ชิ้น/ต้น) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique โดยวิธี tissue transplanting technique บนอาหาร PDA + BNPRA + rb ที่อายุ 2 วัน 82

4.39 น้ำหนักสดต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูก (control) และปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน).....84

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.40 ลักษณะต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูก (control) และปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน).....84

4.41 ลักษณะอาการรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในระบบ deep flow technique ที่ 5 วันหลังปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ลงในระบบ.....90

4.42 ลักษณะอาการรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในระบบ deep flow technique ที่ 5 วันหลังปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ลงในระบบ.....91

4.43 ลักษณะอาการรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 2 (แบบหัวเชื้อ) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในระบบ deep flow technique ที่ 5 วันหลังปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ลงในระบบ.....92

4.44 ลักษณะอาการรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในระบบ deep flow technique ที่ 5 วันหลังปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ลงในระบบ.....93

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.45 ปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (ปริมาณ inoculum) ในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ที่ใช้ปลูกคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 35 วัน 108

4.46 เปรียบเทียบปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (ปริมาณ inoculum) ในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ที่ใช้ปลูกคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 35 วัน ที่ dilution 10^{-3} CFU/ml.....109

4.47 ปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (ปริมาณ inoculum) ที่รากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm).....110

4.48 เปรียบเทียบปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (ปริมาณ inoculum) ที่รากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 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/g.....111

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.49 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ขณะที่พืชอายุ 35 วัน ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate) ที่อายุ 60 ชั่วโมง 116

4.50 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate) ที่อายุ 60 ชั่วโมง 117

4.51 ลักษณะต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และไม่ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) 134

4.52 ลักษณะต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และไม่ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) 134

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.53 ลักษณะต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 2 (แบบหัวเชื้อ) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และไม่ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) 135

4.54 ลักษณะต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และไม่ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) 135

4.55 ลักษณะต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) 136

4.56 ลักษณะต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) 136

4.57 ลักษณะต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 2 (แบบหัวเชื้อ) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) 137

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.58 ลักษณะต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) 137

1 ก เชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp. สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบ deep flow technique 150

2 ก การปลดปล่อย zoospores ของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp. 151

3 ก เชื้อรา *Trichoderma harzianum* Rifai 152

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เป็นเทคโนโลยีที่เกิดมาควบคู่กับการจัดการปัญหาด้านศัตรูพืช โดยเฉพาะทางด้านโรคพืช ซึ่งตรงตามหลักการป้องกันกำจัดโรคพืช ได้แก่ การหลีกเลี่ยงเชื้อโรค (avoidance of the pathogen) การกีดกันเชื้อโรค (exclusion of pathogen) การกำจัดเชื้อโรค (eradication of pathogen) และการป้องกันพืช (protection of plant) (Douglas. 1978; Resh. 1981; Peirce. 1987; Muckle. 1995; Jones. 1997; Jensen. 1999) จากศักยภาพของเทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ที่สามารถจัดการปัญหาด้านโรคพืชได้ดีกว่าการปลูกในดินนั้น โดยทางปฏิบัติกันจริงแล้วการปลูกพืชในระบบนี้หากมีการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้องหรือการจัดการที่ไม่ดีพอ อาจทำให้มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์สาเหตุโรคบางชนิดเข้ามาในระบบได้ และการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ดังกล่าวจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว (Jenkins and Averre. 1983)

ในกรณีที่กล่าวมาข้างต้น เชื้อราสาเหตุโรคพืชก็เป็นปัญหาสำคัญอย่างมากในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน โดยเฉพาะเชื้อรากลุ่ม zoosporic fungi ซึ่งเป็นเชื้อราที่อาศัยได้ทั้งในดินและในน้ำ (Stanghellini and Rusmussen. 1994) และมีรายงานว่าเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* เป็นสาเหตุโรคทางรากที่มีความสำคัญมากในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Grosch *et al.* 2001) ถ้าหากมีการปนเปื้อนเข้ามาในระบบ จะมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว และสามารถสร้าง zoospores เข้าทำลายพืชอาศัยได้ ซึ่งถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นของวงจรการเข้าทำลายพืช จากนั้น zoospore จะแพร่กระจายผ่านทางสารละลายธาตุอาหารไปทั่วทั้งระบบอย่างรวดเร็ว ยิ่งถ้าหากในขณะนั้นพืชมีความอ่อนแอร่วมด้วย จะเป็นผลให้เชื้อราดังกล่าวเข้าทำลายได้ง่าย และส่งผลกระทบต่อผลผลิตเป็นอย่างมาก โดยเข้าทำลายส่วนของลำต้นหรือราก และอาจทำลายไปถึงส่วนของ vascular tissue ทำให้เกิดอาการรากเน่า โคนเน่า เหี่ยว และตายในที่สุด เช่น ในแตงกวายุโรป มะเขือเทศ ผักสลัด ขึ้นฉ่าย ผักขม ฯลฯ (พรหมมาศ คูหากาญจน์ และคณะ. 2539; Moulin *et al.* 1994; Stanghellini and Rusmussen. 1994; Stanghellini *et al.* 1998) และเมื่อมีการระบาดรุนแรงเกิดขึ้น ทำให้ต้องหาวิธีการต่าง ๆ รวมทั้งการใช้สารเคมีเข้ามาป้องกันกำจัดเชื้อราสาเหตุโรคดังกล่าว ซึ่งจะส่งผลกระทบด้านลบต่อสิ่งมีชีวิตรวมทั้งสิ่งแวดล้อม จึงจำเป็นต้องหาแนวทางป้องกันกำจัด โดยมุ่งเน้นความปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สารละลายซิลิคอน (silicon) ถูกนำมาเป็นทางเลือกหนึ่งในการป้องกันกำจัดโรคพืชในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เพื่อลดการใช้สารเคมีและรักษาระบบนิเวศวิทยา โดยต่างประเทศมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายงานการนำสารละลายซิลิคอนมาใช้ป้องกันกำจัดโรครากเน่าโคนเน่า และโรคราแป้งขาวของพืชตระกูลแตง มะเขือเทศ ผักกาดขาว กุหลาบ องุ่น ฯลฯ รวมทั้งยังช่วยส่งเสริมการเจริญเติบโตให้แก่พืชเหล่านั้นอีกด้วย (Belanger *et al.* 1995; Menzies *et al.* 1992; Morgan. 1999) สำหรับประเทศไทยมีการนำสารละลายซิลิคอนมาทำการศึกษาบ้างแล้ว โดยพบว่าสารละลายซิลิคอนสามารถลดการเกิดโรคได้ และช่วยเพิ่มผลผลิตของแตงกวาพันธุ์ยุโรปที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบใช้วัสดุปลูก ทำให้พอประเมินได้ว่า สารละลายซิลิคอนน่าจะสามารถนำมาใช้ป้องกันกำจัดโรคพืชในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินของประเทศไทยได้ แต่จำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม เช่น ชนิดพืช ชนิดของเชื้อสาเหตุโรค ระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน และกลไกการทำงานของซิลิคอน เพื่อประโยชน์สูงสุดต่อการนำมาใช้ในประเทศไทย รวมทั้งยังมีข้อจำกัดด้านราคา ซึ่งสารละลายซิลิคอนที่นำมาใช้ทดลองยังต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ มีราคาค่อนข้างสูง จึงเริ่มมีการนำสารปลดปล่อยซิลิคอนชนิดอื่น ๆ ที่มีขายในท้องตลาดของประเทศไทย มาทดลองใช้เพื่อแก้ปัญหาด้านต้นทุน และให้มีความเหมาะสมต่อการนำไปเผยแพร่เพื่อใช้จริงในสภาพของประเทศไทย

ปัจจุบันการใช้เชื้อจุลินทรีย์ปฏิปักษ์มาใช้ป้องกันกำจัดโรคพืช เป็นแนวทางหนึ่งที่ได้รับความนิยมกันอย่างกว้างขวางทั้งในต่างประเทศและประเทศไทย (จิระเดช แจ่มสว่าง และคณะ. 2540; มานะ กาญจนมณีเสถียร และคณะ. 2543; วิเชียร ตีทอง และคณะ. 2543, Roiger and Jeffers. 1991; Di-Pietro *et al.* 1992; Chamber and Scot. 1995; Srinon and Soytong. 2004) สำหรับในประเทศไทย มีจุลินทรีย์ปฏิปักษ์หลายชนิดที่ได้รับการพัฒนาขึ้นจนผลิตเป็นเชิงการค้าเพื่อใช้ป้องกันกำจัดโรคพืช กลุ่มเชื้อราที่นิยมคัดเลือกมาทำชีวผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืชได้แก่ เชื้อรา *Trichoderma* spp. ซึ่งได้รับความสนใจมากที่สุด โดยเชื้อรา *Trichoderma* spp. ที่มีการผลิตเป็นเชิงการค้าในประเทศไทย ได้แก่ เชื้อรา *T. harzianum* และในปัจจุบันมีการผลิตในหลากหลายรูปแบบซึ่งมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานแตกต่างกัน นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า เชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma* spp. หลายชนิด สามารถตรวจพบได้จากดินเกษตรกรรมทั่วไป (จิระเดช แจ่มสว่าง และคณะ. 2535; จิระเดช แจ่มสว่าง และชูชาติ ตันอังสนากุล. 2538; มานะ กาญจนมณีเสถียร และคณะ. 2543) และอาจมีศักยภาพในการควบคุมโรคพืชที่สำคัญ ๆ ได้ สำหรับต่างประเทศพบว่าเริ่มมีการนำเชื้อรา *T. harzianum* มาใช้ป้องกันกำจัดโรคพืชในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินบ้างแล้ว (Ozbay *et al.* 2004; Yedidia *et al.* 1999)

จากการเล็งเห็นถึง ศักยภาพของการใช้สารละลายซิลิคอนและการใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการป้องกันกำจัดโรคพืช ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงมีความคิดนำเอาสารละลายซิลิคอนมาใช้ร่วมกับจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *P. aphanidermatum* ที่อาจปนเปื้อนเข้ามาในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน และเป็นสาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าที่สำคัญของพืชผักที่ปลูกในระบบดังกล่าว เพื่อเป็นทางเลือกหนึ่งที่นำไปสู่การเกษตรยั่งยืนในประเทศไทย (sustainable agriculture) โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารละลายซิลิคอนที่นำมาใช้ทดลองยังต้องนำเข้ามาจากต่างประเทศ ราคาค่อนข้างสูง ได้แก่ sodium silicate ($Na_2Si_3O_7$) a.i. ~ 27% และ potassium silicate ($K_2Si_3O_7$) a.i. ~ 25% จึงทดลองนำสารปลดปล่อยซิลิคอนชนิดอื่น ๆ ในประเทศไทยมาทดลองใช้เพื่อแก้ปัญหาด้านต้นทุน โดยใช้ผลิตภัณฑ์ซิลิคอนที่มีจำหน่ายในท้องตลาด คือ ไฟตอน (SiO_2 73.9%) ส่วนจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่นำมาทดสอบในครั้งนี้ มุ่งเน้นไปที่เชื้อรา *T. harzianum* ที่เป็นชีวผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคของพืชที่ปลูกในดินและมีขายในท้องตลาดหลายรูปแบบ เช่น แบบสปอร์แขวนลอย แบบหัวเชื้อ และแบบผง นำมาเปรียบเทียบกับเชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจากดินเกษตรกรรม โดยการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย ส่วนที่ 1 การศึกษาบทบาทของสารละลายซิลิคอน (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (เชื้อรา *T. harzianum* จากชีวผลิตภัณฑ์ยูนิเชฟแบบสปอร์แขวนลอย, จากชีวผลิตภัณฑ์ยูนิเชฟแบบหัวเชื้อ, จากชีวผลิตภัณฑ์ยูนิเชฟแบบผง และจากดินเกษตรกรรม) ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ และส่วนที่ 2 การศึกษาขยายผลในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน แบบ deep flow technique (DFT) โดยทำการทดสอบกับพืชผักตระกูล *Brassica* ที่เป็นพืชอาศัยของเชื้อรา *Pythium* spp. (Swain. 1990; Rubatzky and Yamaguchi. 1997) คือ คะน้าเห็ดหอม (Kale; *Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC. Group Acephala (Rubatzky and Yamaguchi. 1997) เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางพัฒนาศักยภาพการปลูกพืชผักปลอดสารพิษในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบต่าง ๆ และเป็นแนวทางขยายผลไปสู่พืชผักชนิดอื่นต่อไปในอนาคต

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาบทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ

1.2.2 เพื่อศึกษาบทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบบทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ

1.3.2 ทราบบทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC) ที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.3 เพื่อเป็นแนวทางเลือกใหม่ของการผลิตพืชผักปลอดสารพิษในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ส่งผลต่อความปลอดภัยของผู้บริโภคและสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับกระแสการเกษตรยั่งยืนของโลก (sustainable agriculture)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เชื้อรา *Pythium* spp. ที่ตรวจพบในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เป็นระบบปลูกที่พัฒนาขึ้นเพื่อจุดประสงค์หลักในการหลีกเลี่ยงปัญหาโรคพืชที่ติดมาทางดิน (soil-borne diseases) โดยพืชจะได้รับแร่ธาตุอาหารและน้ำควบคู่กันไปในรูปของสารละลายธาตุอาหาร ซึ่งมักมีการหมุนเวียนนำสารละลายธาตุอาหารนั้นกลับมาใช้ใหม่ เพื่อลดต้นทุนการผลิตและรักษาสิ่งแวดล้อม (Benoit. 1992) จากจุดนี้เองหากมีการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้องหรือการจัดการที่ไม่ดีพอ อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้อราสาเหตุโรคพืชบางชนิดเข้ามาในระบบได้ และการแพร่กระจายจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว (Jenkins and Averre. 1983) การปนเปื้อนเข้ามาในระบบอาจพบได้หลายวิธี เช่น อาจจะมากับน้ำที่ใช้ในการเตรียมสารละลายธาตุอาหาร ติดมากับเครื่องมือเครื่องใช้ทางการเกษตร ปะปนมากับวัสดุปลูกที่เป็นอินทรีย์สาร หรือมากับแมลงพาหะบางชนิด (Farvin *et al.* 1988; Goldberg and Stanghellini. 1990) และจากการศึกษาของ Stanghellini and Rusmussen (1994) ถึงการแพร่กระจายของเชื้อราสาเหตุโรคพืชในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน พบว่าเชื้อราในกลุ่ม zoosporic fungi (*Pythium* spp., *Phytophthora* spp.) และเชื้อรา *Olpidium* spp. เป็นปัญหาสำคัญมากในระบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหาร เนื่องจากสามารถแพร่กระจายในระบบได้เป็นอย่างดี

พรหมมาศ คูหากาญจน์ และคณะ (2539) รายงานว่าการปลูกแตงกวายุโรปในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน แบบหมุนเวียนสารละลายธาตุอาหารที่ใช้วัสดุปลูก 3 ชนิด คือ polyurethane foam (PUR), rockwool และขุยมะพร้าว จะตรวจพบเชื้อรา *Pythium* spp. ในระยะที่แตงกวายุโรปกำลังให้ผลผลิต จำนวน 4 species ได้แก่ เชื้อรา *P. aphanidermatum* (Edson) Fitzp., *P. carolinianum* (Matthews), *P.* group G และ *P.* group HS โดยพบว่าวัสดุปลูกแต่ละชนิดมีผลต่อรูปแบบการแพร่กระจายของเชื้อราดังกล่าว กล่าวคือ ระบบที่ใช้ PUR หรือขุยมะพร้าวเป็นวัสดุปลูก จะตรวจพบปริมาณของเชื้อรา *Pythium* spp. ในสารละลายธาตุอาหารที่ให้แก่ต้นพืชมากกว่าสารละลายธาตุอาหารที่อยู่ในวัสดุปลูก แต่ระบบที่ใช้ rockwool เป็นวัสดุปลูก จะตรวจพบปริมาณของเชื้อรา *Pythium* spp. ในสารละลายธาตุอาหารที่อยู่ภายในวัสดุปลูกมากกว่าสารละลายธาตุอาหารที่ให้แก่ต้นพืช

Carrai (1993) พบว่าขึ้นฉ่ายที่ปลูกในระบบ nutrient film technique แสดงอาการชะงักการเจริญเติบโต ผลผลิตลดลง และล้มตาย เนื่องจากพืชแสดงอาการรากเน่า โดยมีสาเหตุมาจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Moulin *et al.* (1994) รายงานว่าเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*, *P. irregulare*, *P. sylvaticum* และ *P. ultimum* ทำให้แตงกวาและมะเขือเทศที่เพาะกล้าในพีทผสมทราย แสดงอาการโรครากเน่าโคนเน่าและล้มตายได้ ส่วนระยะต้นโตที่ปลูกใน rockwool และแสดงอาการรากเน่าโคนเน่า มักเกิดจากการเข้าทำลายของเชื้อรา *P. aphanidermatum* เพียง species เดียว ทำให้การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืชลดลง อาจถึงตายได้หากการระบาดเป็นไปอย่างรุนแรง

Stanghellini *et al.* (1998) รายงานการพบเชื้อรา *Pythium ultimum* เข้าทำลายขึ้นฉ่ายที่ปลูกในระบบ nutrient film technique เป็นครั้งแรก โดยพบว่าขึ้นฉ่ายที่ถูกเชื้อราสาเหตุโรคดังกล่าวเข้าทำลายจะแสดงอาการรากเน่า เหี่ยว และตายในที่สุด

Gull *et al.* (2004) รายงานการพบเชื้อรา *Pythium* spp. สาเหตุโรคเหี่ยวและรากเน่าโคนเน่าของมะเขือเทศที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินของแอฟริกาใต้ จำนวน 8 species ได้แก่ เชื้อรา *P. acanthicum*, *P. aphanidermatum*, *P. coloratum*, *P. diclinum*, *P. irregulare*, *P. myriotylum*, *P. perplexum* และ *P. syinosum* ส่วนเชื้อรา *Pythium* spp. ที่เป็น heterothallic ได้แก่ เชื้อรา *P.* group F, G, HS, P และ T โดยพบเชื้อรา *P.* group F บ่อยที่สุด รองลงมา คือ เชื้อรา *P. irregulare*, *P. syinosum*, *P. aphanidermatum* และ *P.* group HS

2.2 การใช้สารละลายซิลิคอนป้องกันและกำจัดโรคพืช

ซิลิคอน เป็นธาตุที่พบได้ในธรรมชาติประเภททราย ควอร์ต แกรไนท์ ดินเหนียว และเฟลสปาร์ สำหรับซิลิคอนในเนื้อเยื่อพืชพบได้ 3 รูป คือ silicate ion เป็น silicic acid ที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ มีตั้งแต่ 0.5-8 เปอร์เซ็นต์, colloidal silicic acid มีตั้งแต่ 0-3.3 เปอร์เซ็นต์ และ polysilicic acid ซึ่งอยู่ในรูปที่ละลายน้ำได้ยาก มีมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (Yoshida. 1995)

สำหรับประเทศไทย มีการศึกษาบทบาทของสารละลายซิลิคอนเพียงเล็กน้อย โดยเป็นการศึกษาในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าสารละลายซิลิคอนมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทั้งทางด้าน vegetative growth และ reproductive growth ของเชื้อรา *Pythium* spp. และ *Fusarium* spp. โดยพบว่าการใช้สารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm สามารถยับยั้งการปลดปล่อย zoospore ของเชื้อรา *Pythium* spp. ได้ และที่ระดับความเข้มข้น 3,000 ppm สามารถยั้งยั้งการสร้างและการงอกของ macroconidia และ microconidia ของเชื้อรา *Fusarium* spp. ได้ดีที่สุด สำหรับการศึกษาในสภาพเรือนทดลอง พบว่าการใช้สารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 100 และ 200 ppm สามารถป้องกันกำจัดโรคเหี่ยวและโรคไวรัสของแตงกวายุโรปได้ (ถนิมนันต์ เจนอักษร และวรางคณา นกอยู่. 2541)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับต่างประเทศ มีการศึกษาถึงบทบาทของสารละลายซิลิคอนค่อนข้างมาก อาทิเช่น การศึกษาบทบาทของสารละลายซิลิคอนต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา *Pythium ultimum* ที่รากของแตง ผ่านเครื่อง scanning electron microscopy ร่วมกับ energy dispersive X-ray analysis พบว่าความแตกต่างของพืชที่ใส่และไม่ใส่สารละลายซิลิคอนต่อการเข้าทำลายของเชื้อรา *P. ultimum* จะอยู่ตรงช่วงเวลาและขอบเขตของการเกิดการอุดตันที่ stellar tissue ของรากพืช ด้วยสารที่มีรูปร่างไม่แน่นอน (amorphous material) โดยพืชที่ได้รับสารละลายซิลิคอนจะเกิดการอุดตันของ amorphous material อย่างรวดเร็วและมีขอบเขตกว้าง ทำให้มีประสิทธิภาพในการจำกัดการเจริญของเชื้อราสาเหตุโรค (amorphous material ทำหน้าที่กีดขวางการเข้าทำลายของเชื้อ และสร้างความเสียหายให้แก่เส้นใยของเชื้อ หากเส้นใยพยายามเจริญผ่าน amorphous material) ซึ่งต่อมามีการตั้งข้อสงสัยว่า amorphous material อาจจะประกอบไปด้วย polyphenolics โดยเฉพาะพวกที่เป็นพิษต่อเชื้อรา (fungitoxic phenolic compounds) (Cherif *et al.* 1992)

Cherif *et al.* (1994a) ศึกษาบทบาทของสารละลายซิลิคอนต่อการชักนำให้แตงสร้างกลไกการป้องกันตัวเอง เพื่อต่อต้านการเข้าทำลายของเชื้อรา *Pythium ultimum*, *P. aphanidermatum* และ *Cladosporium cucumerinum* โดยเป็นการกระตุ้นกระบวนการทางเคมีของพืชให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น แสดงว่าสารละลายซิลิคอนเป็น fungicide ที่ต่อต้านการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรค

Cherif *et al.* (1994b) รายงานการทดสอบประสิทธิภาพของ potassium silicate ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของแตงกวายุโรปที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน พบว่าการใช้ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1.7 mM (100 ppm) สามารถลดการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าของพืช ลดความรุนแรงโรค ลดจำนวนต้นที่ตาย รวมทั้งเพิ่มน้ำหนักต้น ราก และผลผลิตได้

2.3 การใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ควบคุมโรคพืช

ปัจจุบันการใช้จุลินทรีย์ในการควบคุมโรคพืชได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย โดยเชื่อว่าเชื้อรา *Trichoderma* spp. เป็นจุลินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีความสามารถในการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธีได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การควบคุมโรค damping-off ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ของถั่ว แตงกวา มะเขือเทศ และพริกไทย (Sivan *et al.* 1984)

จิระเดช แจ่มสว่าง และคณะ (2540) ศึกษาประสิทธิภาพส่วนผสมของผงเชื้อรา *Trichoderma harzianum* (CB-PIN-01) กับอาหารเสริม (รำข้าว) และสารเสริม (ปุ๋ยหมัก) อัตราส่วน 1:4:10 ในการควบคุมเชื้อรา *Phytophthora palmivora* โดยหว่านใต้ทรงพุ่มของทุเรียนในอัตราส่วน 50 กรัมต่อตารางเมตร ทำการทดลองในสวนเกษตรกร อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี, อำเภอเขาสมิง จังหวัดตราด และสวนทุเรียนของศูนย์วิจัยพืชสวน จังหวัดจันทบุรี พบว่าดินที่หว่านด้วยส่วนผสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของเชื้อราเพียงอย่างเดียว หรือหว่านร่วมกับการฉีดพ่น metalaxyl หรือหว่านร่วมกับสารบำรุงพืช จะพบปริมาณของเชื้อรา *T. harzianum* มากกว่าวิธีการควบคุม และจากการตรวจนับปริมาณของเชื้อรา *P. palmivora* ด้วยวิธีใช้ใบทุเรียนเป็นเหยื่อล่อ พบว่าทุกกรรมวิธีที่ใช้เชื้อรา *T. harzianum* จะพบปริมาณของเชื้อราสาเหตุโรคน้อยกว่าวิธีการควบคุม และพบว่าวิธีที่ใช้เชื้อรา *T. harzianum* จะทำให้ต้นพืชมีความสมบูรณ์เพิ่มมากขึ้น

วิเชียร ตีทอง และคณะ (2543) รายงานว่าการใช้ชีวผลิตภัณฑ์ *Trichoderma* ชนิดเม็ด (เชื้อรา *T. harzianum* PC01 + *T. hamatum* PC02) สามารถควบคุมโรครากเน่าโคนเน่าของส้มโชกุน ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Phytophthora parasitica* ในสภาพแปลงปลูกได้ โดยมีผลลดระดับการเกิดโรค และปริมาณของเชื้อราสาเหตุโรค นอกจากนี้ยังมีแนวโน้มส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชทางด้านความสูงและความกว้างของทรงพุ่ม

Wolffhechel and Jensen (1992) รายงานการใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* และ *Gliocladium virens* ควบคุมโรค damping-off และโรครากเน่าของแตง ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Pythium ultimum* โดยแยกเชื้อรา *T. harzianum* และ G. virens จากบริเวณรากของแตงที่มีการเกิดโรคน้อย ได้แก่ เชื้อรา *T. harzianum* T3, T12B, T95 และ G. virens G2 การทดสอบศักยภาพในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่าเชื้อรา *T. harzianum* T12B และ *G. virens* G2 สามารถสร้าง antibiotic ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. ultimum* ได้ ส่วนในสภาพแปลงปลูก พบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* T12B และ T95 สามารถควบคุมโรคได้ดี แต่ถ้าใช้ที่ระดับความเข้มข้นสูง จะทำให้ความสามารถในการควบคุมโรคลดน้อยลง ส่วนการใช้เชื้อรา *T. harzianum* T3 และ *G. virens* G2 รูปแบบสปอร์แขวนลอยสามารถควบคุมโรคได้ดี และความสามารถในการควบคุมโรคไม่ลดน้อยลงแม้จะใช้ที่ระดับความเข้มข้นสูง

Chambers and Scott (1995) รายงานว่าเชื้อรา *Trichoderma* และ *Gliocladium virens* เป็นจุลินทรีย์ต่อต้านเชื้อรา *Phytophthora cinnamomi* และ *P. citricola* ที่เป็นสาเหตุโรครากเน่าของต้นเกาลัด (Chestnuts) ในออสเตรเลียตอนใต้ โดยแยกจุลินทรีย์ต่อต้านจากดินจำนวน 3 isolates คือ เชื้อรา *T. hamatum*, *T. pseudokoningii* และ *G. virens* ซึ่งจุลินทรีย์ทั้ง 3 isolates นี้ จะเจริญเข้าปกคลุมโคโลนีของเชื้อรา *P. cinnamomi* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยพบว่าเชื้อรา *Trichoderma* ทั้ง 2 isolates จะสร้างเส้นใยเจริญเข้าพันรัดเส้นใยของเชื้อรา *P. cinnamomi* ซึ่งเรียกกลไกดังกล่าวว่า mycoparasitism ส่วนเชื้อรา *T. hamatum* และ *G. virens* จะสร้างสารปฏิชีวนะเข้าทำลายเส้นใยของเชื้อรา *P. cinnamomi* และ *P. citricola* ซึ่งเรียกกลไกดังกล่าวว่า antibiosis

Lo *et al.* (1997) ศึกษาการใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* strain 1295-22 ควบคุมเชื้อรา *Pythium* spp. สาเหตุโรครากเน่าของ creeping bentgrass โดยวิธีการพ่นสปอร์แขวนลอยและใช้เม็ดยาเชื้อ พบว่าสามารถลดการเกิดโรครากเน่าทั้งในสภาพโรงเรือนและสภาพไร่ และพบว่าปริมาณของเชื้อรา *T. harzianum* บริเวณรอบ ๆ รากพืชเพิ่มขึ้น 10-100 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Biswas *et al.* (2000) รายงานว่าเชื้อรา *Trichoderma harzianum* จำนวน 3 isolates ได้แก่ T8, T10 และ T12 มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* สาเหตุโรคลำต้นเน่าของถั่วลิสง ได้ 92, 85 และ 79 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Manorangitham *et al.* (2001) รายงานว่าเชื้อรา *Trichoderma viride* และเชื้อแบคทีเรีย *Pseudomonas fluorescens* สามารถลดการเกิดโรค damping off ของมะเขือเทศที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* และเพิ่มความยาวราก ความยาวลำต้น และผลผลิตของพืชได้

Ngueko *et al.* (2002) รายงานว่าเชื้อรา *Trichoderma harzianum* C184 สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Cylindrocladium* sp., *Fusarium solani*, *F. oxysporum* และ *Aspergillus* sp. ได้ โดยพบว่า culture filtrate ของเชื้อรา *T. harzianum* C184 ลดการเจริญเติบโตของเชื้อราสาเหตุโรคได้ 52-87 เปอร์เซ็นต์

Le *et al.* (2003) รายงานการใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ควบคุมโรค sudden death ของมะเขือเทศ ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* พบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* และ *T. virens* คลุกเมล็ด ผสมในวัสดุเพาะปลูก และผสมในดินปลูก มีผลลดลดความรุนแรงของโรคเล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างกับวิธีการควบคุม

Kanokmedhakul *et al.* (2004) รายงานว่าเชื้อรา *Trichoderma harzianum* สร้างสารปฏิชีวนะ trichotoxin ยับยั้งการสร้างสปอร์และการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Phytophthora parasitica*, *Colletotrichum gloeosporioides* และ *P. palmivora* ที่เป็นสาเหตุโรครากเน่าโคนเน่า, โรคแอนแทรคโนสของส้มโชกุน และโรครากเน่าโคนเน่าของทุเรียนได้

Srinon and Soytong (2004) ทดสอบการใช้ชีวผลิตภัณฑ์คีโตเมี่ยม ไตรโคเดอร์มา และเพนนิซิลเลี่ยม ในแปลงปลูกองุ่นจำนวน 5 สายพันธุ์ พบว่าชีวผลิตภัณฑ์ดังกล่าวนอกจากจะสามารถควบคุมโรคแอนแทรคโนส ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* ได้แล้ว ยังพบว่าหลังจากใช้เป็นเวลา 4, 8 และ 12 เดือน จะลดปริมาณของเชื้อราสาเหตุโรค เนื่องจากปริมาณของจุลินทรีย์ต่อต้านเพิ่มมากขึ้น แต่หากเปรียบเทียบกับวิธีการใช้สารเคมี จะพบว่าปริมาณของจุลินทรีย์ต่อต้านและจุลินทรีย์ที่มีประโยชน์อื่น ๆ ในดินจะน้อยมากหรืออาจไม่พบเลย

Jayaraj *et al.* (2006) ศึกษาการพัฒนารูปแบบของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* strain M1 ในการควบคุมโรค damping-off ของมะเขือเทศ ที่มีสาเหตุมาจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* โดยคัดเลือกเชื้อรา *T. harzianum* ที่มีความต้านทานต่อ carbendazim และสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ได้ แล้วนำมาพัฒนาเป็นรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ แป้งทาตัว, ถ่านหินบด, ถ่านหินบดผสมผงถ่าน, ผงละลายน้ำ, ดินขี้เถ้าภูเขาไฟ, polyethylene glypol และวุ้น พบว่าเชื้อรา *T. harzianum* ทุกรูปแบบสามารถเก็บได้นานถึง 9 เดือน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส โดยพบว่าในช่วง 3 เดือนแรก ปริมาณของเชื้อรา T. harzianum ยังอยู่ครบ ส่วนการใช้ในสภาพแปลงปลูกโดยการคลุกเมล็ด พบว่าสามารถลดการเกิดโรค damping-off ของพืชได้สูงสุดถึง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

74 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มมวลรวมของพืช รวมทั้งพบว่าเชื้อรา T. harzianum สามารถเจริญเข้าครอบครองบริเวณรากพืชได้

2.4 การใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ควบคุมโรคพืชในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน

สำหรับต่างประเทศ มีรายงานการใช้เชื้อรา *Trichoderma* spp. ควบคุมโรคพืชในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแล้ว โดย Yedidia *et al.* (1999) รายงานว่า การใช้เชื้อรา *T. harzianum* T-203 ที่รากของต้นกล้าแตง (*Cucumis sativus* L.) พบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ทำให้พืชมีอัตราการเจริญเติบโตมากกว่าวิธีการควบคุม และเมื่อนำรากพืชที่มีการปลูกเชื้อรา *T. harzianum* ไปวิเคราะห์ด้วย electron microscopy พบว่าเส้นใยของเชื้อรา *T. harzianum* จะแทงผ่านรากเข้าไปอยู่ในส่วนของ epidermis และ cortex ชั้นนอก ทำให้ epidermal และ cortical cell wall มีความแข็งแรงขึ้น และทำให้เกิด barriers แบบใหม่ขึ้นในบริเวณที่อยู่ข้างเคียงตำแหน่งที่เส้นใยเชื้อรา *T. harzianum* แทงผ่าน นอกจากนี้ยังพบว่าผนังเซลล์จะมี callose อยู่ปะปนกับ cellulose เป็นจำนวนมาก ส่วนการวิเคราะห์ทางเคมีพบว่าการปลูกเชื้อรา *T. harzianum* จะเพิ่มกิจกรรมของ peroxidase และ chitinase ของพืชภายใน 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ แสดงว่า เชื้อรา *T. harzianum* สามารถชักนำ systemic resistance mechanism ของพืชได้

Ozbay *et al.* (2004) รายงานว่าการใช้เชื้อรา *Trichoderma harzianum* สายพันธุ์ทางการค้า (PlantShield™) และไม่ใช่สายพันธุ์ทางการค้า (T22 และ T95) สามารถควบคุมโรครากเน่าโคนเน่าของมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill., cultivar 'Caruso') ที่เกิดจากเชื้อรา *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินได้ โดยทำการปลูกเชื้อรา *T. harzianum* ที่วัสดุปลูกจำนวน 2 ชนิด คือ ขุยมะพร้าว และ rockwool ก่อนทำการเพาะเมล็ด และปลูกเชื้อรา *T. harzianum* อีกครั้งที่รากพืชในวันย้ายปลูกที่ 10^6 และ 10^7 conidia/ml แล้วจึงปลูกเชื้อราสาเหตุโรคตามลงไป พบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* (PlantShield™, T22 และ T95) สามารถลดการเกิดโรคของพืชที่ปลูกด้วยขุยมะพร้าวและ rockwool ได้ 79 และ 73 เปอร์เซ็นต์ และลดความรุนแรงโรคได้ 45 และ 48 เปอร์เซ็นต์ รวมทั้งเพิ่มผลผลิต ได้ 37 และ 25 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ ดังนี้

3.1 บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ

3.2 บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน

รายละเอียดของการทดลองมีดังต่อไปนี้

3.1 บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ

เพื่อศึกษาอิทธิพลร่วมของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยแยก *เชื้อราสาเหตุโรค P. aphanidermatum* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าจากคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบปลูกพืชแบบไม่ใช้ดิน 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 5 ระดับความเข้มข้น คือ 0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm สำหรับ *จุลินทรีย์ปฏิปักษ์* เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่นำมาทดสอบมี 4 ชนิด คือ 1. จากชีวผลิตภัณฑ์ยูนิเซฟแบบสปอร์แขวนลอย (product 1) 2. จากชีวผลิตภัณฑ์ยูนิเซฟแบบหัวเชื้อ (product 2) 3. จากชีวผลิตภัณฑ์ยูนิเซฟแบบผง (product 3) และ 4. จากดินเกษตรกรรม ซึ่งแยกมาจากบริเวณแปลงปลูกทุเรียน อ.เขาคิชฌกูฏ จ.จันทบุรี โดยมีวิธีดำเนินการศึกษา ดังนี้

3.1.1 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.1 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*

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. aphanidermatum* บนอาหาร PDA เป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. เจาะบริเวณขอบโคโลนีเพื่อนำไปใช้ในการทดลอง

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

บันทึกผลการทดลอง โดยวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีทุก 6 ชั่วโมง จนกระทั่งโคโลนีของเชื้อรา *P. aphanidermatum* บนสิ่งทดลองควบคุม (0 ppm) เจริญเต็มจานทดสอบ วิเคราะห์ผลทางสถิติ และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของโคโลนีเมื่อสิ้นสุดการทดลอง ดังนี้ เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของโคโลนี = [(R1 – R2) / R1] x 100; R1 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *P. aphanidermatum* บนสิ่งทดลองควบคุม (0 ppm), R2 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *P. aphanidermatum* บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน

3.1.1.2 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*

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

ปัจจัย A คือ เชื้อรา *P. aphanidermatum* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 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%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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. aphanidermatum* จากจานทดสอบของทุกสิ่งทดลองเพื่อนำไปใช้ในการทดลอง

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

บันทึกผลการทดลอง โดยนับปริมาณการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. aphanidermatum* 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. aphanidermatum* ที่เจริญบนสิ่งทดลองควบคุม (0 ppm), R2 = จำนวน sporangium ของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน รวมทั้งสังเกตลักษณะ sporangium ของเชื้อรา *P. aphanidermatum* จากทุกสิ่งทดลองภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พร้อมถ่ายภาพประกอบ

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

3.1.2 การศึกษาอิทธิพลของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*

เพื่อให้ทราบถึงศักยภาพของเชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 4 ชนิด ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* โดยวางแผนการทดลองแบบ completely randomized design จำนวน 5 ซ้ำ มี 4 วิธีการ คือ

วิธีการที่ 1 เชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)

วิธีการที่ 2 เชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบหัวเชื้อ)

วิธีการที่ 3 เชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 3 (แบบผง)

วิธีการที่ 4 เชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตรียมเชื้อทดสอบ โดยเลี้ยงเชื้อรา *P. aphanidermatum* และ *T. harzianum* แต่ละชนิดบนอาหาร PDA เป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. เจาะบริเวณขอบโคโลนีเพื่อนำไปใช้ในการทดลอง

ทำการทดลอง โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic tests) ซึ่งจะนำชิ้นวุ้นของเชื้อรา *P. aphanidermatum* วางลงบนจานทดสอบที่บรรจุอาหาร PDA ปริมาณ 15 มล. และนำชิ้นวุ้นของเชื้อรา *T. harzianum* มาวางด้านตรงข้ามให้มีระยะห่าง 6 ซม. โดยเปรียบเทียบกับวิธีการควบคุม (Control) และบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

บันทึกผลการทดลอง เมื่อโคโลนีของเชื้อรา *P. aphanidermatum* บนวิธีการควบคุม (Control) เจริญเต็มจานทดสอบ ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *P. aphanidermatum* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plates) และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition, GI) ดังนี้ GI = [(R1 – R2) / R1] x 100; R1 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *P. aphanidermatum* บนวิธีการควบคุม (control), R2 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *P. aphanidermatum* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม รวมทั้งศึกษากลไกของเชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 4 ชนิด ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยสังเกตลักษณะเส้นใยของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการเข้าทำลายเชื้อราสาเหตุโรค พร้อมถ่ายภาพประกอบ

หมายเหตุ สรุปผลการทดลองถึงชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ที่มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* เพื่อนำมาใช้ในการทดลองที่ 3.1.4 ต่อไป

3.1.3 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์

เพื่อต้องการทราบว่า สารละลายซิลิคอนที่นำมาทดสอบจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์หรือไม่ โดยทำการศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนที่มีต่อการเจริญเติบโตทางเส้นใย และการสร้าง conidia ของเชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 4 ชนิด คือ 1. จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) 2. จาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) 3. จาก product 3 (แบบผง) และ 4. จากดินเกษตรกรรม โดยวางแผนการทดลองแบบ 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

ทำการทดลอง โดยนำชิ้นวุ้นของเชื้อรา *T. harzianum* วางลงบนจานทดสอบที่บรรจุอาหาร PDA ปริมาณ 15 มล. ผสมสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

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

หมายเหตุ สรุปผลการทดลองถึงชนิดและระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนที่ไม่มีอิทธิพล หรือมีอิทธิพลน้อยที่สุดในการยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยและการสร้าง conidia ของเชื้อรา *T. harzianum* เพื่อนำมาใช้ในการทดลองที่ 3.1.4 ต่อไป

3.1.4 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*

เพื่อให้ทราบถึง อิทธิพลร่วมของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* โดยพิจารณากำหนดชนิดและระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน และชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่จะใช้ในการทดลองที่ 3.1.4 นี้ จากการประมวลและสรุปผลการทดลองที่ได้จากการทดลองที่ 3.1.1, 3.1.2 และ 3.1.3 เพื่อให้การทดลองนี้ประสบผลสัมฤทธิ์สูงสุด โดยวางแผนการทดลองแบบ 3x3x4 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจัย C คือ ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 4 ชนิด คือ

1. เชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)
2. เชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบหัวเชื้อ)
3. เชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 3 (แบบผง)
4. เชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม

เตรียมเชื้อทดสอบ โดยเลี้ยงเชื้อรา *P. aphanidermatum* และ *T. harzianum* แต่ละชนิดบนอาหาร PDA เป็นเวลา 3 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 ซม. เจาะบริเวณขอบโคโลนีเพื่อนำไปใช้ในการทดลอง

ทำการทดลอง โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic tests) ซึ่งจะนำชิ้นวุ้นของเชื้อรา *P. aphanidermatum* วางลงบนจานทดสอบที่บรรจุอาหาร PDA ปริมาณ 15 มล. ผสมสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และนำชิ้นวุ้นของเชื้อรา *T. harzianum* มาวางด้านตรงข้ามให้มีระยะห่าง 6 ซม. โดยเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม (control) และบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

บันทึกผลการทดลอง เมื่อโคโลนีของเชื้อรา *P. aphanidermatum* บนสิ่งทดลองควบคุม (control) เจริญเต็มจานทดสอบ ทำการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีเชื้อรา *P. aphanidermatum* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plates) และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition, GI) ดังนี้ GI = [(R1 – R2) / R1] x 100; R1 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *P. aphanidermatum* บนสิ่งทดลองควบคุม (control), R2 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *P. aphanidermatum* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม รวมทั้งศึกษากลไกของเชื้อรา *T. harzianum* แต่ละชนิด ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 0, 250 และ 500 ppm ภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยสังเกตลักษณะเส้นใยของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการเข้าทำลายเชื้อราสาเหตุโรค พร้อมถ่ายภาพประกอบ

หมายเหตุ สรุปผลการทดลองถึงอิทธิพลร่วมของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพิจารณากำหนดรายละเอียดแผนการทดลองในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน เช่น ชนิดและระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.2 บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน

เพื่อศึกษาอิทธิพลร่วมของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ในการควบคุมเชื้อรา *P. aphanidermatum* ในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน โดยนำผลการทดลองที่ได้จากในสภาพห้องปฏิบัติการมาทำการศึกษาขยายผลต่อในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน แบบ deep flow technique โดยทำการทดสอบกับคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) 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* เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่นำมาทดสอบมี 4 ชนิด คือ 1. จากชีวผลิตภัณฑ์ยูนิเซฟแบบสปอร์แขวนลอย (product 1) 2. จากชีวผลิตภัณฑ์ยูนิเซฟแบบหัวเชื้อ (product 2) 3. จากชีวผลิตภัณฑ์ยูนิเซฟแบบผง (product 3) และ 4. จากดินเกษตรกรรม โดยมีวิธีดำเนินการศึกษา ดังนี้

3.2.1 การศึกษาความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique

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

วิธีการที่ 1 ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (control)
วิธีการที่ 2 ใส่เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)
วิธีการที่ 3 ใส่เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบหัวเชื้อ)
วิธีการที่ 4 ใส่เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 3 (แบบผง)
วิธีการที่ 5 ใส่เชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)

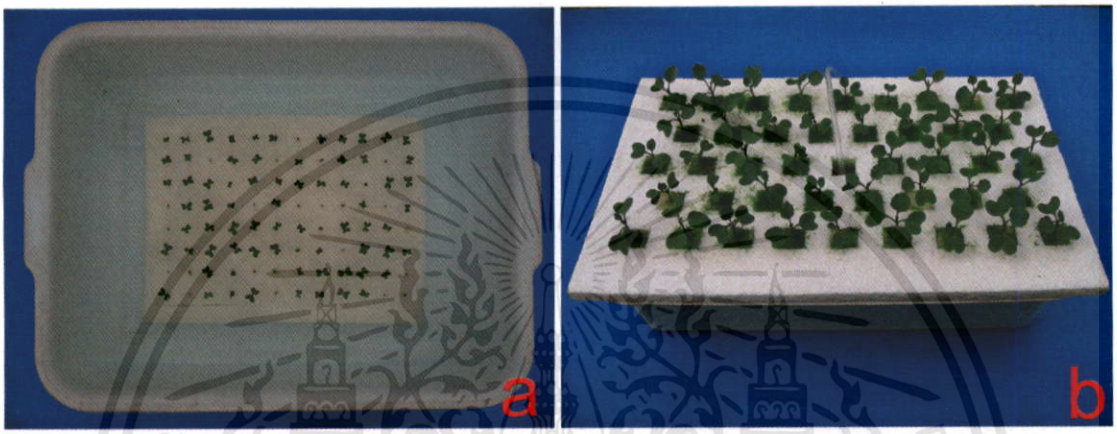
การปลูกพืชผักในระบบ deep flow technique (DFT)

ทำการปลูกพืชผักในระบบ DFT ภายในโรงเรือน evaporation ที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

การเตรียมต้นกล้า ทำการเพาะเมล็ดผักในฟองน้ำสำหรับปลูกพืชขนาด 2.5x2.5 ซม. จนต้นกล้าเริ่มมีใบจริงจึงรดด้วยสารละลายธาตุอาหารสูตรสำหรับปลูกพืชผักกินใบของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
81332

Benoit (1992) (ภาคผนวก ข) ที่ EC = 1 mS/cm ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 5.6-6.2 (ภาพที่ 3.1a) จนกระทั่งต้นกล้าอายุ 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 21 วัน จึงย้ายไปปลูกในระบบ DFT ทดลองต่อไป



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

การปลูกพืชผักในระบบทดลอง นำต้นกล้าที่เตรียมไว้มาปลูกในระบบ DFT ทดลอง ที่ประกอบด้วย กะละมังพลาสติกสำหรับบรรจุสารละลายธาตุอาหาร (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)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.2 ระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดินแบบ deep flow technique (DFT)

ทำการทดลอง

วันแรกที่ย้ายต้นกล้าลงระบบ DFT ทดลอง (พืชอายุ 21 วัน) ทำการใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์แต่ละชนิดลงในระบบ ตามอัตราการใช้ที่ระบุบนฉลากชีวผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืชแต่ละชนิด โดยมีวิธีการเตรียมจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ดังนี้

1. ชีวผลิตภัณฑ์ product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) เป็นเชื้อรา *T. harzianum* ที่อยู่ในรูปแบบ spore suspension สามารถนำไปใช้ได้ทันที จึงคำนวณและเตรียมเชื้อราให้มีระดับความเข้มข้น 10^5 conidia/ml ในสารละลายธาตุอาหาร 15 ลิตร

2. ชีวผลิตภัณฑ์ product 2 (แบบหัวเชื้อ) เป็นเชื้อรา *T. harzianum* ที่อยู่ในรูปแบบหัวเชื้อ จะต้องนำไปเพิ่มปริมาณบนข้าวสุกและบ่มเชื้อเป็นเวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากนั้นเตรียมเชื้อราให้อยู่ในรูปแบบของ spore suspension ที่ระดับความเข้มข้น 10^5 conidia/ml ในสารละลายธาตุอาหาร 15 ลิตร

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกผลการทดลอง

: ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหารและที่รากพืช โดยเก็บตัวอย่างสารละลายธาตุอาหารทุกวัน (พืชอายุ 21-42 วัน) และเก็บตัวอย่างรากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน) มาตรวจสอบปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์โดยวิธี 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 21, 28, 35 และ 42 วัน) และที่รากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน) มาทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic tests) และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition)

: การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช โดยทำการวัดการเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอมทางด้านความสูง จำนวนใบ และขนาดใบทุกสัปดาห์ (พืชอายุ 28, 35 และ 42 วัน) รวมทั้งน้ำหนักสดของต้นและรากในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน) และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

หมายเหตุ สรุปผลการทดลองถึงชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่สามารถอยู่รอดได้ในระบบ DFT และยังคงศักยภาพในการเป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่ดี รวมทั้งไม่ส่งผลกระทบด้านลบต่อการเจริญเติบโตของพืช เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับพิจารณากำหนดชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ และจำนวนครั้งที่เหมาะสมของการใส่ลงในระบบของการทดลองที่ 3.2.3 ต่อไป

3.2.2 การศึกษาความรุนแรงของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในการทำให้เกิดโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique

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

วิธีการที่ 1 ไม่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum*

วิธีการที่ 2 ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปลูกพืชผักในระบบ deep flow technique (DFT)

ทำการปลูกพืชผักในระบบ DFT ภายในโรงเรือน evaporation ที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ส่วนการเตรียมต้นกล้าและปลูกพืชผักในระบบทดลอง มีวิธีการเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.2.1 แต่การปลูกพืชผักในระบบทดลองจะใช้ต้นกล้าที่มีอายุ 14 วัน

เตรียมเชื้อทดสอบ

เลี้ยงเชื้อรา *P. aphanidermatum* บนอาหาร PDA เป็นเวลา 3 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 5 วัน จากนั้นกรองเอาส่วนของเส้นใยไปกระตุ้นการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อเป็นเวลา 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. aphanidermatum* ลงในระบบ

บันทึกผลการทดลอง

: ลักษณะอาการและระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอม

: เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและเปอร์เซ็นต์ของรากที่เป็นโรค โดยนำรากของคะน้าเห็ดหอมในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) มาตรวจสอบโดยวิธี tissue transplanting technique บนอาหาร PDA + BNPRA + rb ที่ประกอบด้วยสารเคมีดังต่อไปนี้ benomyl 10 ppm, nystatin 25 ppm, PCNB 25 ppm, rifampicin 10 ppm, ampicillin 500 ppm และ rose bengal 5 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 โดยทำการวัดการเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอมทางด้านความสูง จำนวนใบ และขนาดใบทุกสัปดาห์ (พืชอายุ 21, 28 และ 35 วัน) รวมทั้งน้ำหนักสดของต้นและรากในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

3.2.3 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique

เพื่อให้ทราบถึง อิทธิพลร่วมของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *P. aphanidermatum* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบ 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. ใส่เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)
3. ใส่เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบหัวเชื้อ)
4. ใส่เชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)

การปลูกพืชผักในระบบ deep flow technique (DFT)

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตรียมเชื้อทดสอบ

สำหรับเชื้อราสาเหตุโรค *P. aphanidermatum* มีวิธีการเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.2.2 ส่วนจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ เชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 3 ชนิด มีวิธีการเช่นเดียวกับการทดลองที่ 3.2.1

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. aphanidermatum* ลงในระบบ (พืชอายุ 14 วัน)

บันทึกผลการทดลอง

: ประเมินระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่า (disease index, DI) ของคะน้าเห็ดหอม และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

: ปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหารและที่รากพืช โดยเก็บตัวอย่างสารละลายธาตุอาหารทุก 3 วัน (พืชอายุ 14, 17, 20, 23, 26, 29, 32 และ 35 วัน) และเก็บตัวอย่างรากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) มาตรวจสอบปริมาณความอยู่รอดโดยวิธี dilution spread plate สำหรับเชื้อรา *P. aphanidermatum* ใช้อาหาร PDA + BNPRA + rb สำหรับจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ใช้ Martin's medium แล้วทำการตรวจนับโคโลนีที่เกิดขึ้นบน selective media และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

: ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ DFT โดยแยกจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จากสารละลายธาตุอาหารและที่รากพืช โดยเก็บตัวอย่างสารละลายธาตุอาหารจำนวน 4 ครั้ง (พืชอายุ 14, 23, 29 และ 35 วัน) และเก็บตัวอย่างรากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) มาทดสอบความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการโดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic tests) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition) และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

: การเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช โดยทำการวัดการเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอมทางด้านความสูง จำนวนใบ และขนาดใบทุกสัปดาห์ (พืชอายุ 21, 28 และ 35 วัน) รวมทั้งน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ต้นและราก) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) และวิเคราะห์ผลทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สถานที่ทำการศึกษาและทดลอง

ห้องปฏิบัติการโรคพืช ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช และโรงเรือนทดลอง evaporation ที่ควบคุมอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

3.4 ระยะเวลาในการทดลอง

เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2548 – เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ

4.1.1 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*

4.1.1.1 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*

จากการศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่มีต่อการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ผลการทดลองพบว่า ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีปฏิสัมพันธ์กันตั้งแต่ที่ 18 ชั่วโมงนับจากปลูกเชื้อ กล่าวคือ ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *P. aphanidermatum* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า potassium silicate มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากกว่า sodium silicate และไฟตอน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตจะเพิ่มมากขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน และที่ 36 ชั่วโมงนับจากปลูกเชื้อ พบว่า potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 750 และ 1,000 ppm รวมทั้ง sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากที่สุด (7.37, 7.05 และ 7.37 ซม. ตามลำดับ) แต่ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *P. aphanidermatum* เล็กน้อย แต่ไม่แตกต่างกับสิ่งทดลองควบคุม (8.86, 8.89 และ 9.00 ซม. ตามลำดับ) ส่วนไฟตอนมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *P. aphanidermatum* เล็กน้อย ที่ระดับความเข้มข้น 750 และ 1,000 ppm แต่ไม่แตกต่างกับสิ่งทดลองควบคุม (8.79, 8.78 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 *Pythium aphanidermatum*

การศึกษาต่อเนื่องจากข้อ 4.1.1.1 ถึงอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนที่มีต่อการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ที่ถูกกระตุ้นด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อเป็นเวลา 24 ชั่วโมง พบว่า ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีปฏิสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. aphanidermatum* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า potassium silicate มีผลยับยั้งการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากกว่า sodium silicate และไฟตอน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งความสามารถในการยับยั้งการการสร้าง sporangium จะเพิ่มมากขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่า potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm มีผลยับยั้งการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากที่สุด (2.10 sporangium/field) รองลงมาคือ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm และ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 750 ppm (4.80 และ 5.20 sporangium/field) ส่วนไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลยับยั้งการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. aphanidermatum* น้อยที่สุด (13.50 sporangium/field) (ตารางที่ 4.1, ภาพที่ 4.1 และ 4.2) ทั้งนี้จากการสังเกตลักษณะ sporangium ของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ไม่พบความผิดปกติทางสัณฐานวิทยาของ sporangium ระหว่างสิ่งทดลองที่ได้รับสารละลายซิลิคอนและสิ่งทดลองควบคุม (ภาพที่ 4.3)

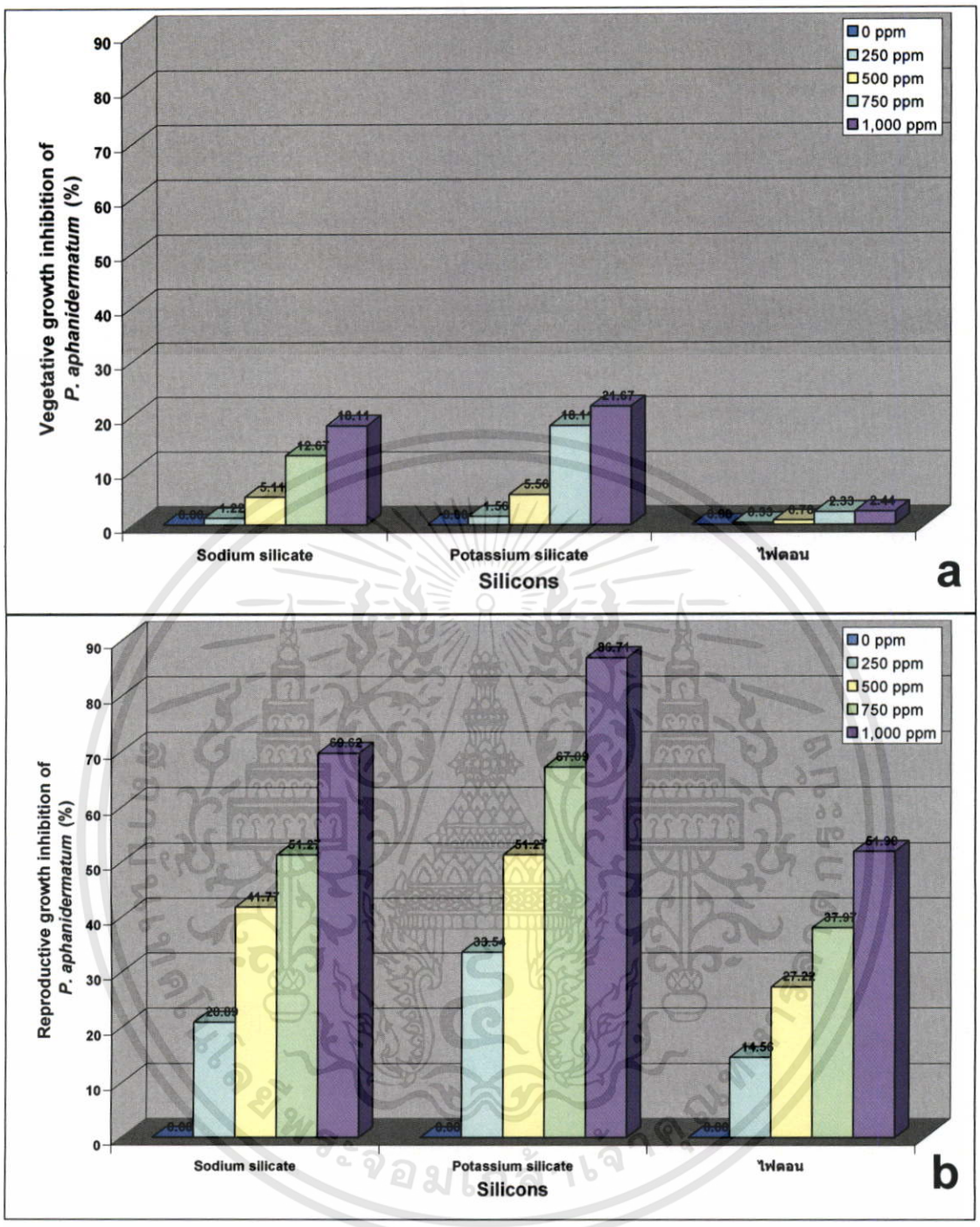
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* 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 *Pythium aphanidermatum* (ซม.)						ปริมาณ sporangium ที่ 24 ชั่วโมง (sporangium/field)
ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	6 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง	18 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	30 ชั่วโมง	36 ชั่วโมง	
sodium silicate	0	1.25a[1/]	2.79a	4.22a	5.95a	7.62a	9.00a	15.80a
	250	1.19ab	2.42b	3.76bc	5.53ab	7.24ab	8.89a-c	12.50c
	500	1.09a-c	2.23b-d	3.43cd	5.19bc	6.85b	8.54bc	9.20f
	750	1.05a-d	2.07cd	3.05e	4.57de	6.14c	7.86d	7.70g
	1000	1.00b-e	2.07de	2.95ef	4.19e	5.64d	7.37e	4.80h
potassium	0	1.25a	2.79a	4.22a	5.95a	7.62a	9.00a	15.80a
silicate	250	1.12a-c	2.31b-d	3.64bc	5.40b	7.08b	8.86a-c	10.50e
	500	0.99b-e	2.07cd	3.18de	4.85cd	6.88b	8.50c	7.70g
	750	0.84de	1.75ef	2.69fg	4.10e	5.61d	7.37e	5.20h
	1000	0.79e	1.66f	2.56g	3.59f	5.31d	7.05e	2.10i
ไฟตอน	0	1.25a	2.79a	4.22a	5.95a	7.62a	9.00a	15.80a
	250	0.98b-e	2.46b	3.84b	5.60ab	7.27ab	8.97a	13.50b
	500	0.87de	2.36bc	3.70bc	5.47ab	7.09b	8.93ab	11.50d
	750	0.91c-e	2.30b-d	3.68bc	5.46ab	7.06b	8.79a-c	9.80ef
	1000	0.84de	2.34bc	3.67bc	5.48ab	7.15ab	8.78a-c	7.60g
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน								
sodium silicate		1.12a	2.31b	3.48b	5.09b	6.70b	8.33b	10.00b
potassium silicate		1.00b	2.11c	3.26c	4.78c	6.50c	8.16c	8.26c
ไฟตอน		0.97b	2.45a	3.82a	5.59a	7.24a	8.89a	11.64a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น								
0		1.25a	2.79a	4.22a	5.95a	7.62a	9.00a	15.80a
250		1.09b	2.40b	3.75b	5.51b	7.20b	8.91a	12.17b
500		0.98c	2.22c	3.44c	5.17c	6.94d	8.66b	9.47c
750		0.93c	2.04d	3.14d	4.71d	6.27d	8.01c	7.57d
1000		0.88c	2.01d	3.06d	4.42e	6.03d	7.73d	4.83e
C.V. (%)		14.47	9.50	7.61	6.92	5.02	3.39	6.55
ชนิดสารละลายซิลิคอน (A)		**	***	***	***	***	***	***
ระดับความเข้มข้น (B)		***	***	***	***	***	***	***
A x B		ns	ns	***	***	***	***	***

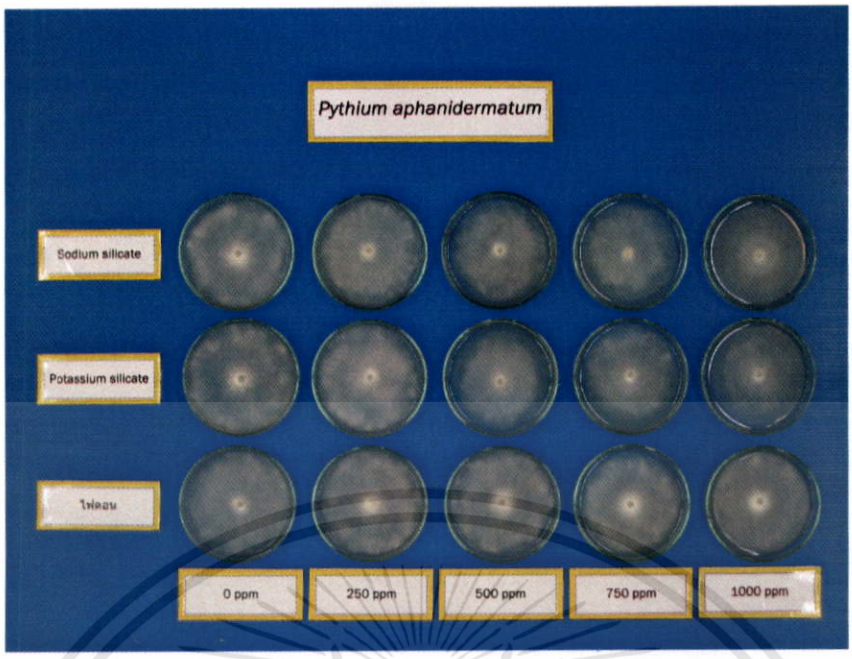
[1/] ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



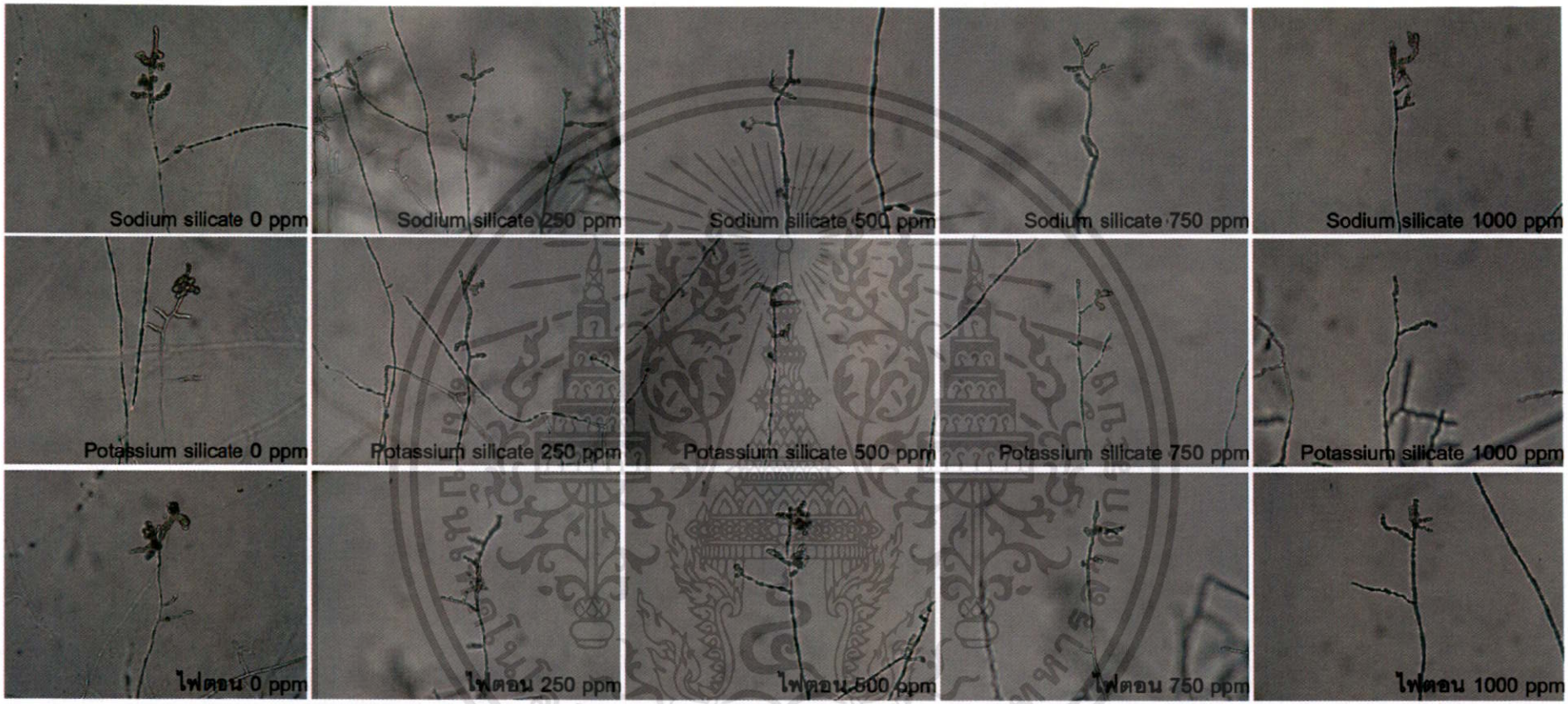
ภาพที่ 4.1 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm): a. เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของโคโลนี (ที่อายุ 36 ชั่วโมง), b. เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้าง sporangium (หลังจากถูกกระตุ้นด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ ที่อายุ 24 ชั่วโมง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 36 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

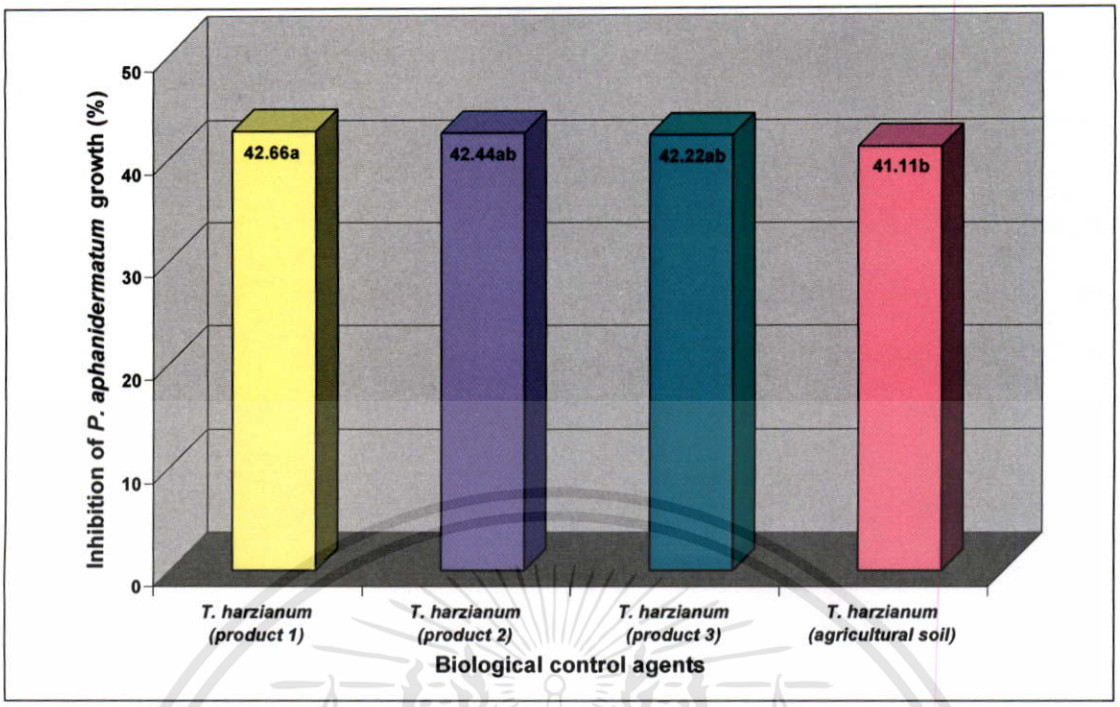


ภาพที่ 4.3 ลักษณะ sporangium ของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) หลังจากถูกกระตุ้นด้วยน้ำกลั่นนึ่งฆ่าเชื้อ ที่อายุ 24 ชั่วโมง (กำลังขยาย 400 เท่า)

4.1.2 การศึกษาอิทธิพลของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*

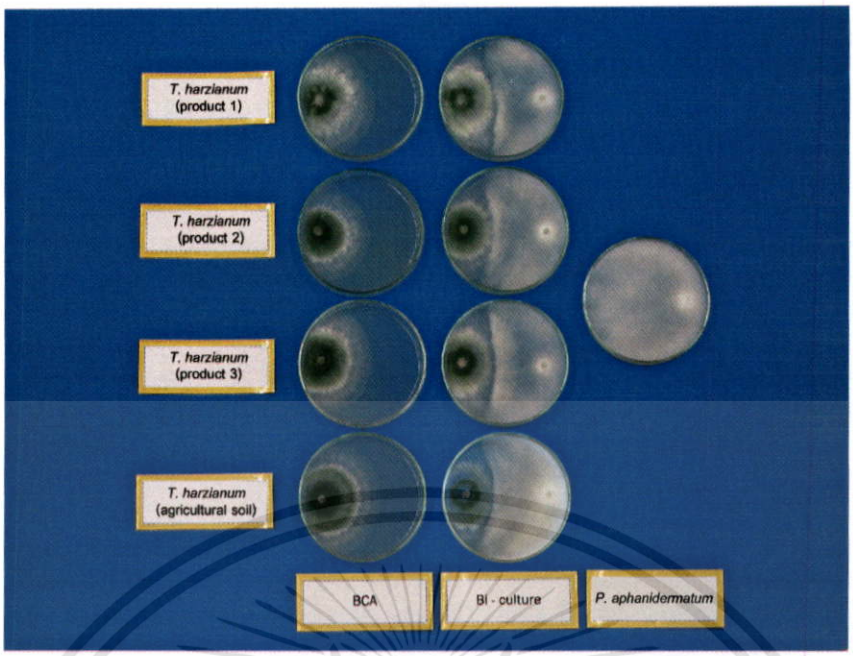
จากการศึกษาศักยภาพของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ *T. harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic tests) ที่อายุ 60 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่า เชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 4 ชนิด มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ได้ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าเชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตไม่แตกต่างกับ product 2 (แบบหัวเชื้อ) และ product 3 (แบบผง) (42.66, 42.44 และ 42.22 เปอร์เซ็นต์) แต่มากกว่าเชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจากดินเกษตรกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (41.11 เปอร์เซ็นต์) (ภาพที่ 4.4 และ 4.5) และจากการศึกษากลไกของเชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 4 ชนิด ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยสังเกตลักษณะเส้นใยของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการเข้าทำลายเชื้อราสาเหตุโรค พบว่า เชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 4 ชนิด สามารถสร้างเส้นใยเจริญเข้าพันรัดเส้นใยของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ได้ ซึ่งเรียกกลไกดังกล่าวว่า hyphal interference (ภาพที่ 4.6) ทำให้เส้นใยของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ลีบ แบน และตายในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

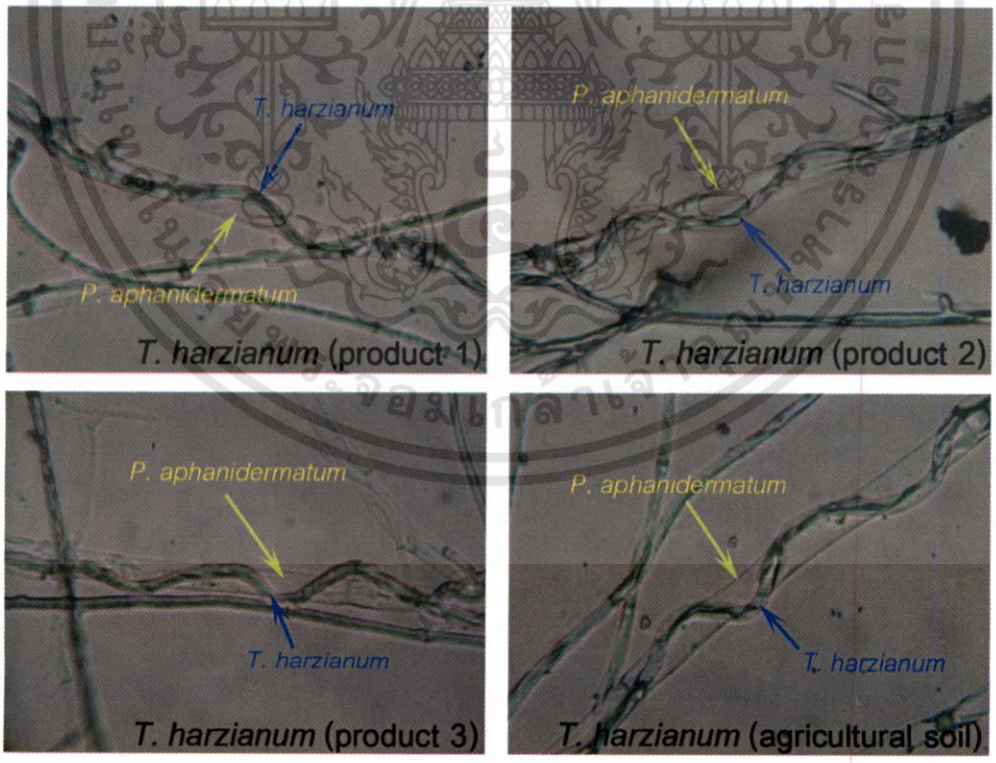


ภาพที่ 4.4 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จำนวน 4 ชนิด (เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 1, product 2, product 3 และดินเกษตรกรรม) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 60 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.5 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate) ที่อายุ 60 ชั่วโมง



ภาพที่ 4.6 ลักษณะเส้นใยของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เจริญพันรัดเส้นใยของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (กำลังขยาย 400 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)

จากการศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) ผลการทดลองพบว่า ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีปฏิสัมพันธ์กันตั้งแต่ที่ 12 ชั่วโมงนับจากปลูกเชื้อ กล่าวคือ ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *T. harzianum* (product 1) ทั้งทางด้านการเจริญเติบโตทางเส้นใยและการสร้าง conidia อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่า potassium silicate และ sodium silicate มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *T. harzianum* (product 1) มากกว่าไฟตอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่ 72 ชั่วโมงนับจากปลูกเชื้อ พบว่า ความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตจะเพิ่มมากขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน กล่าวคือ potassium silicate และ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 750 และ 1,000 ppm มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใย (4.63, 4.78, 4.11 และ 4.14 ซม. ตามลำดับ) และการสร้าง conidia ของเชื้อรา *T. harzianum* (product 1) มากที่สุด (9.34, 11.60, 6.04 และ 7.16 x 10^7 conidia ตามลำดับ) ส่วนไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm จึงจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *T. harzianum* (product 1) (8.10 ซม.) แต่ทุกระดับความเข้มข้นมีผลยับยั้งการสร้าง conidia (ตารางที่ 4.2, ภาพที่ 4.7 และ 4.8) ทั้งนี้จากการสังเกตลักษณะ conidiophore และ conidia ของเชื้อรา *T. harzianum* (product 1) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ไม่พบความผิดปกติทางสัณฐานวิทยาของ conidiophore และ conidia ระหว่างสิ่งทดลองที่ได้รับสารละลายซิลิคอนและสิ่งทดลองควบคุม (ภาพที่ 4.9)

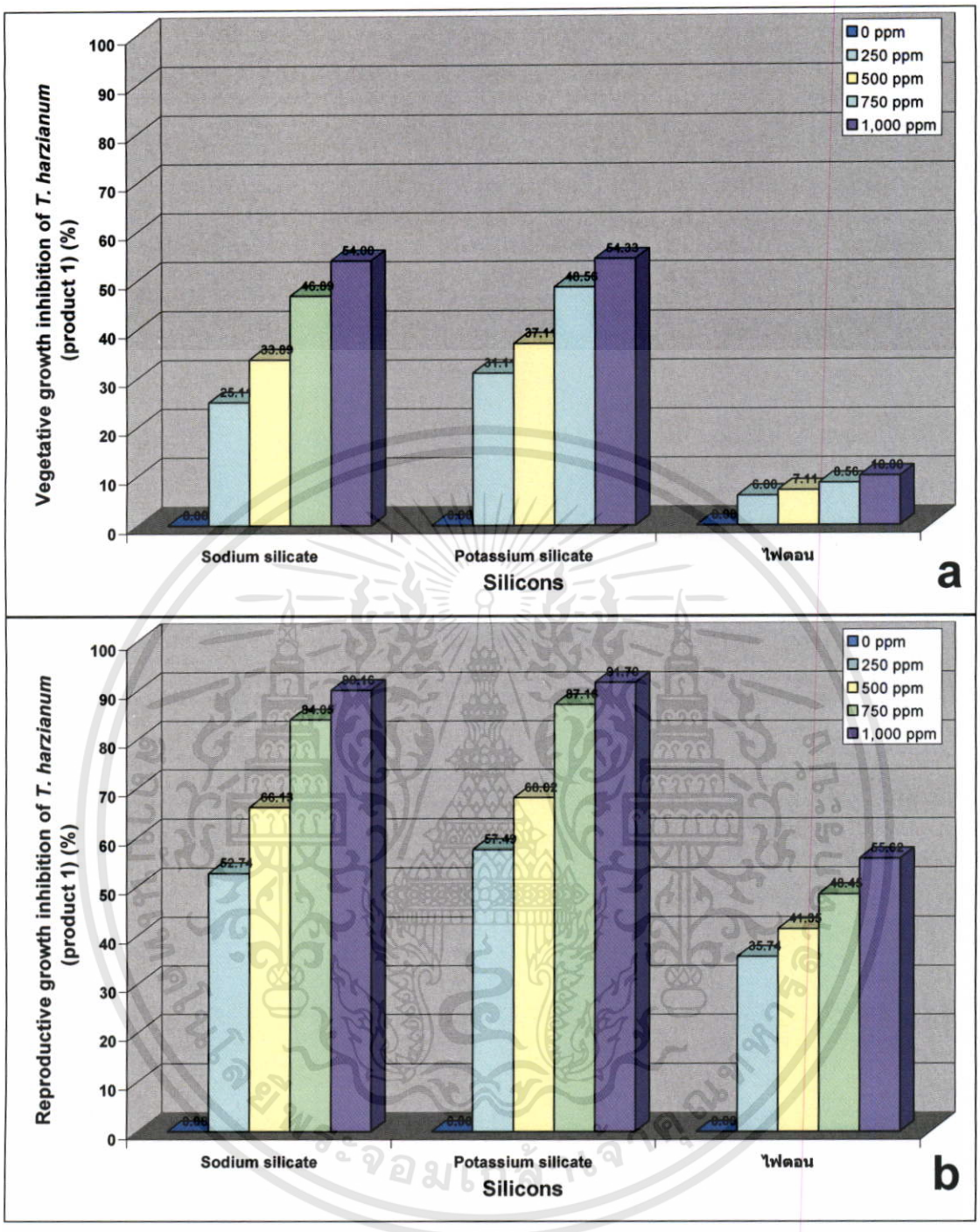
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีและปริมาณ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) 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 1) (ซม.)						ปริมาณ
ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	36 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	60 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง	conidia ($\times 10^7$)
sodium silicate	0	1.27a[1/]	2.66a	4.57a	6.47a	8.36a	9.00a	72.74a
	250	0.72c	1.32c	2.34c	3.74b	5.28b	6.74c	34.38cd
	500	0.56de	1.10cd	1.87cd	3.09bc	4.46bc	5.95d	24.64e
	750	0.50e	0.87d-f	1.71de	2.55cd	3.61cd	4.78e	11.60f
	1000	0.50e	0.84ef	1.24e	2.09d	3.12d	4.14e	7.16f
potassium silicate	0	1.27a	2.66a	4.57a	6.47a	8.36a	9.00a	72.74a
	250	0.67cd	1.27c	2.30c	3.54b	4.86b	6.20cd	30.92de
	500	0.53de	1.01de	1.81cd	3.01bc	4.29bc	5.66d	23.26e
	750	0.50e	0.86d-f	1.52de	2.49cd	3.55cd	4.63e	9.34f
	1000	0.50e	0.71f	1.22e	2.07d	3.08d	4.11e	6.04f
ไฟตอน	0	1.27a	2.66a	4.57a	6.47a	8.36a	9.00a	72.74a
	250	1.27a	2.51ab	4.20ab	5.89a	7.60a	8.46ab	46.74b
	500	1.23a	2.47ab	4.10ab	5.71a	7.55a	8.36ab	46.66bc
	750	1.14ab	2.38b	4.04ab	5.69a	7.45a	8.23ab	37.50cd
	1000	1.08b	2.30b	3.94b	5.63a	7.29a	8.10b	32.28de
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน								
sodium silicate		0.71b	1.36b	2.35b	3.59b	4.97b	6.12b	30.10b
potassium silicate		0.69b	1.30b	2.28b	3.52b	4.83b	5.92b	28.46b
ไฟตอน		1.20a	2.46a	4.17a	5.88a	7.65a	8.43a	46.38a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น								
0		1.27a	2.66a	4.57a	6.74a	8.36a	9.00a	72.74a
250		0.89b	1.70b	2.95b	4.39b	5.91b	7.13b	37.35b
500		0.77c	1.53c	2.59c	3.93c	5.43bc	6.66c	30.19c
750		0.71c	1.37d	2.42cd	3.58cd	4.87cd	5.88d	19.48d
1000		0.69c	1.28d	2.13d	3.26d	4.50d	5.45e	15.16d
C.V. (%)		12.73	10.81	13.65	13.99	13.58	7.90	18.77
ชนิดสารละลายซิลิคอน (A)		***	***	***	***	***	***	***
ระดับความเข้มข้น (B)		***	***	***	***	***	***	***
A x B		***	***	***	***	***	***	***

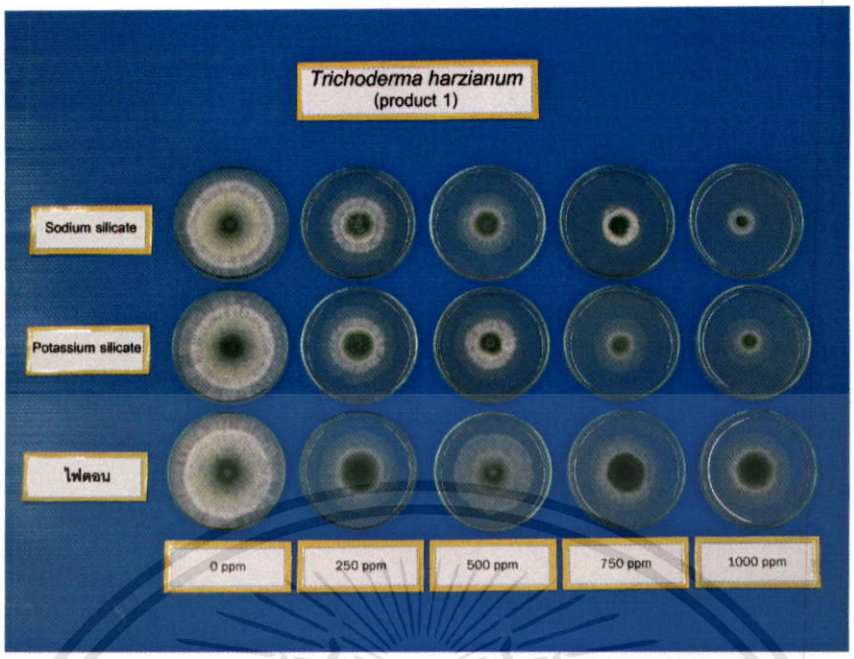
[1/] ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



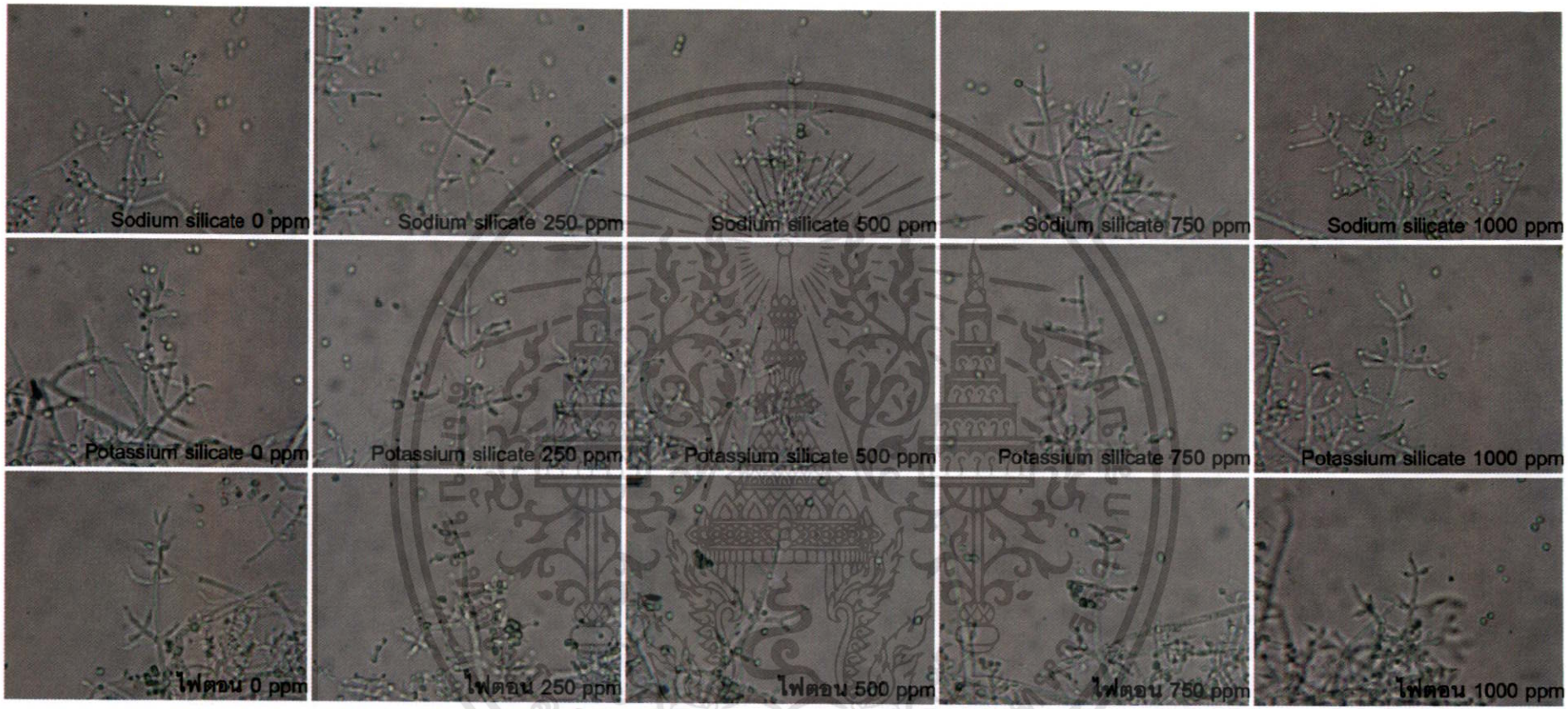
ภาพที่ 4.7 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 72 ชั่วโมง: a. เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของโคโลนี, b. เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้าง conidia

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.8 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 72 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.9 ลักษณะ conidiophore และ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 72 ชั่วโมง (กำลังขยาย 400 เท่า)

เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบหัวเชื้อ)

จากการศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) ผลการทดลองพบว่า ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีปฏิสัมพันธ์กันตั้งแต่ที่ 12 ชั่วโมงนับจากปลูกเชื้อ กล่าวคือ ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *T. harzianum* (product 2) ทั้งทางด้านการเจริญเติบโตทางเส้นใยและการสร้าง conidia อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่ 72 ชั่วโมงนับจากปลูกเชื้อ พบว่า potassium silicate และ sodium silicate มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *T. harzianum* (product 2) มากกว่าไฟตอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตจะเพิ่มมากขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *T. harzianum* (product 2) มากที่สุด (4.66 ซม.) รองลงมา คือ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm (5.02 ซม.) ส่วนไฟตอนทุกระดับความเข้มข้นไม่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *T. harzianum* (product 2) แต่มีความสามารถในการยับยั้งการสร้าง conidia และพบว่า potassium silicate และ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm มีผลยับยั้งการสร้าง conidia ของเชื้อรา *T. harzianum* (product 2) มากที่สุด (7.90 และ 9.18×10^7 conidia) ส่วนไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลยับยั้งการสร้าง conidia ของเชื้อรา *T. harzianum* (product 2) น้อยที่สุด (49.72×10^7 conidia) (ตารางที่ 4.3, ภาพที่ 4.10 และ 4.11) ทั้งนี้จากการสังเกตลักษณะ conidiophore และ conidia ของเชื้อรา *T. harzianum* (product 2) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ไม่พบความผิดปกติทางสัณฐานวิทยาของ conidiophore และ conidia ระหว่างสิ่งทดลองที่ได้รับสารละลายซิลิคอนและสิ่งทดลองควบคุม (ภาพที่ 4.12)

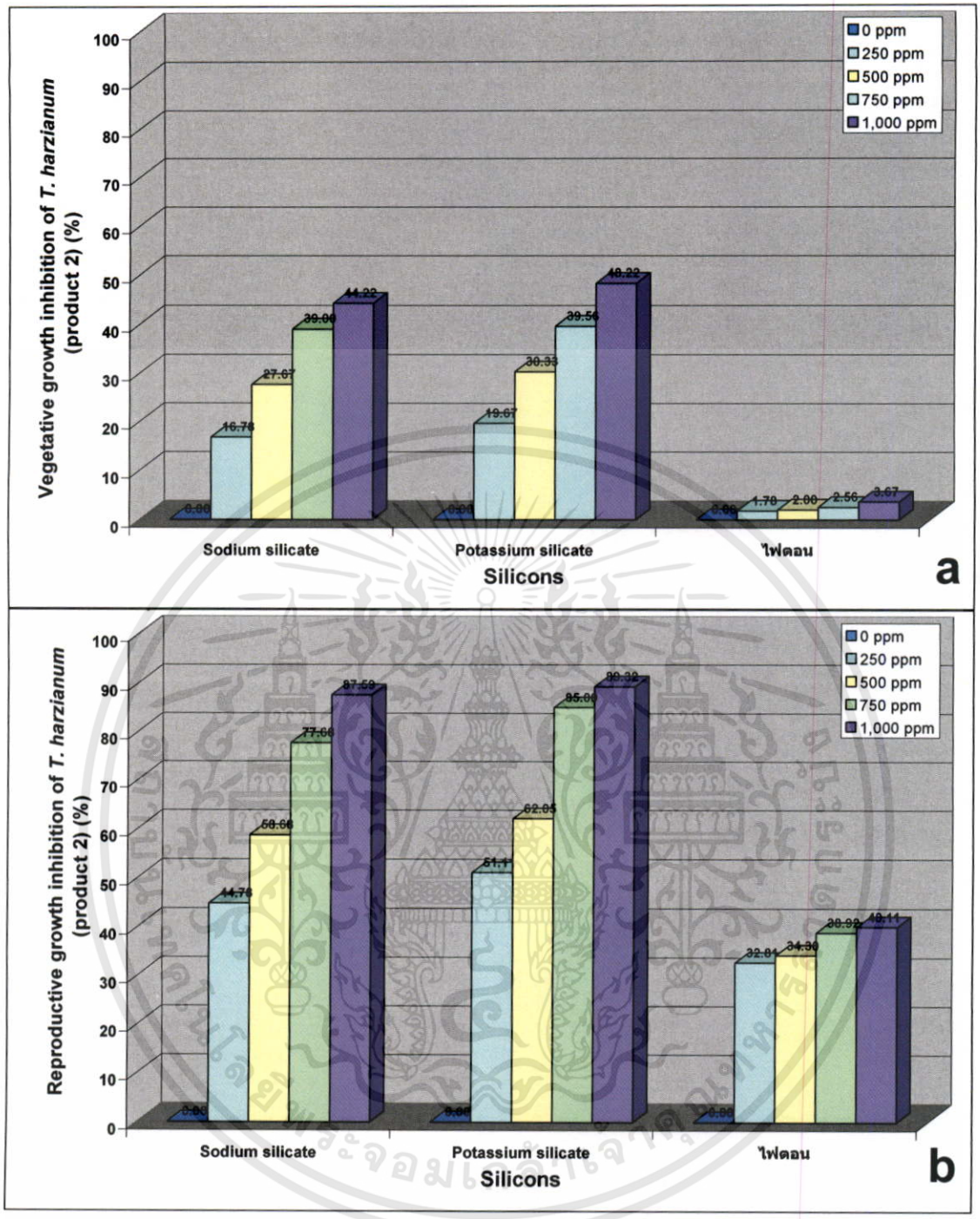
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีและปริมาณ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) 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 ($\times 10^7$)
ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	36 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	60 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง	
sodium silicate	0	1.39a[1/]	2.71a	4.25a	5.80a	7.41a	9.00a	74.00a
	250	1.00c	1.97d	3.34c	4.66c	5.99b	7.49b	40.86cd
	500	0.64d	1.54e	2.64d	3.87d	5.13c	6.51c	30.58ef
	750	0.50e	1.23f	2.07e	3.14e	4.28d	5.49d	16.52g
	1000	0.50e	1.12fg	1.97ef	2.92ef	3.94ef	5.02e	9.18h
potassium	0	1.39a	2.71a	4.25a	5.80a	7.41a	9.00a	74.00a
silicate	250	0.96c	1.94d	3.22c	4.51c	5.95b	7.23b	36.18de
	500	0.63d	1.52e	2.62d	3.79d	5.04c	6.27c	28.08f
	750	0.50e	1.21f	2.06e	3.08e	4.19de	5.44d	11.10gh
	1000	0.50e	1.05g	1.79f	2.70f	3.64f	4.66f	7.90h
ไฟตอน	0	1.39a	2.71a	4.25a	5.80a	7.41a	9.00a	74.00a
	250	1.28b	2.68ab	4.12ab	5.62ab	7.26a	8.84a	49.72b
	500	1.27b	2.62a-c	4.03b	5.54ab	7.20a	8.82a	48.62b
	750	1.26b	2.56bc	4.01b	5.50b	7.12a	8.77a	45.20bc
	1000	1.23b	2.53c	4.00b	5.47b	7.10a	8.67a	44.32bc
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน								
sodium silicate		0.81b	1.71b	2.85b	4.08b	5.35b	6.70b	34.23b
potassium silicate		7.80b	1.69b	2.79b	3.98b	5.25b	6.52c	31.45b
ไฟตอน		1.29a	2.62a	4.08a	5.59a	7.22a	8.82a	52.37a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น								
0		1.39a	2.71a	4.25a	5.80a	7.41a	9.00a	74.00a
250		1.08b	2.20b	3.56b	4.93b	6.40b	7.85b	42.25b
500		0.85c	1.89c	3.10c	4.40c	5.79c	7.20c	35.76c
750		0.75d	1.67d	2.71d	3.91d	5.20d	6.57d	24.27d
1000		0.74d	1.57e	2.59e	3.70e	4.89e	6.12e	20.47e
C.V. (%)		7.02	4.79	4.70	4.12	4.19	3.77	13.12
ชนิดสารละลายซิลิคอน (A)		***	***	***	***	***	***	***
ระดับความเข้มข้น (B)		***	***	***	***	***	***	***
A x B		***	***	***	***	***	***	***

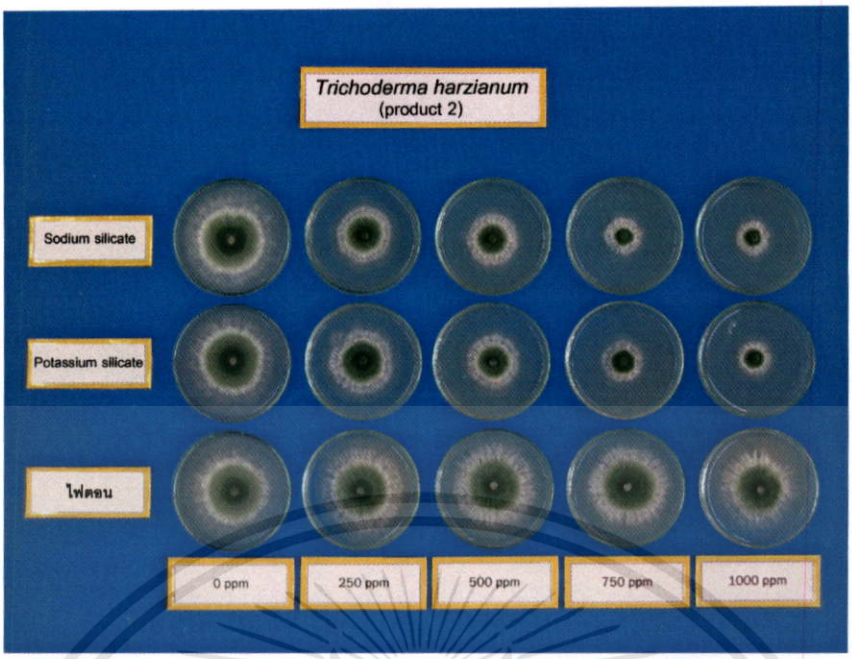
[1/] ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



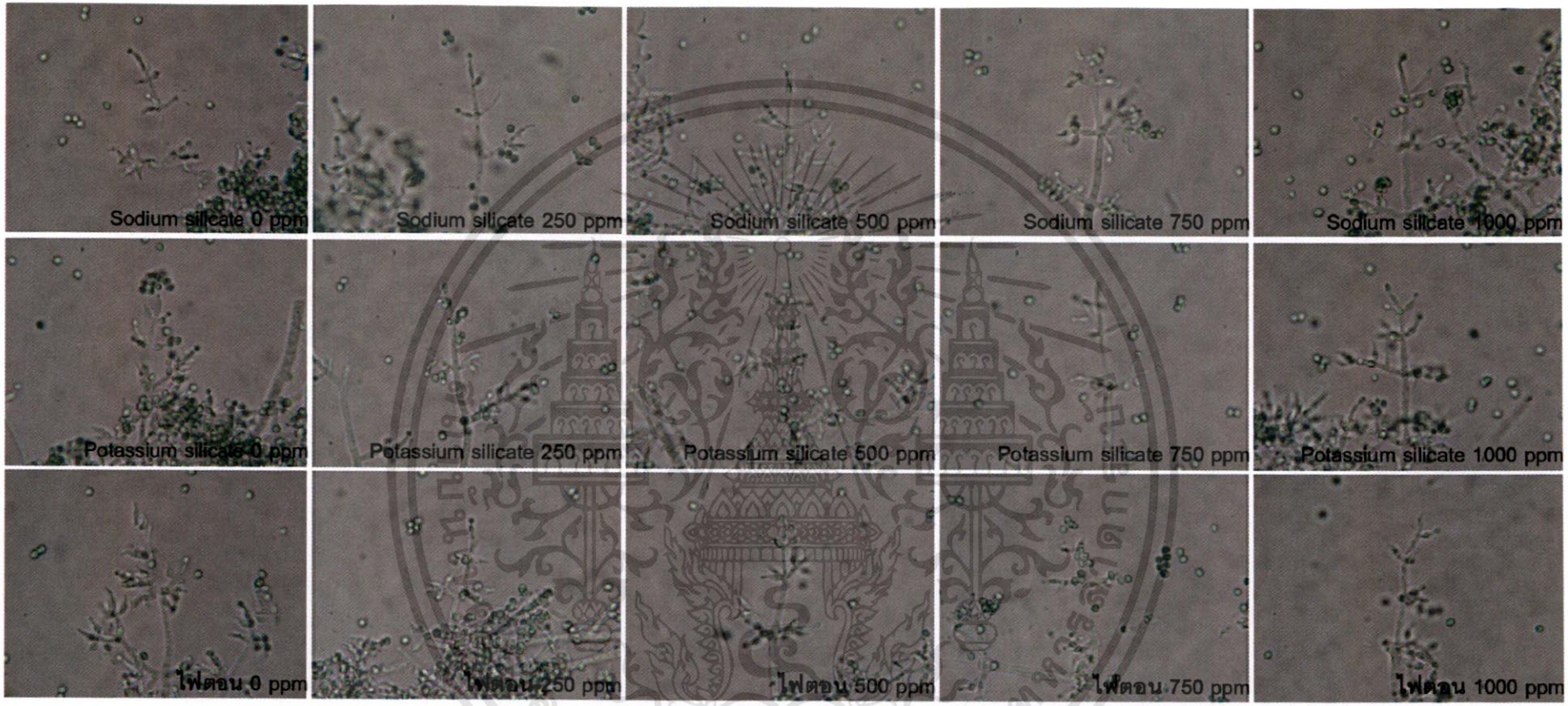
ภาพที่ 4.10 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 72 ชั่วโมง: a. เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของโคโลนี, b. เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้าง conidia

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.11 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 72 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.12 ลักษณะ conidiophore และ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 72 ชั่วโมง (กำลังขยาย 400 เท่า)

เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 3 (แบบผง)

จากการศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 3 (แบบผง) ผลการทดลองพบว่า ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีปฏิสัมพันธ์กันตั้งแต่ที่ 12 ชั่วโมงนับจากปลูกเชื้อ กล่าวคือ ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *T. harzianum* (product 3) ทั้งทางด้านการเจริญเติบโตทางเส้นใยและการสร้าง conidia อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่ 72 ชั่วโมงนับจากปลูกเชื้อ พบว่า potassium silicate และ sodium silicate มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *T. harzianum* (product 3) มากกว่าไฟตอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตจะเพิ่มมากขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *T. harzianum* (product 3) มากที่สุด (4.82 ซม.) รองลงมาคือ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm (5.28 ซม.) ส่วนไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 750 และ 1,000 ppm จึงจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *T. harzianum* (product 3) (8.66 และ 8.55 ซม.) แต่ทุกระดับความเข้มข้นมีผลยับยั้งการสร้าง conidia และพบว่า potassium silicate และ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 750 และ 1,000 ppm มีผลยับยั้งการสร้าง conidia ของเชื้อรา *T. harzianum* (product 3) มากที่สุด (11.8, 14.62, 7.98 และ 9.16×10^7 conidia) ส่วนไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลยับยั้งการสร้าง conidia ของเชื้อรา *T. harzianum* (product 3) น้อยที่สุด (48.36×10^7 conidia) (ตารางที่ 4.4, ภาพที่ 4.13 และ 4.14) ทั้งนี้จากการสังเกตลักษณะ conidiophore และ conidia ของเชื้อรา *T. harzianum* (product 3) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ไม่พบความผิดปกติทางสัณฐานวิทยาของ conidiophore และ conidia ระหว่างสิ่งทดลองที่ได้รับสารละลายซิลิคอนและสิ่งทดลองควบคุม (ภาพที่ 4.15)

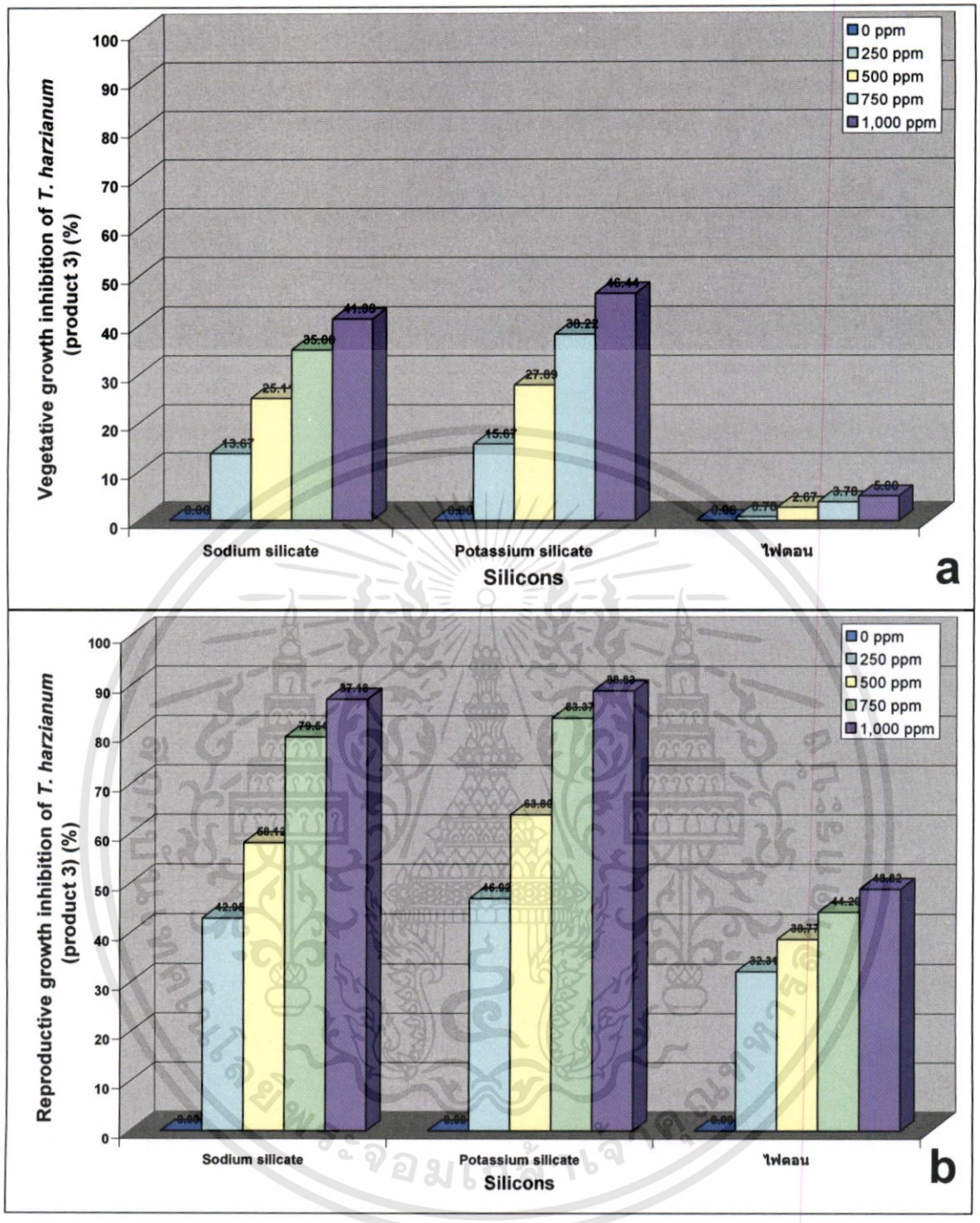
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีและปริมาณ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 3 (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 3) (ซม.)						ปริมาณ conidia
ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	36 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	60 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง	(x 10^7)
sodium silicate	0	1.50a[1/]	2.77a	4.25a	5.78a	7.57a	9.00a	71.44a
	250	1.11b	2.24b	3.57b	4.86c	6.40b	7.77d	40.76cd
	500	0.78c	1.63c	2.93c	4.08d	5.47c	6.74e	29.92e
	750	0.58d	1.15d	2.21d	3.34e	4.54d	5.85f	14.62f
	1000	0.50d	0.94ef	1.81e	2.86f	4.09e	5.28g	9.16f
potassium silicate	0	1.50a	2.77a	4.25a	5.78a	7.57a	9.00a	71.44a
	250	1.09b	2.22b	3.56b	4.78c	6.24b	7.59d	37.92cd
	500	0.77c	1.61c	2.89c	4.05d	5.34c	6.49e	25.86e
	750	0.54d	1.09de	2.07d	3.16e	4.40de	5.56fg	11.88f
	1000	0.50d	0.78f	1.62e	2.57g	3.72f	4.82h	7.98f
ไฟตอน	0	1.50a	2.77a	4.25a	5.78a	7.57a	9.00a	71.44a
	250	1.49a	2.76a	4.18a	5.68ab	7.47a	8.93ab	48.36b
	500	1.48a	2.76a	4.13a	5.58ab	7.29a	8.76a-c	43.74bc
	750	1.47a	2.76a	4.13a	5.57ab	7.23a	8.66bc	39.86cd
	1000	1.44a	2.72a	4.05a	5.40b	7.21a	8.55c	36.56d
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน								
sodium silicate		0.89b	1.75b	2.95b	4.18b	5.61b	6.93b	33.18b
potassium silicate		0.88b	1.69b	2.88b	4.07b	5.45c	6.69c	31.02b
ไฟตอน		1.48a	2.75a	4.15a	5.60a	7.35a	8.78a	47.99a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น								
0		1.50a	2.77a	4.25a	5.78a	7.57a	9.00a	71.44a
250		1.23b	2.41b	3.77b	5.11b	6.70b	8.09b	42.35b
500		1.01c	2.00c	3.32c	4.57c	6.03c	7.33c	33.17c
750		0.86d	1.67d	3.80d	4.02d	5.39d	6.69d	22.12d
1000		0.81d	1.48e	2.49e	3.61e	5.01e	6.22e	17.90e
C.V. (%)		7.20	6.19	5.49	4.51	4.31	3.09	13.37
ชนิดสารละลายซิลิคอน (A)		***	***	***	***	***	***	***
ระดับความเข้มข้น (B)		***	***	***	***	***	***	***
A x B		***	***	***	***	***	***	***

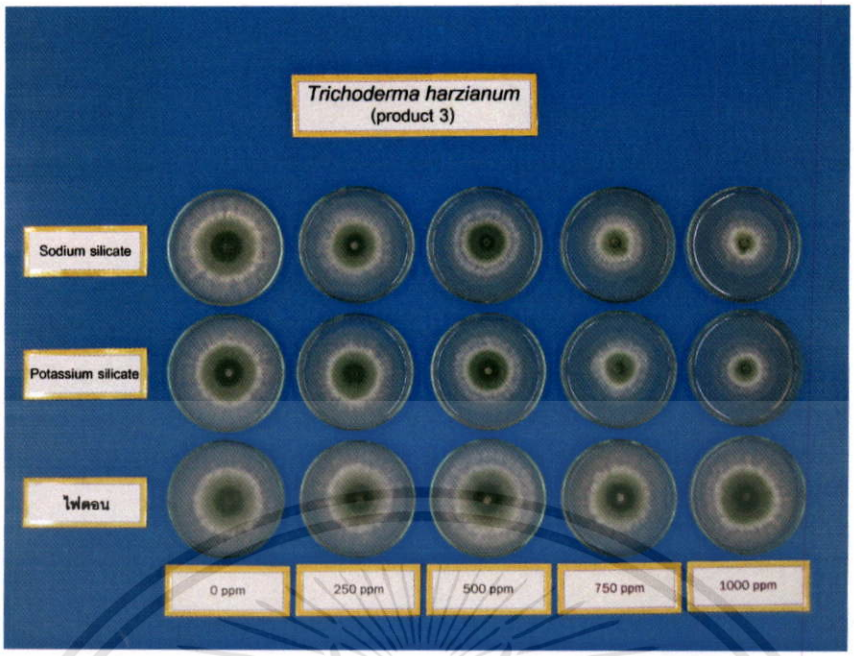
[1/] ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



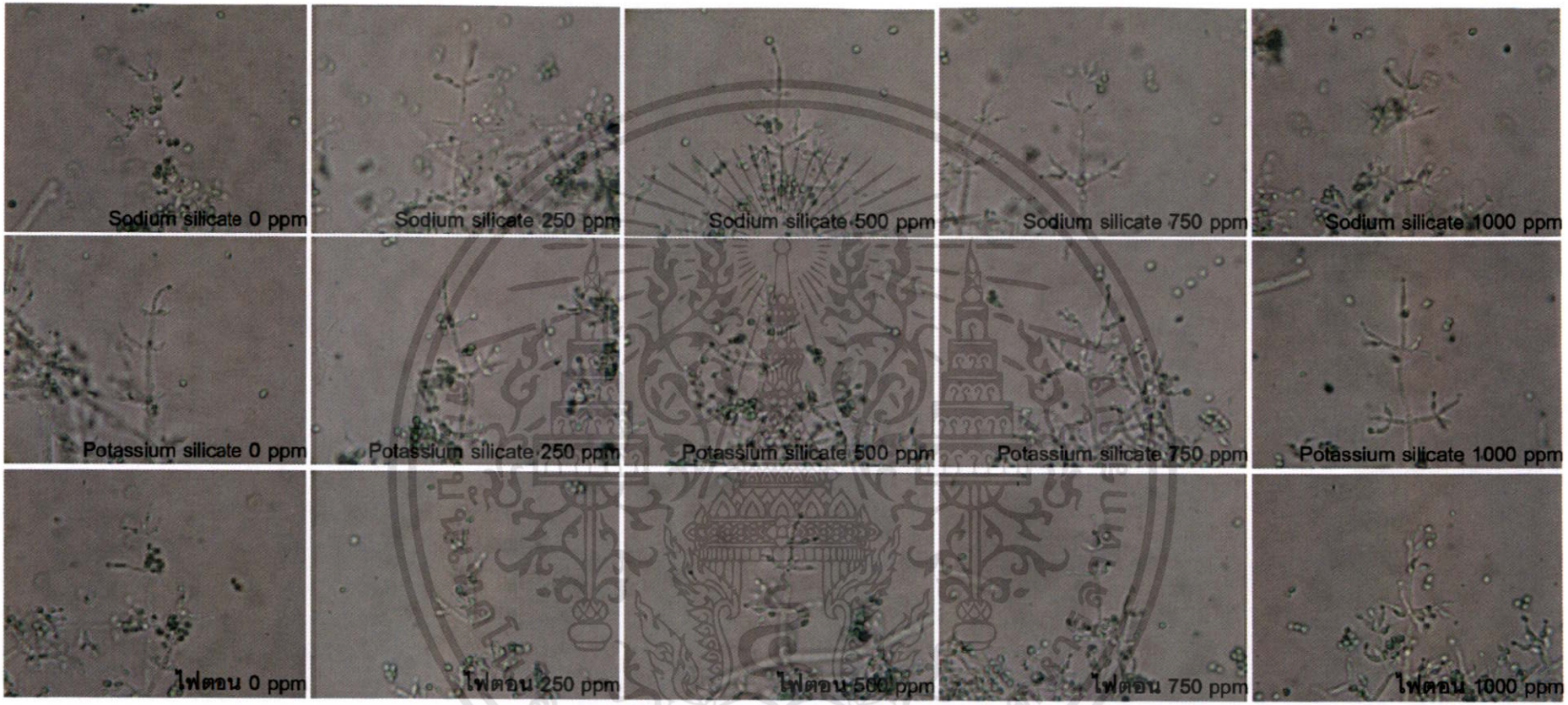
ภาพที่ 4.13 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 3 (แบบผง) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 72 ชั่วโมง: a. เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของโคโลนี, b. เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้าง conidia

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.14 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 3 (แบบผง) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 72 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.15 ลักษณะ conidiophore และ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 3 (แบบหัวเชื้อ) บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 72 ชั่วโมง (กำลังขยาย 400 เท่า)

เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จากดินเกษตรกรรม

จากการศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจากดินเกษตรกรรม ผลการทดลองพบว่า ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีปฏิสัมพันธ์กันตั้งแต่ที่ 24 ชั่วโมงนับจากปลูกเชื้อ กล่าวคือ ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *T. harzianum* (ดินเกษตรกรรม) ทั้งทางด้านการเจริญเติบโตทางเส้นใยและการสร้าง conidia อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และที่ 84 ชั่วโมงนับจากปลูกเชื้อ พบว่า potassium silicate และ sodium silicate มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *T. harzianum* (ดินเกษตรกรรม) มากกว่าไฟตอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตจะเพิ่มมากขึ้นในทุกระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *T. harzianum* (ดินเกษตรกรรม) มากที่สุด (5.25 ซม.) รองลงมาคือ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm (5.83 ซม.) ส่วนไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 750 และ 1,000 ppm จึงจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *T. harzianum* (ดินเกษตรกรรม) (8.40 และ 8.30 ซม.) แต่ทุกระดับความเข้มข้นมีผลยับยั้งการสร้าง conidia และพบว่า potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm มีผลยับยั้งการสร้าง conidia ของเชื้อรา *T. harzianum* (ดินเกษตรกรรม) มากที่สุด (10.24×10^7 conidia) รองลงมาคือ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm (14.08×10^7 conidia) ส่วนไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลยับยั้งการสร้าง conidia ของเชื้อรา *T. harzianum* (ดินเกษตรกรรม) น้อยที่สุด (57.64×10^7 conidia) (ตารางที่ 4.5, ภาพที่ 4.16 และ 4.17) ทั้งนี้จากการสังเกตลักษณะ conidiophore และ conidia ของเชื้อรา *T. harzianum* (ดินเกษตรกรรม) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ไม่พบความผิดปกติทางสัณฐานวิทยาของ conidiophore และ conidia ระหว่างสิ่งทดลองที่ได้รับสารละลายซิลิคอนและสิ่งทดลองควบคุม (ภาพที่ 4.18)

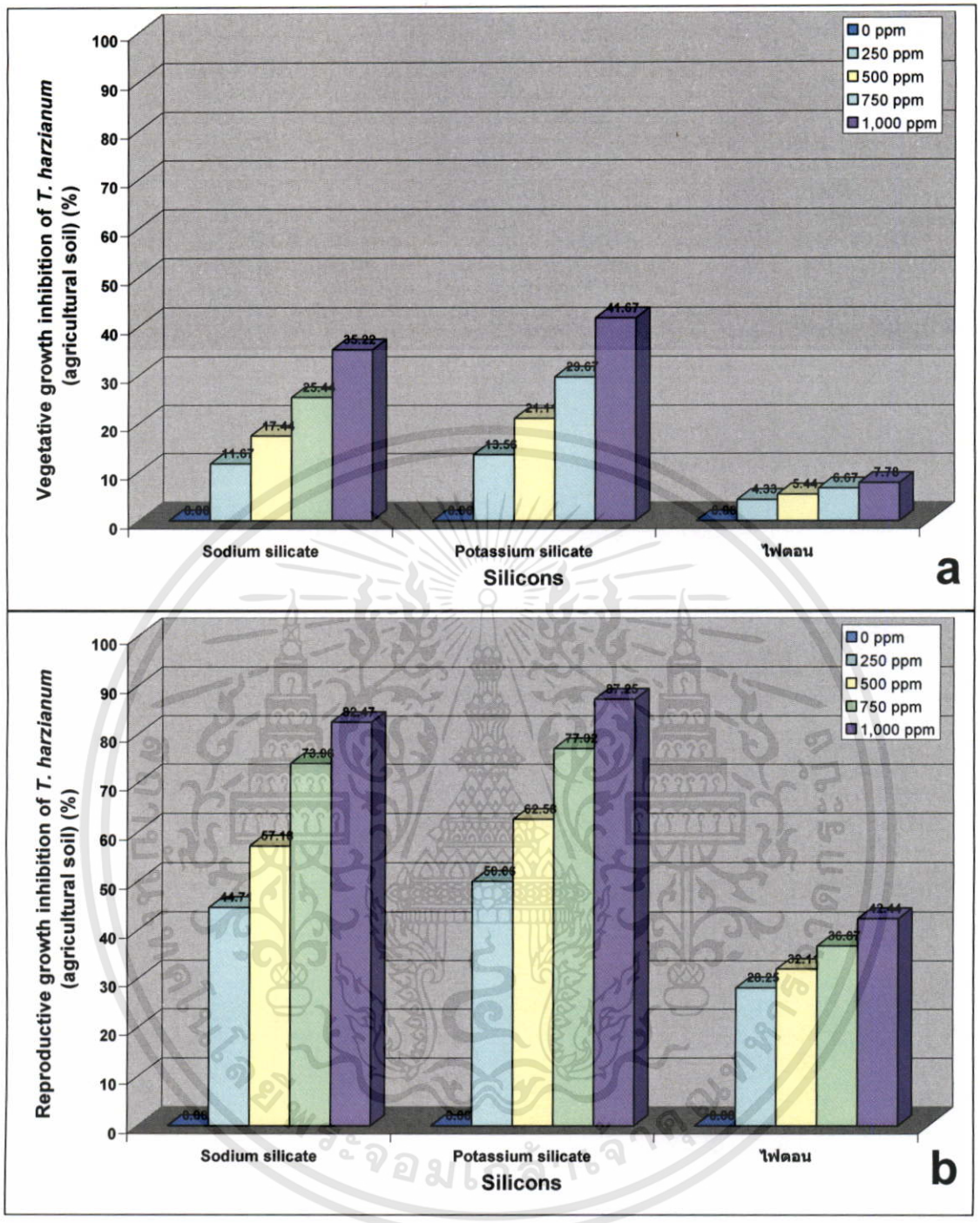
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีและปริมาณ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจากดินเกษตรกรรม บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm)

ปัจจัยการทดลอง		ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *T. harzianum* (ดินเกษตรกรรม) (ซม.)							ปริมาณ
ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	12 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง	36 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	60 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง	84 ชั่วโมง	conidia ($\times 10^7$)
sodium silicate	0	1.35a[1/]	2.80a	4.20a	5.50a	6.80a	8.00a	9.00a	80.34a
	250	1.00bc	2.15c	3.51c-e	4.70cd	5.85cd	6.93cd	7.95cd	44.42cd
	500	0.80c-e	1.60d	2.79f	3.95e	5.19e	6.34ef	7.43ef	34.40ef
	750	0.59f	1.06e	1.94g	3.03f	4.28f	5.49g	6.71gh	20.92g
	1000	0.50f	0.81ef	1.45h	2.37g	3.48g	4.63h	5.83i	14.08gh
potassium silicate	0	1.35a	2.80a	4.20a	5.50a	6.80a	8.00a	9.00a	80.34a
	250	0.94bc	2.03c	3.33e	4.48d	5.65d	6.71de	7.78de	40.12de
	500	0.63ef	1.40d	2.55f	3.74e	4.86e	6.01f	7.10fg	30.06f
	750	0.50f	0.90ef	1.68gh	2.68fg	3.89fg	5.09gh	6.33h	18.46g
	1000	0.50f	0.66f	1.14i	1.91h	2.96h	4.07i	5.25j	10.24h
ไฟตอน	0	1.35a	2.80a	4.20a	5.50a	6.80a	8.00a	9.00a	80.34a
	250	1.05b	2.46b	3.81bc	5.11ab	6.42ab	7.58ab	8.61ab	57.64b
	500	1.02b	2.42b	3.84b	5.06bc	6.33b	7.43bc	8.51ab	54.54b
	750	0.87b-c	2.22bc	3.66b-d	4.95bc	6.18bc	7.32bc	8.40bc	50.72bc
	1000	0.70d-f	1.98c	3.47de	4.71cd	5.98b-d	7.11b-d	8.30bc	46.24cd
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน									
sodium silicate		0.85b	1.68b	2.78b	3.91b	5.12b	6.28b	7.38b	38.83b
potassium silicate		0.78b	1.56c	2.58c	3.66c	4.83c	5.98c	7.09c	35.84b
ไฟตอน		1.00a	2.38a	3.80a	5.07a	6.34a	7.49a	8.56a	57.90a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น									
0		1.35a	2.80a	4.20a	5.50a	6.80a	8.00a	9.00a	80.34a
250		1.00b	2.21b	3.55b	4.76b	5.97b	7.07b	8.11b	47.39b
500		0.82c	1.81c	3.06c	4.25c	5.46c	6.59c	7.68c	39.67c
750		0.65d	1.39d	2.43d	3.55d	4.78d	5.97d	7.15d	30.03d
1000		0.57d	1.15e	2.02e	3.00e	4.14e	5.27e	6.46e	23.52e
C.V. (%)		17.22	10.58	7.84	6.85	6.12	5.60	4.54	12.15
ชนิดสารละลายซิลิคอน (A)		***	***	***	***	***	***	***	***
ระดับความเข้มข้น (B)		***	***	***	***	***	***	***	***
A x B		ns	***	***	***	***	***	***	***

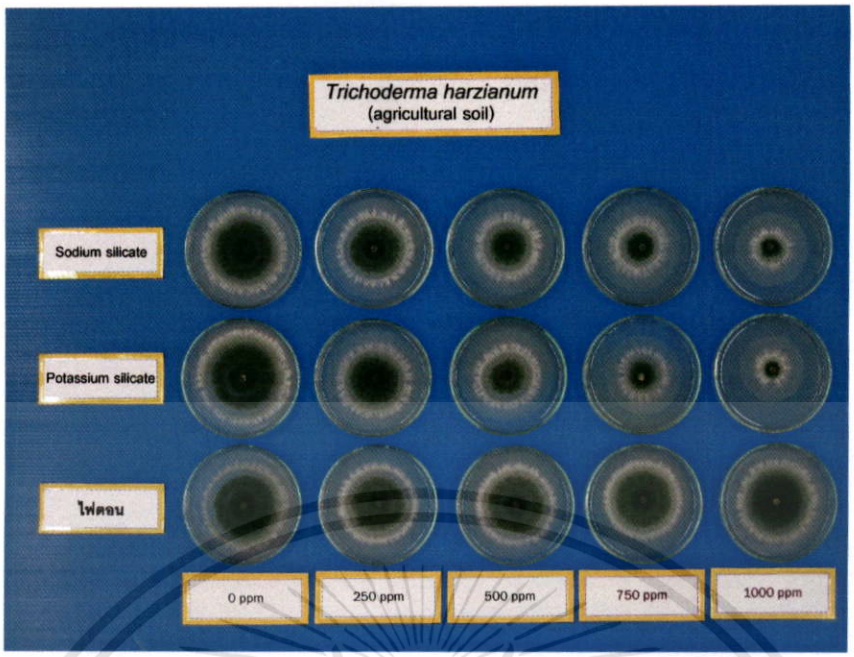
[1/] ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



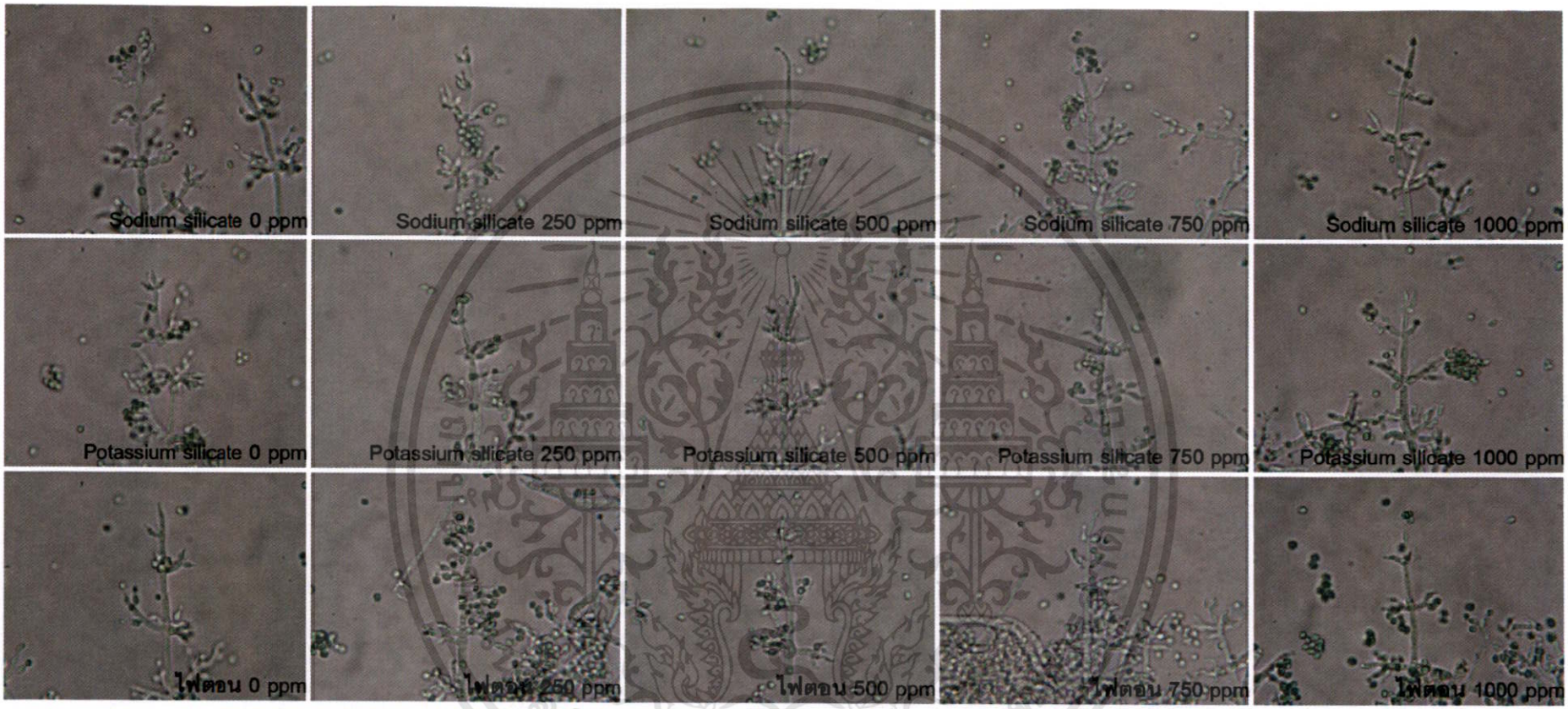
ภาพที่ 4.16 เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจากดินเกษตรกรรม บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 84 ชั่วโมง: a. เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโตของโคโลนี, b. เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการสร้าง conidia

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.17 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจากดินเกษตรกรรม บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 84 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.18 ลักษณะ conidiophore และ conidia ของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจากดินเกษตรกรรม บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 5 ระดับความเข้มข้น (0, 250, 500, 750 และ 1,000 ppm) ที่อายุ 84 ชั่วโมง (กำลังขยาย 400 เท่า)

4.1.4 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*

จากการศึกษาอิทธิพลร่วมของสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 4 ชนิด [เชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม] ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic tests) ที่อายุ 60 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่า ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แต่ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีปฏิสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้น มีอิทธิพลต่อศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากกว่าการใช้ร่วมกับสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 500 ppm ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) และ product 2 (แบบหัวเชื้อ) มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากกว่า product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ร่วมกับไฟตอนมีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากกว่าการใช้ร่วมกับ sodium silicate และ potassium silicate อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การใช้เชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากที่สุด (42.66 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้ร่วมกับ sodium silicate และ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm (41.55 และ 41.1 เปอร์เซ็นต์), การใช้ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 500 ppm (42.66 และ 42.64 เปอร์เซ็นต์) และไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) (42.44 เปอร์เซ็นต์), การใช้ร่วมกับ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm (41.78 เปอร์เซ็นต์), การใช้ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 500 ppm (42.22 และ 42.00 เปอร์เซ็นต์) และไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 3 (แบบผง) (42.22 เปอร์เซ็นต์), การใช้ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 500 ppm (41.11 และ 40.89 เปอร์เซ็นต์) รวมทั้งไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม (41.11 เปอร์เซ็นต์) ส่วนการใช้ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* น้อยที่สุด (36.45 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 4.6 ภาพที่ 4.19, 4.21, 4.23 และ 4.25) และจากการศึกษากลไกของเชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 4 ชนิดใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* บนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 0, 250 และ 500 ppm ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยสังเกตลักษณะเส้นใยของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการเข้าทำลายเชื้อราสาเหตุโรค พบว่า เชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 4 ชนิด สามารถสร้างเส้นใยเจริญเข้าพันรัดเส้นใยของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ได้ทั้งบนอาหาร PDA ที่ผสมและไม่ผสมสารละลายซิลิคอน แสดงว่า เชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 4 ชนิด แม้ว่าจะเจริญบนอาหาร PDA ที่ผสมสารละลายซิลิคอน แต่ก็ยังคงมีคุณสมบัติ hyphal interference (ภาพที่ 4.20, 4.22, 4.24 และ 4.26)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จำนวน 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม] ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 60 ชั่วโมง

ปัจจัยการทดลอง			เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต [1/]
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	(growth inhibition, %)
Trichoderma harzianum (product 1)	sodium silicate	0	42.66a [2/]
		250	41.55a-d
		500	40.00c-g
	potassium silicate	0	42.66a
		250	41.11a-e
		500	39.33e-h
	ไฟตอน	0	42.66a
		250	42.66a
		500	42.44ab
Trichoderma harzianum (product 2)	sodium silicate	0	42.44ab
		250	41.78a-c
		500	39.56e-h
	potassium silicate	0	42.44ab
		250	40.67b-f
		500	39.33e-h
	ไฟตอน	0	42.44ab
		250	42.22ab
		500	42.00ab
Trichoderma harzianum (product 3)	sodium silicate	0	42.22ab
		250	40.67b-f
		500	38.22g-i
	potassium silicate	0	42.22ab
		250	39.78d-h
		500	38.00h-j
	ไฟตอน	0	42.22ab
		250	41.11a-e
		500	40.89a-e
Trichoderma harzianum (ดินเกษตรกรรม)	sodium silicate	0	41.11a-e
		250	38.89f-h
		500	37.11ij
	potassium silicate	0	41.11a-e
		250	38.45g-i
		500	36.45j
	ไฟตอน	0	41.11a-e
		250	40.00c-g
		500	39.78d-h

ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

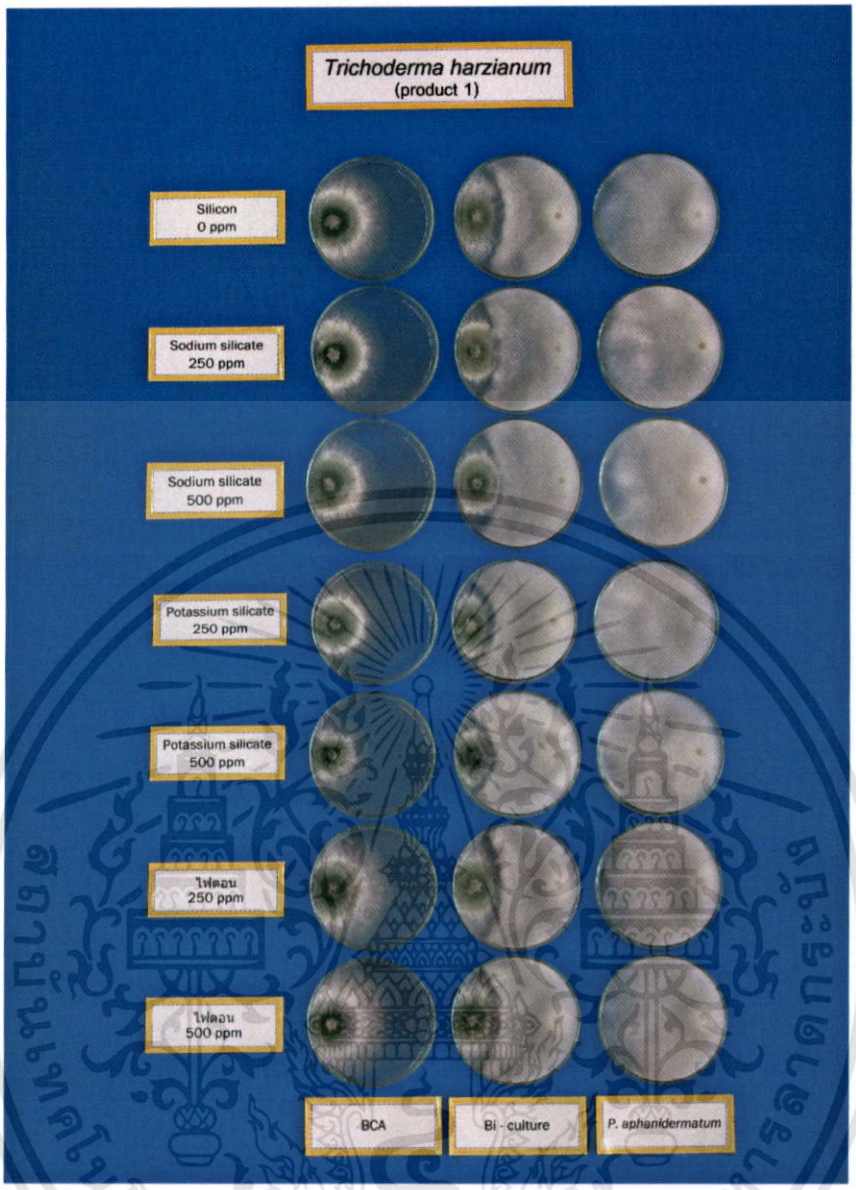
ตารางที่ 4.6 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง			เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต [1/]
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	(growth inhibition, %)
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์			
Trichoderma harzianum (product 1)			41.68a
Trichoderma harzianum (product 2)			41.43a
Trichoderma harzianum (product 3)			40.59b
Trichoderma harzianum (ดินเกษตรกรรม)			39.33c
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน			
sodium silicate			40.52b
potassium silicate			40.13b
ไฟดอน			41.63a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น			
0			42.11a
250			40.74b
500			39.43c
C.V. (%)			3.09
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 *Pythium aphanidermatum* ใน control, R2 = เส้นผ่านศูนย์กลางโคโลนีของ *Pythium aphanidermatum* ใน bi – culture antagonistic plates

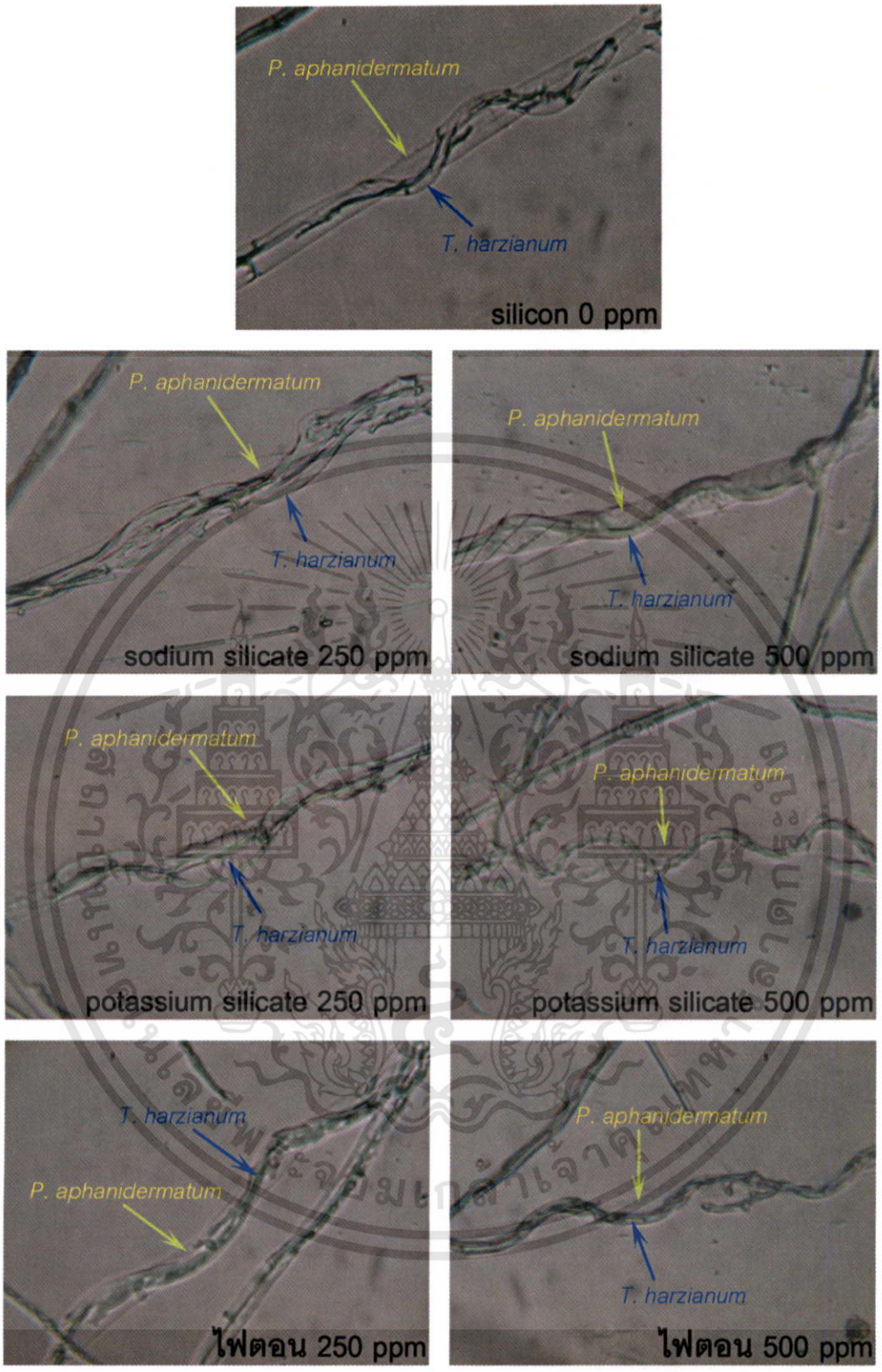
[2/] ค่าเฉลี่ยจาก 5 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



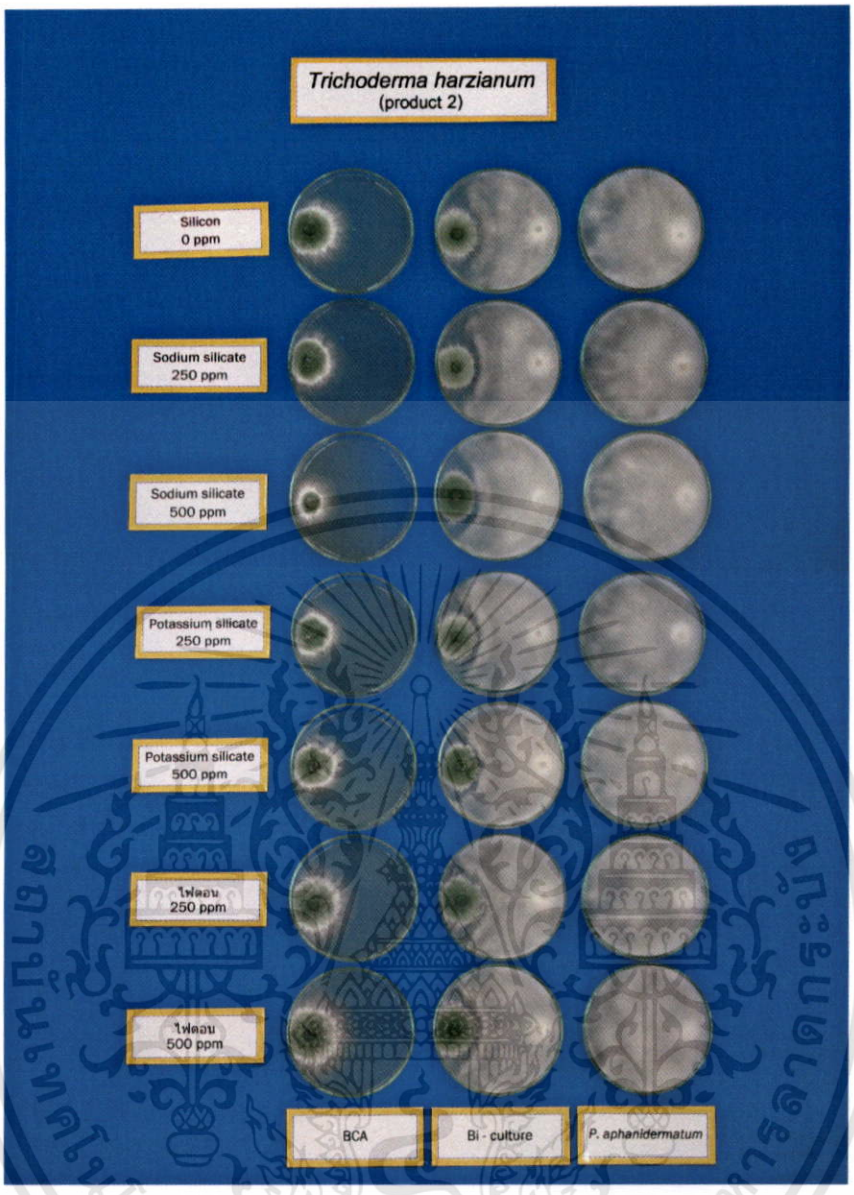
ภาพที่ 4.19 ศักยภาพของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 60 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



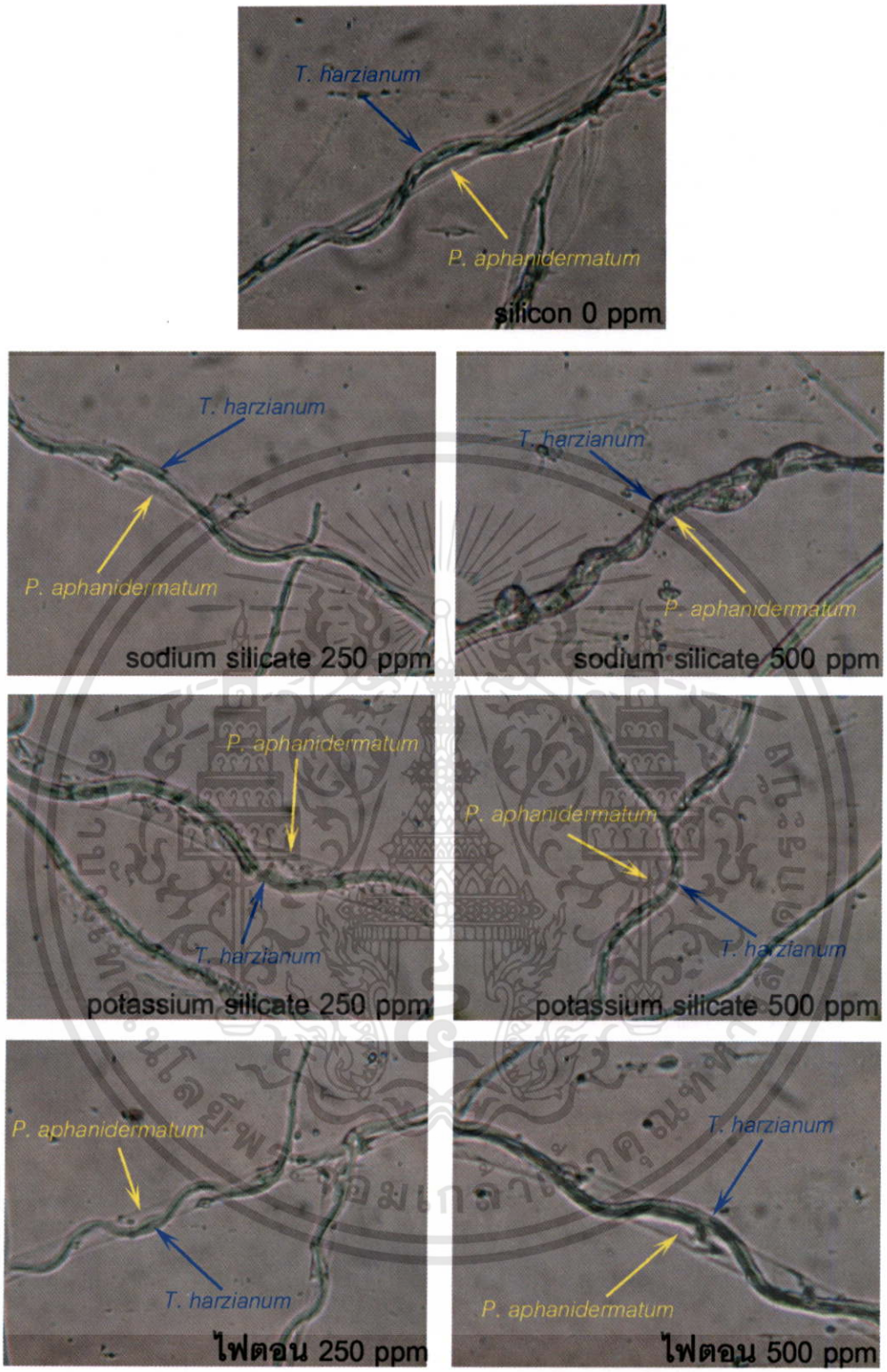
ภาพที่ 4.20 ลักษณะเส้นใยของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) เจริญพันรัดเส้นใยของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (กำลังขยาย 400 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



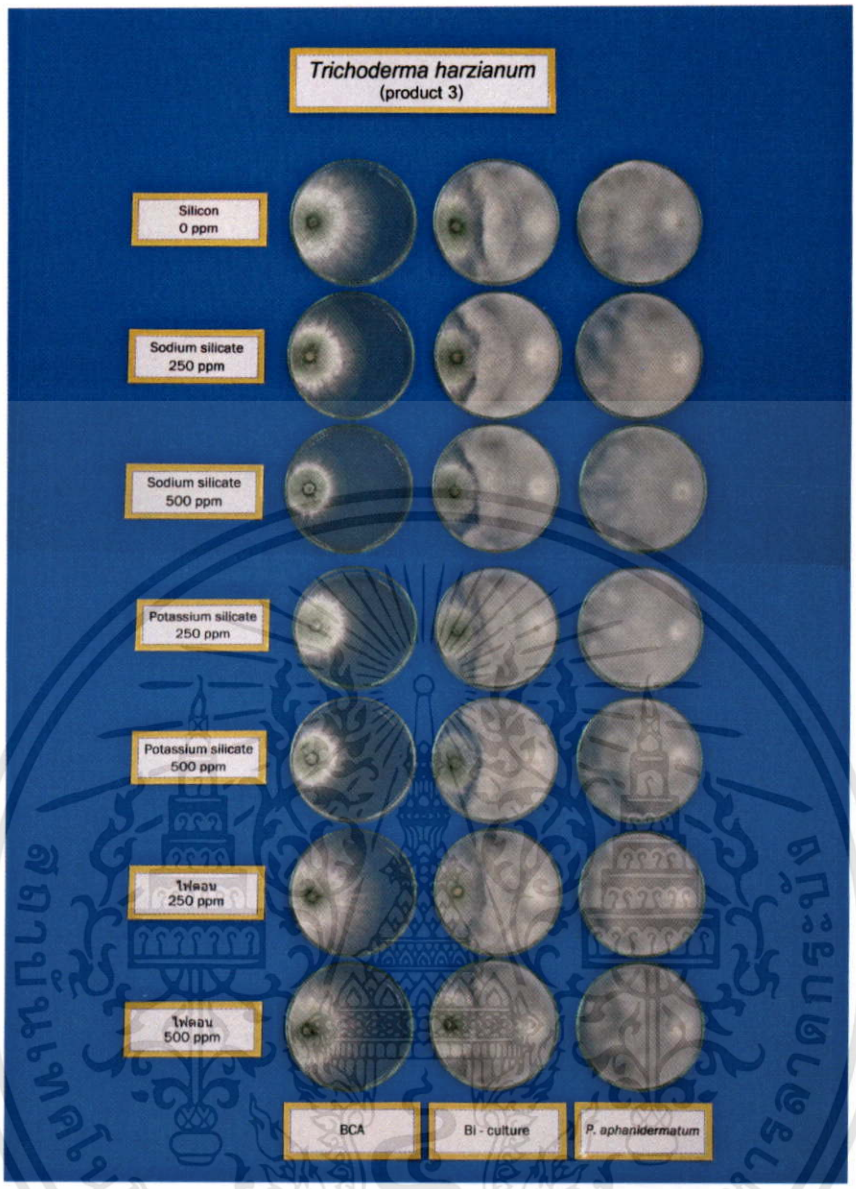
ภาพที่ 4.21 ศักยภาพของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 60 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



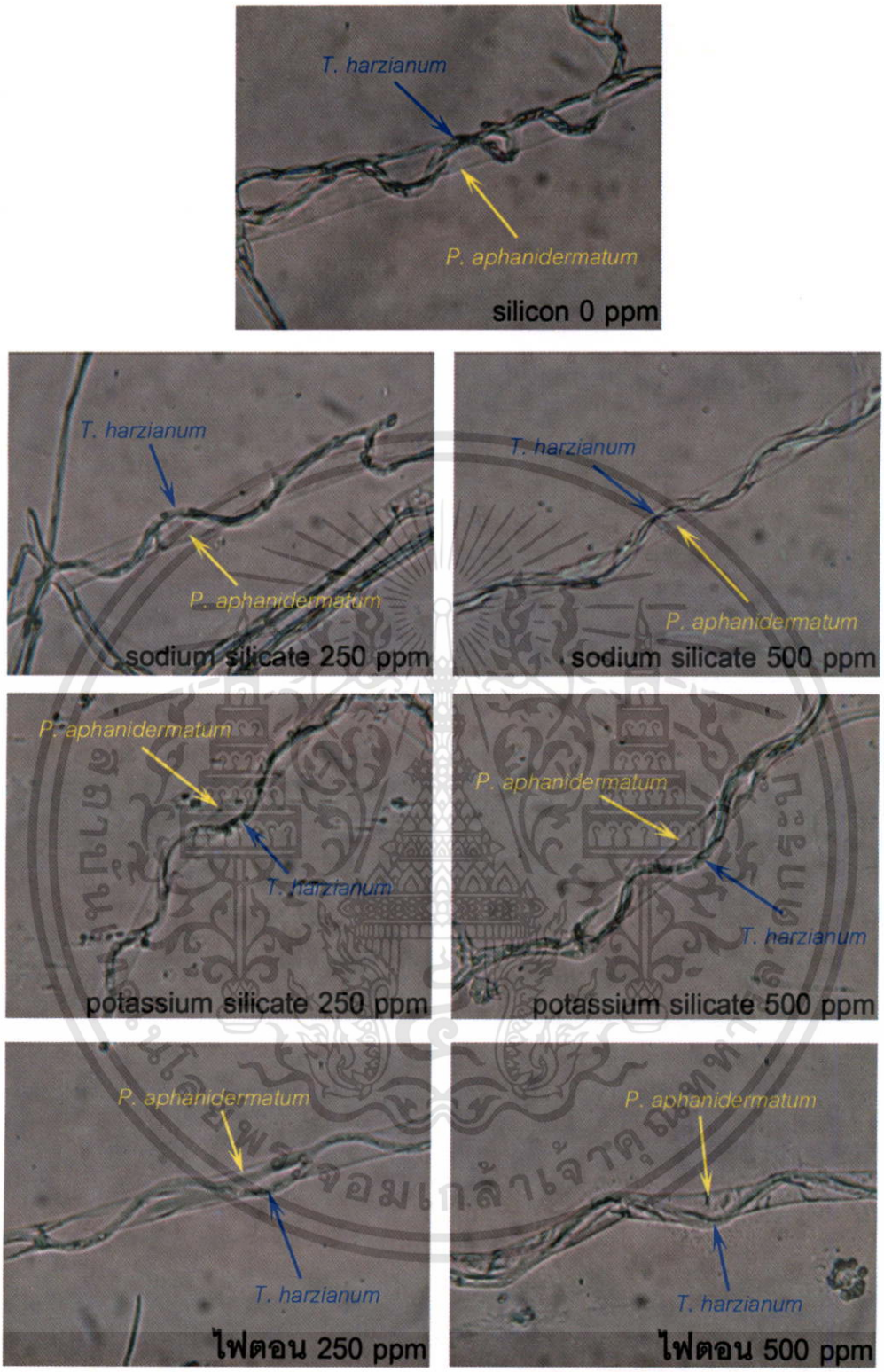
ภาพที่ 4.22 ลักษณะเส้นใยของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) เจริญพันรัดเส้นใยของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (กำลังขยาย 400 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



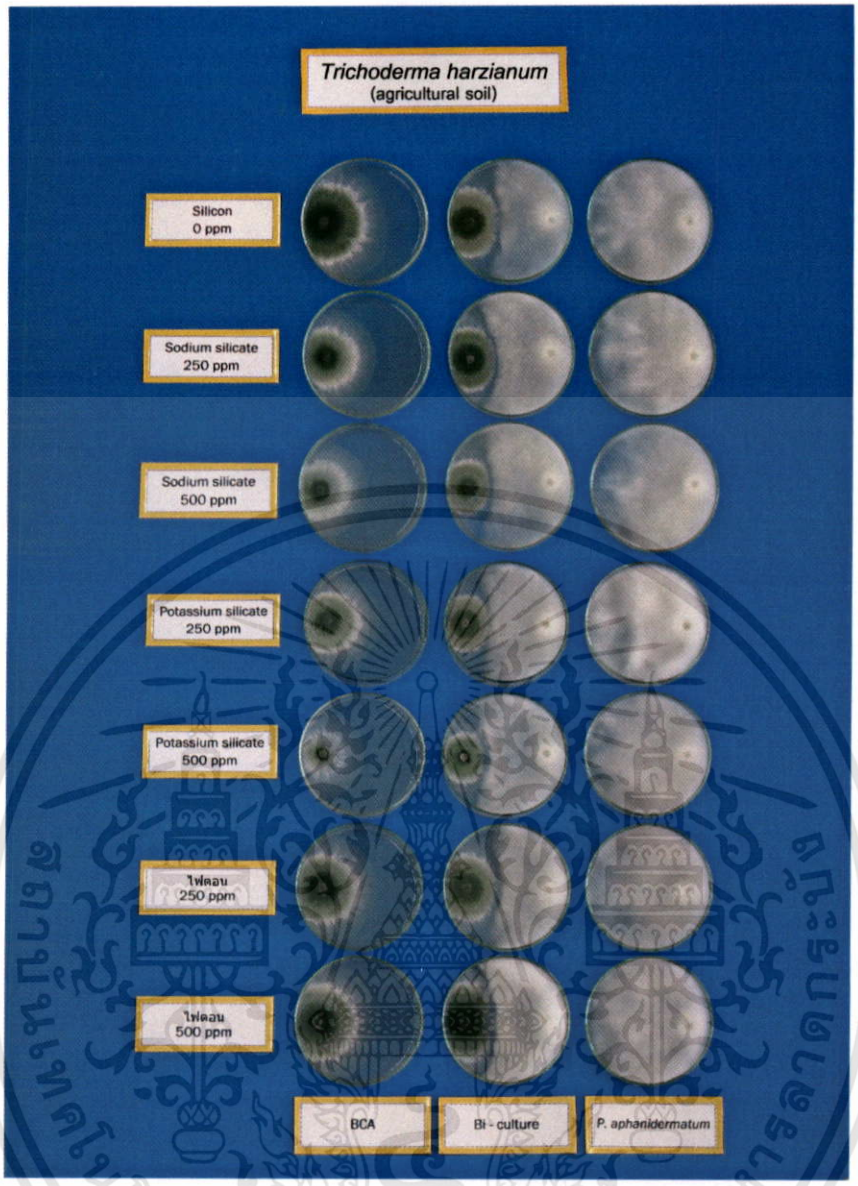
ภาพที่ 4.23 ศักยภาพของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 3 (แบบผง) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 60 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



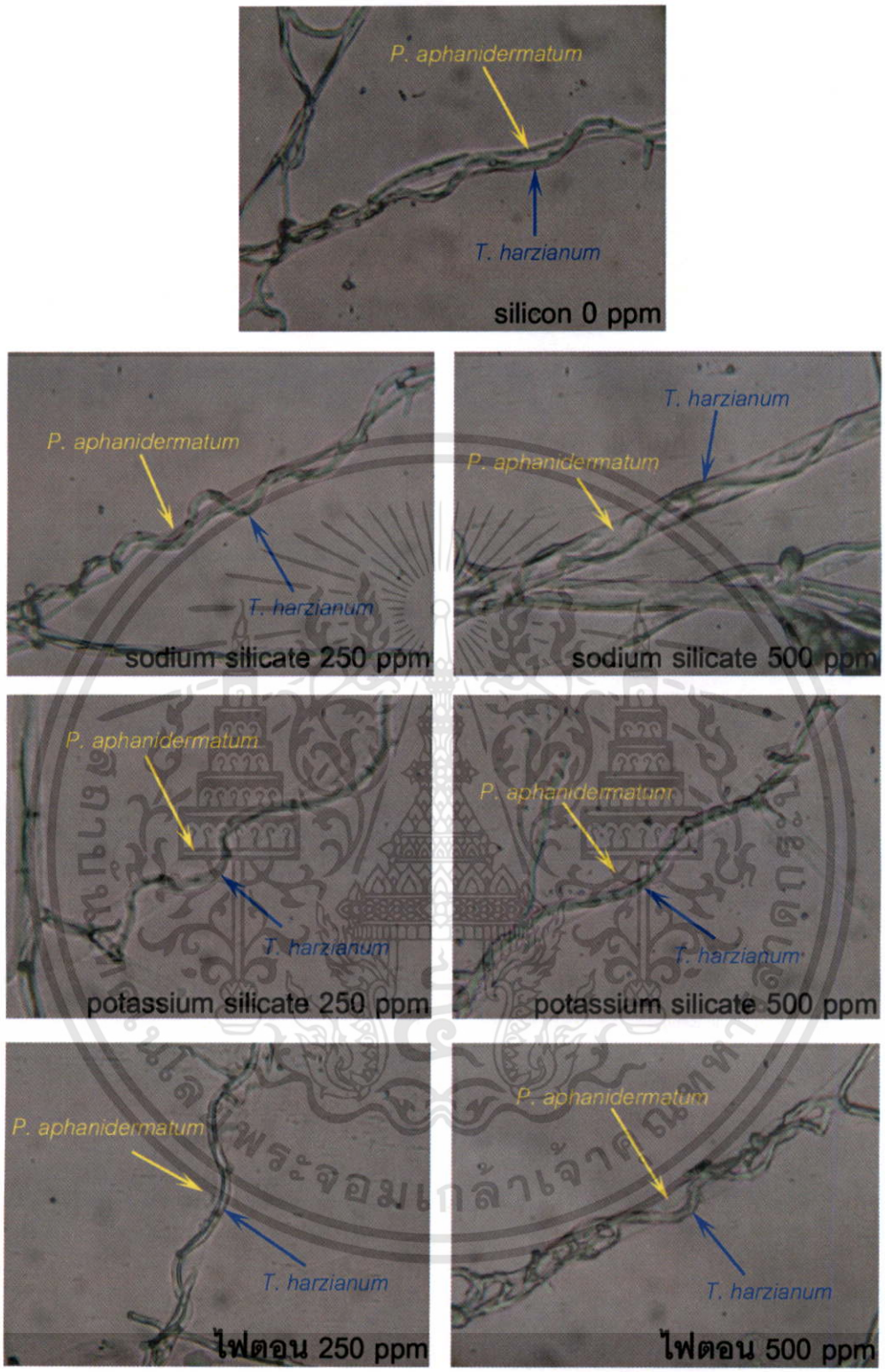
ภาพที่ 4.24 ลักษณะเส้นใยของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 3 (แบบผง) เจริญพันรัดเส้นใยของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (กำลังขยาย 400 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.25 ศักยภาพของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจากดินเกษตรกรรม ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ที่เจริญบนอาหาร PDA ผสมสารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 60 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.26 ลักษณะเส้นใยของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจากดินเกษตรกรรม เจริญพันรัดเส้นใยของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (กำลังขยาย 400 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 บทบาทของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบปลูกพืชผักโดยไม่ใช้ดิน

4.2.1 การศึกษาความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique

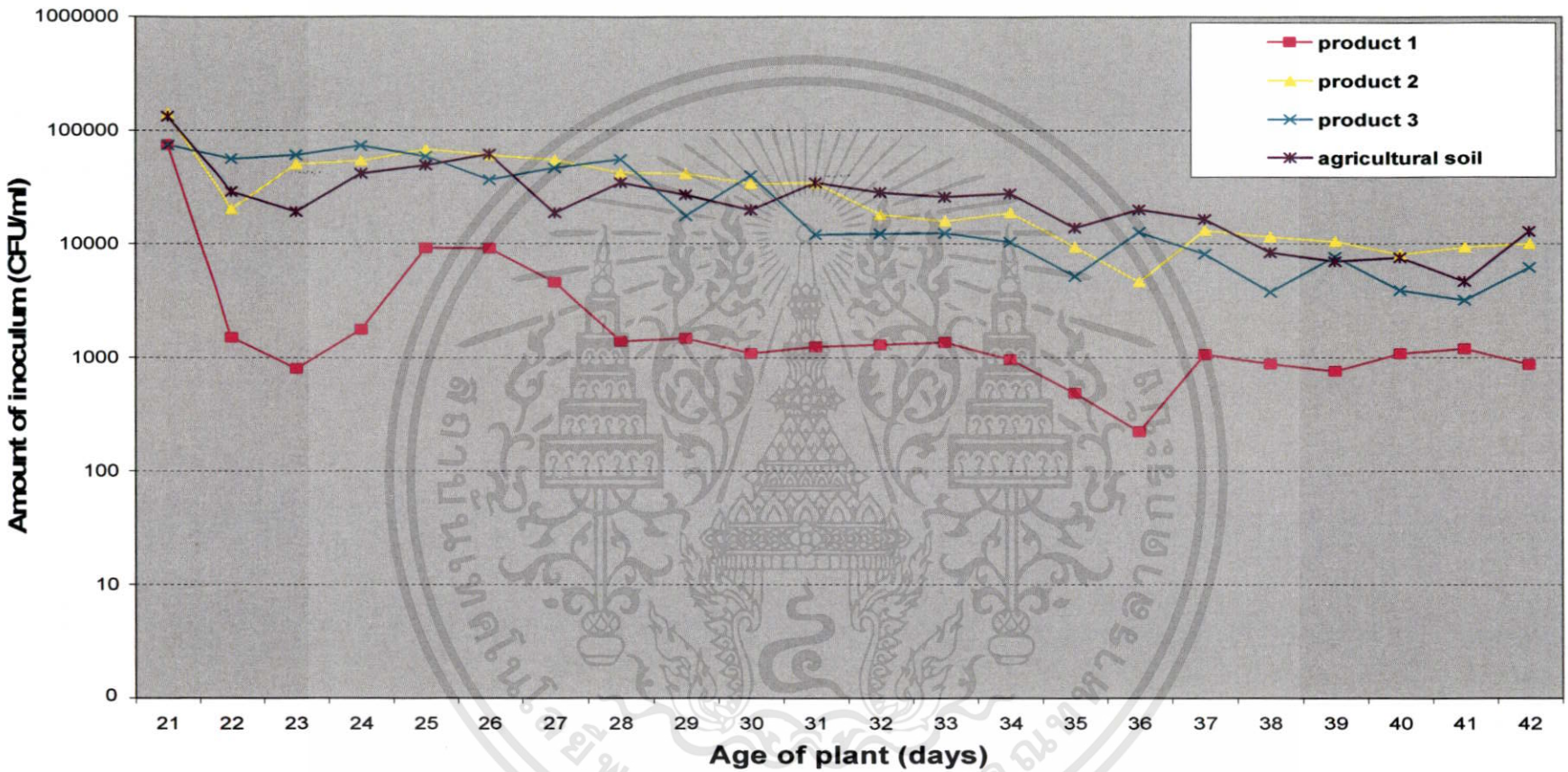
จากการศึกษาปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในสารละลายธาตุอาหารและที่รากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ DFT และการคงศักยภาพในการเป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ รวมทั้งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช มีรายละเอียดผลการทดลอง ดังนี้

ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique

<u>ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหาร</u>

จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้ง 4 ชนิด คือ เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) สามารถมีชีวิตอยู่รอดในสารละลายธาตุอาหารได้ตลอดการทดลอง (รวมระยะเวลา 22 วัน) โดยพบว่าแนวโน้มความอยู่รอดของเชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มีความคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ ปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 3 ชนิด ในสารละลายธาตุอาหารจะลดลงอย่างชัดเจนในช่วง 2 วันแรกหลังจากใส่ลงในระบบ (พืชอายุ 21-22 วัน) เหลือเพียง $2.02x10^4$, $5.62x10^4$ และ $2.88x10^4$ CFU/ml ตามลำดับ หลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้า ๆ จนกระทั่งถึงวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน) พบปริมาณของเชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 3 ชนิด เหลือ $1.00x10^4$, $6.20x10^3$และ $1.28x10^4$ CFU/ml ตามลำดับ ส่วนแนวโน้มความอยู่รอดของเชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) พบว่าในช่วง 2 วันแรกหลังจากใส่ลงในระบบ (พืชอายุ 21-22 วัน) ปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. harzianum* ในสารละลายธาตุอาหารจะลดลงมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับ 3 ชนิดแรก เหลือเพียง $1.50x10^3$ CFU/ml หลังจากนั้นจะแปรปรวนขึ้นลงจนกระทั่งถึงวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน) เหลือเพียง $8.60x10^2$CFU/ml (ภาพที่ 4.27, 4.28 และ 4.29)

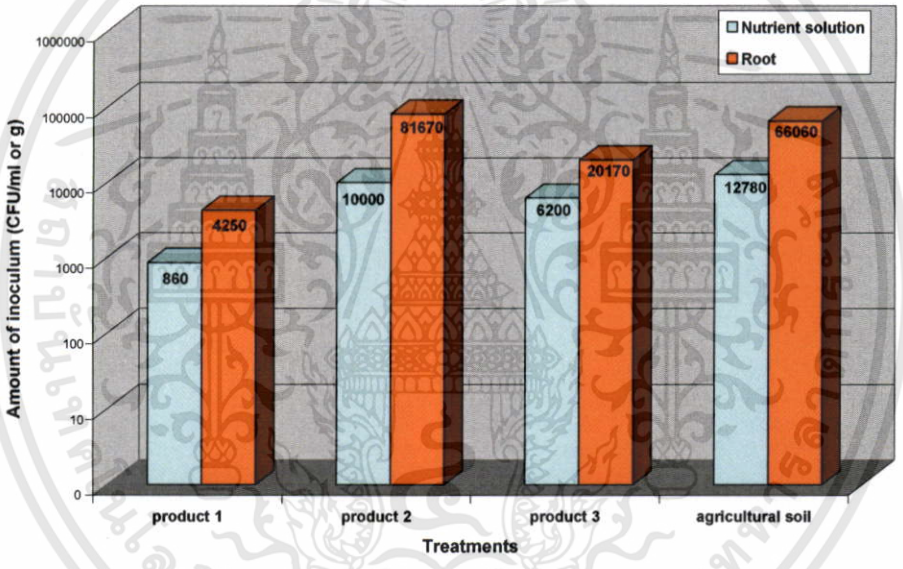
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.27 ความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (ปริมาณ inoculum) 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ในระบบ deep flow technique ตั้งแต่วันลงระบบจนถึงวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 21 – 42 วัน)

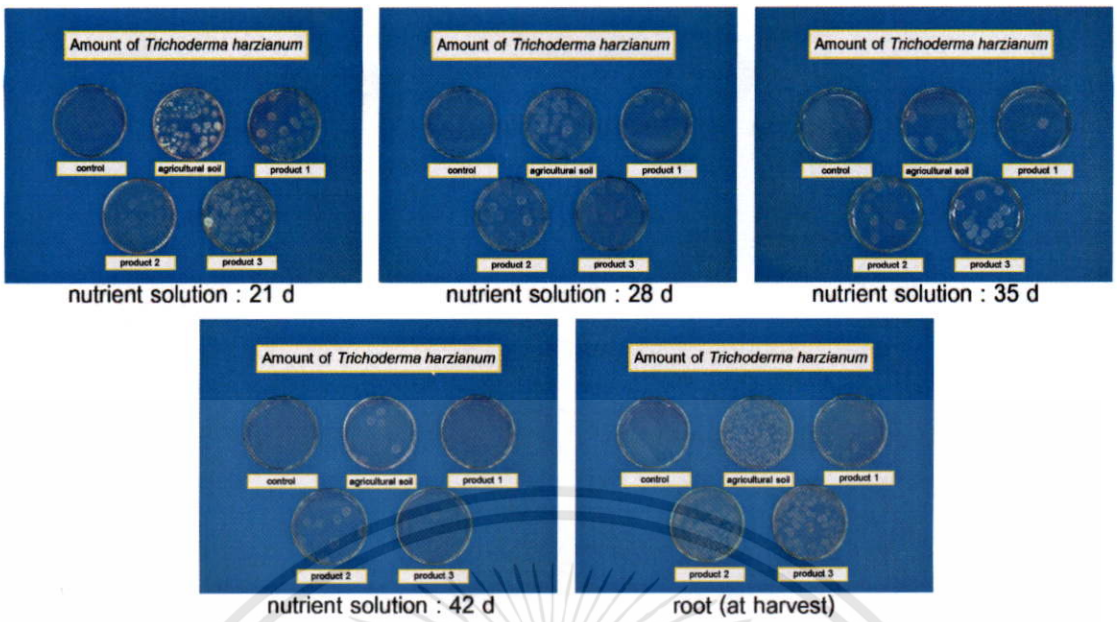
ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่รากพืช

จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้ง 4 ชนิด คือ เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ที่รากของคะน้าเห็ดหอมในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน) โดยพบว่าเชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 4 ชนิดสามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ที่รากพืชในปริมาณมากกว่าที่ตรวจพบจากในสารละลายธาตุอาหาร และพบปริมาณของเชื้อรา *T. harzianum* จากรากคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 2 (แบบหัวเชื้อ) มากที่สุด รองลงมาคือ ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย), product 3 (แบบผง) และ product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) ตามลำดับ ($8.17x10^5$, $6.61x10^5$, $2.02x10^5$ และ $4.25x10^4$ CFU/g ตามลำดับ) (ภาพที่ 4.28 และ 4.29)



ภาพที่ 4.28 ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในสารละลายธาตุอาหาร และที่รากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

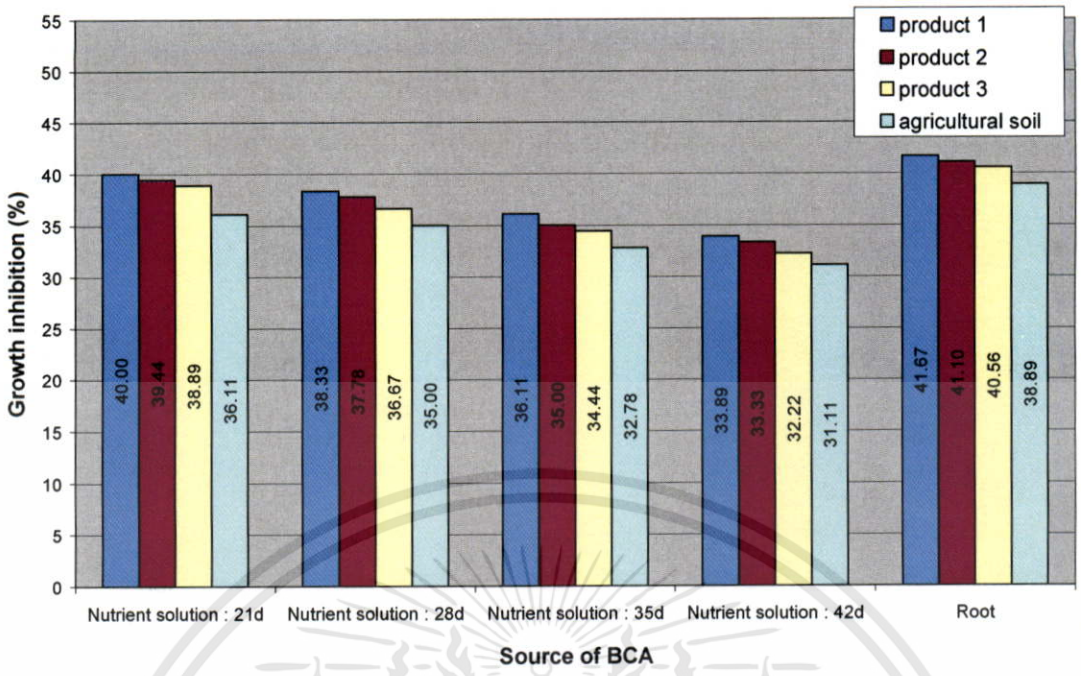


ภาพที่ 4.29 เปรียบเทียบปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (ปริมาณ inoculum) 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 21, 28, 35 และ 42 วัน) และที่รากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน) ที่ dilution 10^{-3} CFU/ml, CFU/g

การคงศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique

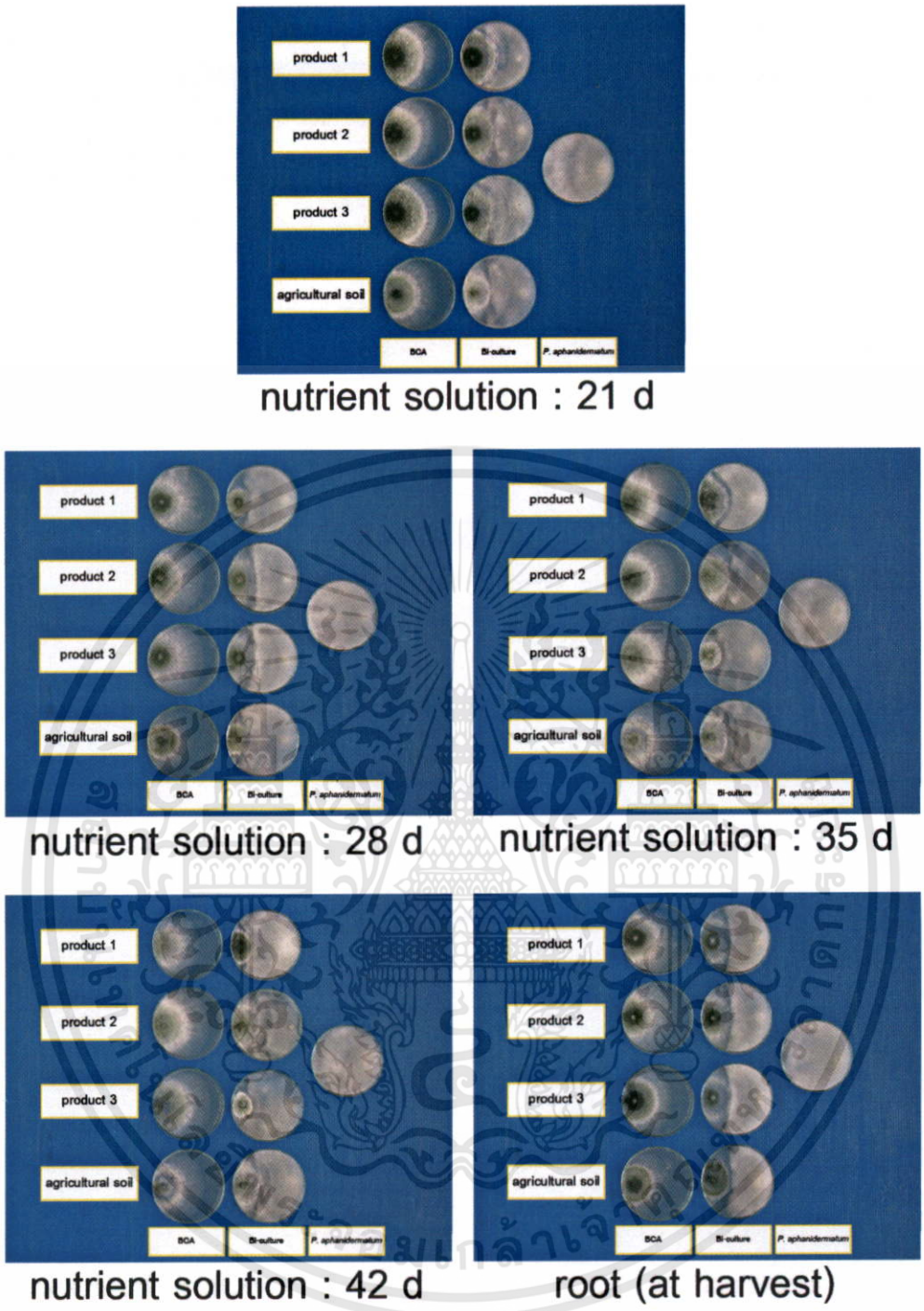
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้ง 4 ชนิด คือ เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) ที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหาร ขณะที่พืชอายุ 21, 28, 35, 42 วัน และที่รากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน) ยังคงมีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ สม่ำเสมอตลอดการทดลอง โดยพบว่า เชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจากรากพืชมีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากกว่าสารละลายธาตุอาหารเล็กน้อย และเรียงลำดับศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตได้ดังนี้ product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) > product 2 (แบบหัวเชื้อ) > product 3 (แบบผง) > ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) (ภาพที่ 4.30 และ 4.31) ทั้งนี้จากการศึกษากลไกของเชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 4 ชนิด ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า เชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 4 ชนิด ที่แยกจากรากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน) ยังคงมีคุณสมบัติ hyphal interference (ภาพที่ 4.32)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



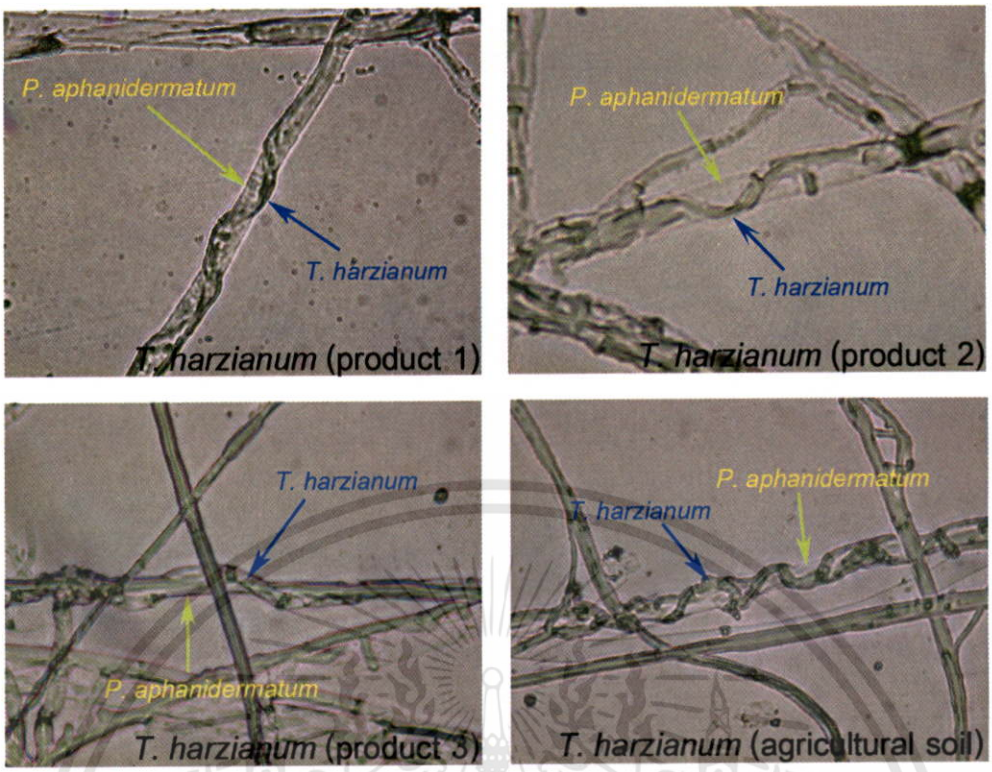
ภาพที่ 4.30 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 21, 28, 35 และ 42 วัน) และรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 60 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.31 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากในสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 21, 28, 35 และ 42 วัน) และรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate) ที่อายุ 60 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.32 กลไก hyphal interference ของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน) บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate) (กำลังขยาย 400 เท่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบ deep flow technique

ด้านการเจริญเติบโต

หลังจากใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ลงในระบบเป็นเวลา 7 วัน (พืชอายุ 28 วัน) พบว่าคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 4 ชนิด มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าสิ่งทดลองควบคุม โดยเฉพาะคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 3 (แบบผง) มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าสิ่งทดลองควบคุม ทั้งทางด้านความสูง (12.23 และ 18.13 ซม./ต้น), จำนวนใบ (5.00 และ 5.93 ใบ/ต้น) และขนาดใบ (4.89x8.43 และ 7.15x11.49 ซม./ใบ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อมาเมื่อพืชอายุ 35 วัน กลับพบว่าผลกระทบด้านลบของการใส่เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) เริ่มเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น น่าจะมีสาเหตุมาจากคะน้าเห็ดหอมเริ่มปรับตัวอยู่ในสารละลายธาตุอาหารที่มีการใส่เชื้อรา *T. harzianum* ได้ โดยพบว่าคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มีการเจริญเติบโตดีขึ้นเทียบเท่ากับสิ่งทดลองควบคุม ทั้งทางด้านความสูง (26.64 และ 25.90 ซม./ต้น), จำนวนใบ (7.80 ใบ/ต้น) และขนาดใบ (12.43x16.59 และ 11.17x16.02 ซม./ใบ) จนกระทั่งในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน) พบว่าคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) และ product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) มีการเจริญเติบโตค่อนข้างดี แต่ไม่แตกต่างกับสิ่งทดลองควบคุม ทั้งทางด้านความสูง (35.18, 33.95 และ 33.97 ซม./ต้น ตามลำดับ) และจำนวนใบ (9.53, 9.93 และ 9.27 ใบ/ต้น ตามลำดับ) ส่วนขนาดใบพบว่า คะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มีขนาดใบใหญ่กว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (17.11x20.83 และ 15.35x19.13 ซม./ใบ) แต่พบว่าคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 3 (แบบผง) ยังคงมีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง (24.88 ซม./ต้น), จำนวนใบ (8.53 ใบ/ต้น) และขนาดใบ (12.17x14.79 ซม./ใบ) น้อยกว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.7)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 การเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) [ความสูงต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น), จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น) และขนาดใบเฉลี่ย (ความกว้างและความยาว) (เซนติเมตร/ใบ)] ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่ (control) และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 28, 35 และ 42 วัน

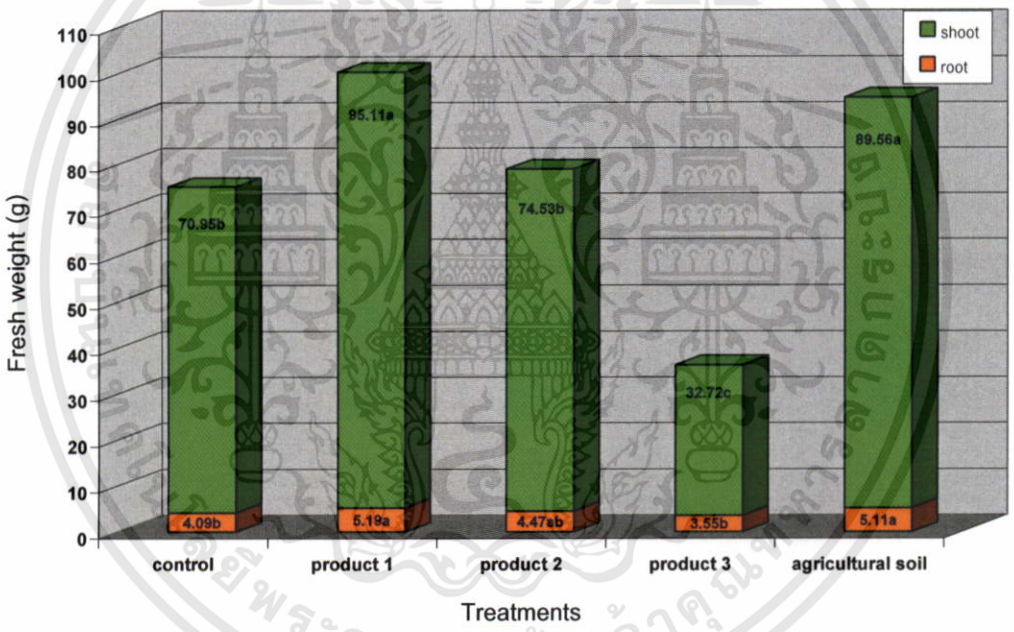
อายุพืช (วัน)	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	การเจริญเติบโตของพืช			
		ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น)	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น)	ขนาดใบเฉลี่ย (เซนติเมตร/ใบ)	
				ความกว้าง	ความยาว
28	control	18.13a[1/]	5.93a	7.15a	11.49a
	product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)	17.16ab	5.93a	7.09a	12.18a
	product 2 (แบบหัวเชื้อ)	15.87b	5.73a	6.91a	10.95a
	product 3 (แบบผง)	12.23c	5.00b	4.89b	8.43b
	ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)	16.95ab	5.47ab	7.50a	12.46a
	C.V. (%)	11.44	11.77	15.04	22.35
35	control	25.90a	7.80a	11.17b	16.02a
	product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)	25.17ab	8.00a	11.80ab	15.86a
	product 2 (แบบหัวเชื้อ)	23.89b	8.00a	11.19b	14.87b
	product 3 (แบบผง)	18.93c	7.40a	8.84c	11.63c
	ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)	26.64a	7.80a	12.43a	16.59a
	C.V. (%)	8.42	11.50	11.96	8.86
42	control	33.97ab	9.27ab	15.34b	19.13b
	product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)	33.95ab	9.93a	15.99ab	20.02ab
	product 2 (แบบหัวเชื้อ)	31.65b	9.67a	15.42b	18.76b
	product 3 (แบบผง)	24.88c	8.53b	12.17c	14.79c
	ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)	35.18a	9.53a	17.11a	20.83a
	C.V. (%)	10.23	13.27	12.80	11.78

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

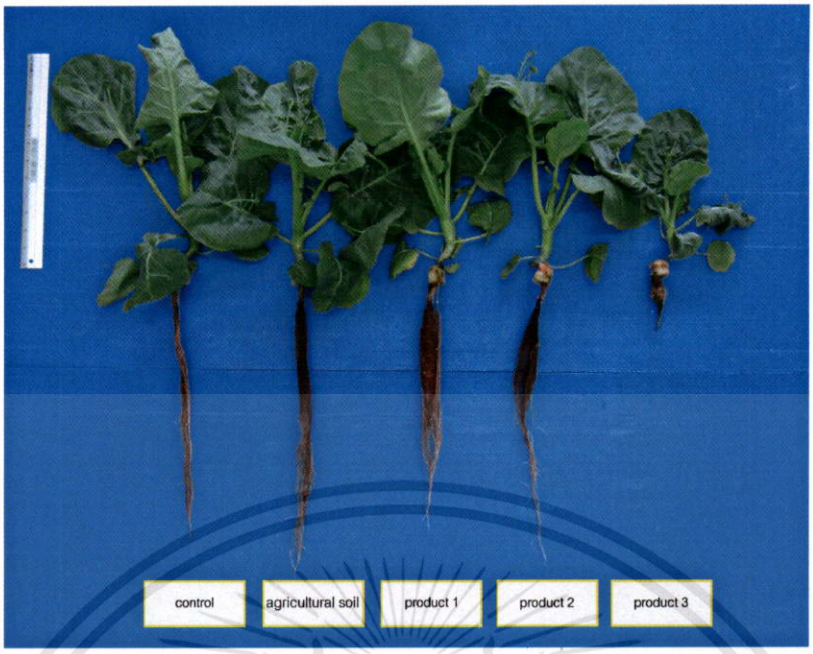
ด้านผลผลิต

วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน) พบว่า คะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มีน้ำหนักสดของต้น (95.11 และ 89.56 กรัม/ต้น) และราก (5.19 และ 5.11 กรัม/ต้น) มากกว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) มีน้ำหนักสดของต้นและราก (74.53 และ 4.47 กรัม/ต้น) ไม่แตกต่างกับสิ่งทดลองควบคุม (70.95 และ 4.09 กรัม/ต้น) แต่พบว่าคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 3 (แบบผง) มีน้ำหนักสดของต้น (32.72 กรัม/ต้น) น้อยกว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4.33 และ 4.34)



ภาพที่ 4.33 น้ำหนักสดต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่ (control) และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน)

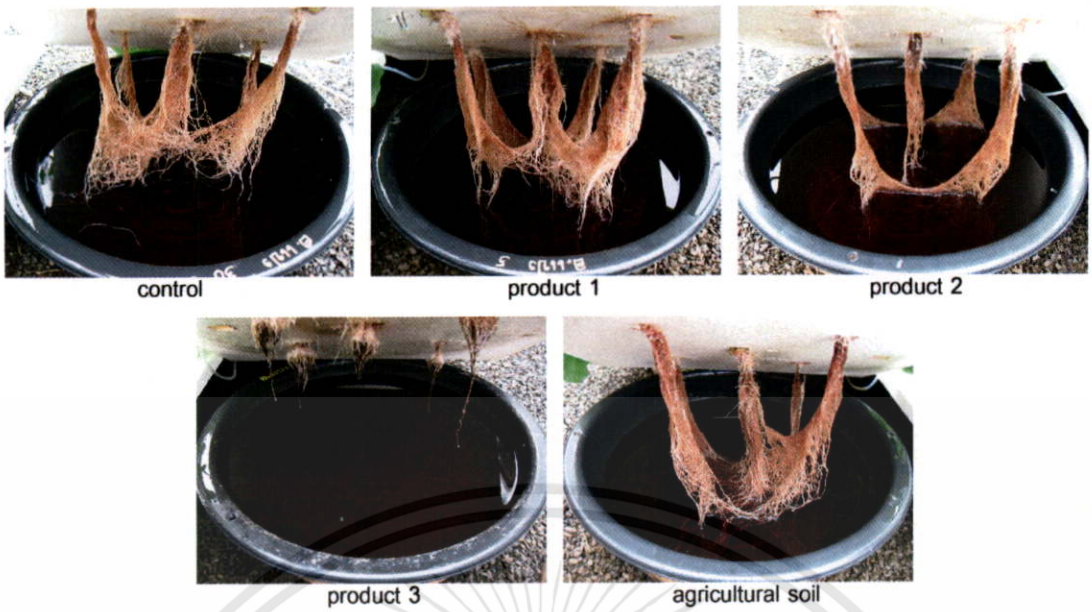
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



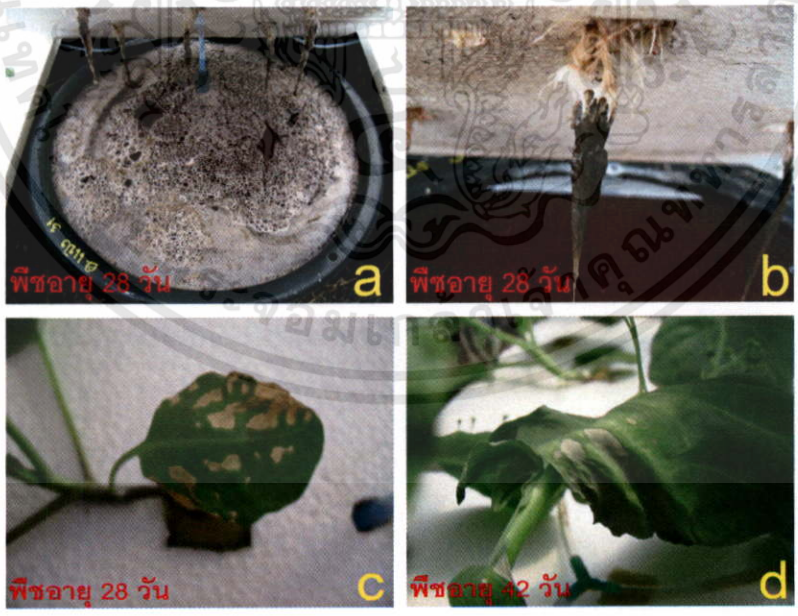
ภาพที่ 4.34 ลักษณะต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่ (control) และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน)

ผลการทดลองข้างต้น แสดงให้เห็นว่าการใส่เชื้อรา *T. harzianum* แบบสปอร์แขวนลอย ไม่ว่าจะเป็นจากชีวผลิตภัณฑ์ (product 1) หรือดินเกษตรกรรรม จะส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบ DFT แต่การใส่เชื้อรา *T. harzianum* แบบผง (product 3) จะส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบดังกล่าว น่าจะมีสาเหตุมาจากองค์ประกอบของชีวผลิตภัณฑ์แบบผง (product 3) เมื่อใส่ลงในระบบจะมีลักษณะเป็นเมือกวุ้นเกาะที่รากพืช ทำให้รากพืชไม่สามารถดูดออกซิเจน น้ำ และธาตุอาหารได้ดีเท่าที่ควร (ภาพที่4.35 และ 4.36) แสดงว่าชีวผลิตภัณฑ์รูปแบบผงไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.35 เปรียบเทียบลักษณะรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่ (control) และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 4 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน)



ภาพที่ 4.36 ลักษณะอาการผิดปกติของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์จาก product 3 (แบบผง) ในระบบ deep flow technique: a. และ b. เมือกวุ้นจากชีวผลิตภัณฑ์เกาะที่ราก, c. และ d. อาการใบจุดที่บริเวณใบล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การศึกษาความรุนแรงของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในการทำให้เกิดโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique

จากการศึกษาความรุนแรงของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ในการทำให้เกิดโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบ DFT ทั้งในด้านลักษณะอาการและระดับการเกิดโรค รวมทั้งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช โดยมีรายละเอียดผลการทดลอง ดังนี้

ลักษณะอาการและระดับการเกิดโรค

หลังจากปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* ลงในระบบ (พืชอายุ 14 วัน) ได้บันทึกลักษณะอาการและประเมินระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอม ที่ปลูกในระบบ DFT ดังแสดงในตารางที่ 4.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 ลักษณะอาการและระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique

อายุพืช (วัน)	อาการ	ระดับการเกิดโรค[1/]	หมายเหตุ
1 -13	-		อนุบาล
14	-		ปลูกเชื้อ
15	บริเวณปลายรากเริ่มเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลอ่อน ในตอนกลางวันช่วงที่อุณหภูมิสูงเกิน 30 องศาเซลเซียส ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวเล็กน้อย โดยเริ่มจากโคนต้นขึ้นสู่ยอด ยกเว้นที่ใบยอดจำนวน 1 – 2 ใบที่ไม่แสดงอาการ และต้นพืชจะกลับสู่สภาพปกติในตอนเย็น	+	
16	บริเวณปลายรากส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลมากขึ้น แต่บางส่วนเริ่มเปลี่ยนเป็นสีดำอ่อน ในขณะที่โคนรากเริ่มเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลอ่อน และต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวปานกลาง	++	
17	บริเวณปลายรากส่วนใหญ่มีสีน้ำตาลมากยิ่งขึ้น แต่บางส่วนเริ่มเปลี่ยนเป็นสีดำคล้ำ เนื้อเยื่อเริ่มมีอาการช้ำ ในขณะที่โคนรากเริ่มมีสีน้ำตาลเข้มมากขึ้น และต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวมาก	+++	
18	บริเวณปลายรากเริ่มมีสีดำคล้ำมากขึ้น ในขณะที่โคนรากเริ่มมีสีดำอ่อน เนื้อเยื่อเริ่มมีอาการช้ำและยุบตัวลง และต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวมากขึ้น	++++	
19	บริเวณปลายรากและโคนราก มีสีดำคล้ำชัดเจนมากขึ้น เนื้อเยื่อมีอาการช้ำและยุบตัวลงอย่างชัดเจน แสดงให้เห็นว่าเซลล์บริเวณนั้นตาย และต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวมากยิ่งขึ้น	+++++	
20	พืชเริ่มงอกรากใหม่ทดแทนรากเก่าที่ถูกทำลาย และต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวมาก	++++	
21	รากใหม่ที่งอกขึ้นทดแทนรากเก่า เริ่มเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลอ่อน โดยเริ่มจากบริเวณปลายราก ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวปานกลาง	+++	
22 - 35	รากใหม่เริ่มยาวขึ้น สามารถทำงานดูดน้ำและธาตุอาหารทดแทนรากเก่าที่ถูกทำลายได้ ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวเล็กน้อย	++	

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

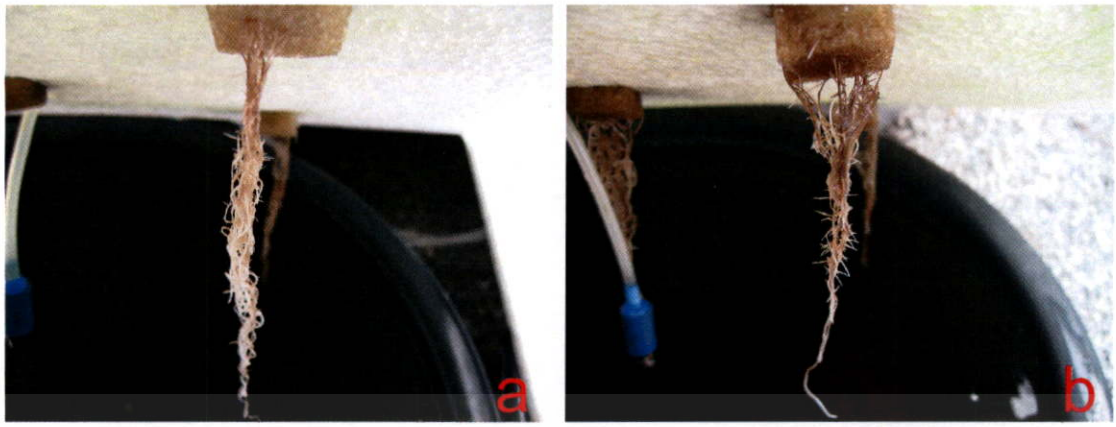
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.8 พบว่า หลังจากปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* ลงในระบบเพียง 1 วัน (พืชอายุ 15 วัน) คะน้าเห็ดหอมจะเริ่มแสดงอาการโรค กล่าวคือ บริเวณปลายรากเริ่มเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลอ่อน ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวเล็กน้อยและกลับคืนสู่สภาพปกติในตอนเย็น หลังจากนั้นจะพัฒนาระดับการเกิดโรคเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนสังเกตอาการโรคได้อย่างชัดเจนที่ 5 วัน หลังจากปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* ลงระบบ (พืชอายุ 19 วัน) พบว่า เป็นระยะที่มีระดับการโรครุนแรงที่สุด กล่าวคือ บริเวณปลายรากและโคนรากมีสีดำคล้ำอย่างชัดเจน เนื้อเยื่อมีอาการช้ำและยุบตัวลง แสดงให้เห็นว่าเซลล์บริเวณนั้นตาย และต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวเพิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 4.37) หลังจากนั้นระดับการเกิดโรคจะลดน้อยลง สังเกตเห็นได้จากที่ 8 วันหลังปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* ลงระบบ (พืชอายุ 22 วัน) พบว่าพืชงอกรากใหม่ทดแทนรากเก่าที่ถูกทำลายเพิ่มมากขึ้น และรากใหม่ก็จะถูกเชื้อราสาเหตุโรคเข้าทำลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลอ่อน แต่ก็ยังสามารถดูดน้ำและธาตุอาหารเพื่อช่วยในการเจริญเติบโตของพืชได้ และในเวลากลางวันช่วงที่มีอุณหภูมิสูง ต้นพืชจะมีอาการเหี่ยวเล็กน้อย ลักษณะอาการดังกล่าวจะคงตัวจนถึงวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) และเป็นที่น่าสังเกตว่าเชื้อรา *P. aphanidermatum* ที่นำมาทดสอบ ไม่สามารถทำให้คะน้าเห็ดหอมเกิดอาการ collapse และล้มตายได้ ซึ่งน่าจะมีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมที่ทำการทดลองในโรงเรือน evaporation ที่มีอุณหภูมิเหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชสามารถฟื้นตัวจากการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคได้อย่างรวดเร็ว

จากลักษณะอาการและระดับการเกิดโรคที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุประดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่า (disease index) ของคะน้าเห็ดหอมที่เกิดจากเชื้อรา *P. aphanidermatum* ในระบบ DFT ได้ดังนี้

ระดับ 0 = รากมีสีขาว ต้นพืชปกติ
ระดับ 1 = รากมีสีน้ำตาลอ่อน ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวเล็กน้อย
ระดับ 2 = รากมีสีน้ำตาลคล้ำ ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวปานกลาง
ระดับ 3 = รากมีสีดำอ่อน ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวมาก
ระดับ 4 = รากมีสีดำปานกลาง ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวมากขึ้น
ระดับ 5 = รากมีสีดำคล้ำ ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.37 ลักษณะอาการและระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique: a. ไม่พบอาการโรค (ระดับ 0), b. อาการโรครุนแรงมากที่สุด (ระดับ 5)

ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) มีการนำรากของคะน้าเห็ดหอมมาหาเปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและเปอร์เซ็นต์ของรากที่เป็นโรค ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า คะน้าเห็ดหอมที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* ลงในระบบ มีเปอร์เซ็นต์การเกิดโรค 100 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์ของรากที่เป็นโรค 35 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าเชื้อรา *P. aphanidermatum* สามารถเจริญเข้าครอบครองบริเวณรากพืชได้ (ตารางที่ 4.9 และ ภาพที่ 4.38)

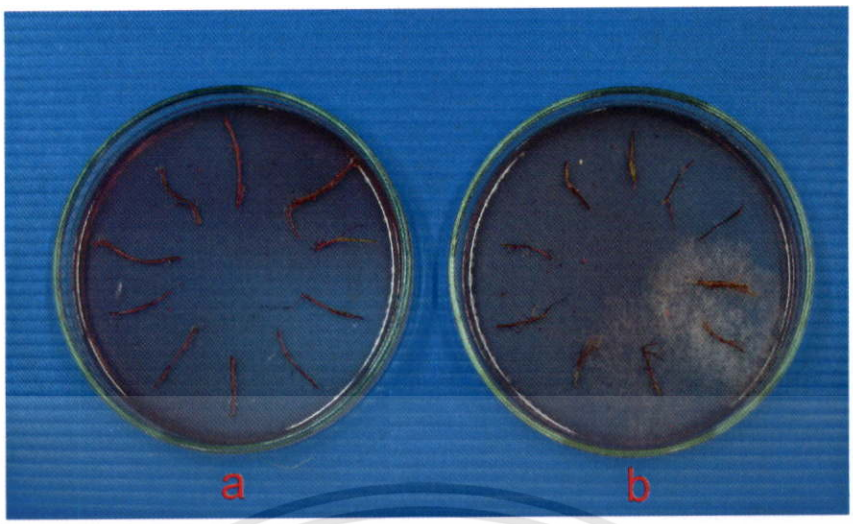
ตารางที่ 4.9 เปอร์เซ็นต์การเกิดโรคและเปอร์เซ็นต์ของรากที่เป็นโรค ที่แยกจากรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อ (control) และปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique โดยวิธี tissue transplanting technique บนอาหาร PDA + BNPRA + rb ที่อายุ 2 วัน

วิธีการ	เปอร์เซ็นต์การเกิดโรค [1/]	เปอร์เซ็นต์ของรากที่เป็นโรค [2/]
control	0.00	0.00
Pythium aphanidermatum	100.00	35.00

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.38 เชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ที่แยกจากชิ้นส่วนรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) (10 ชิ้น/ต้น) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique โดยวิธี tissue transplanting technique บนอาหาร PDA + BNPRA + rb ที่อายุ 2 วัน: a. ไม่ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*, b. ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*

การเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าเห็ดหอม

ด้านการเจริญเติบโต

หลังจากปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* ลงในระบบ เป็นเวลา 7 วัน (พืชอายุ 21 วัน) พบว่าคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* เริ่มมีการเจริญเติบโตน้อยกว่าสิ่งทดลองควบคุม โดยเฉพาะทางด้านความสูง (12.71 และ 13.85 ซม./ต้น) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อมาเมื่อพืชอายุ 28 วัน พบว่าคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าสิ่งทดลองควบคุมชัดเจนขึ้น โดยเฉพาะทางด้านความสูง (20.72 และ 22.00 ซม/ต้น) และขนาดใบ (9.63x10.82 และ 10.37x11.78 ซม./ใบ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จนกระทั่งในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) พบว่าคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างชัดเจน ทั้งทางด้านความสูง (32.53 และ 34.15 ซม./ต้น) จำนวนใบ (8.03 และ 8.83 ใบ/ต้น) และขนาดใบ (13.86x14.99 และ 15.21x16.57 ซม./ใบ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 การเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) [ความสูงต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น), จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น) และขนาดใบเฉลี่ย (ความกว้างและความยาว) (เซนติเมตร/ใบ)] ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูก (control) และปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 21, 28 และ 35 วัน

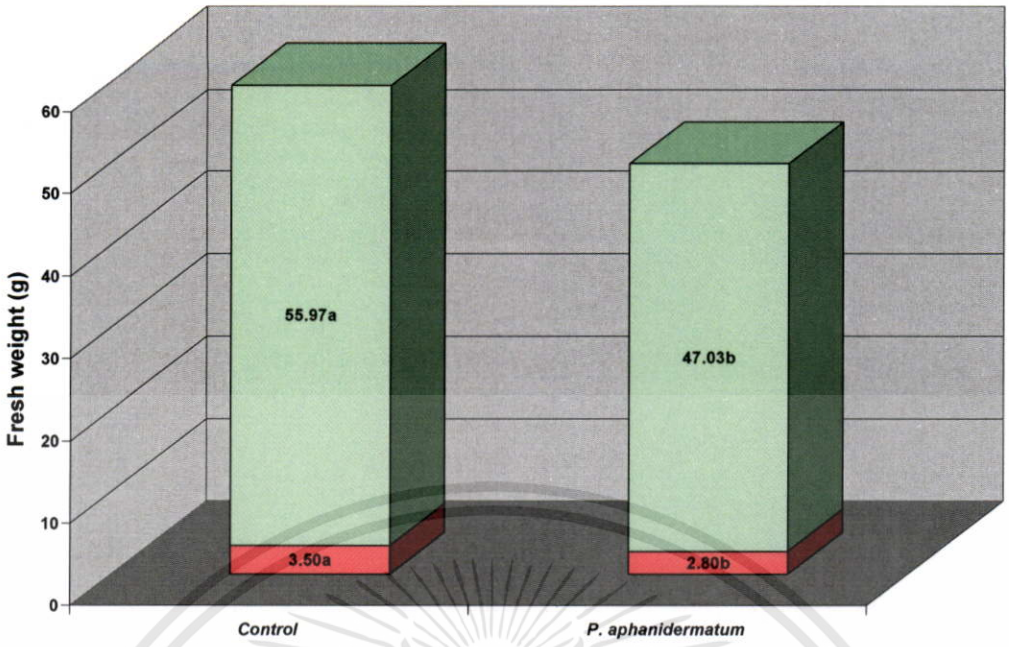
อายุพืช (วัน)	วิธีการ	การเจริญเติบโตของพืช			
		ความสูงเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น)	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น)	ขนาดใบเฉลี่ย (เซนติเมตร/ใบ)	
				ความกว้าง	ความยาว
21	control	13.85a[1/]	5.80a	6.31a	7.31a
	Pythium aphanidermatum	12.71b	5.67a	6.22a	6.58b
	C.V. (%)	9.36	11.29	11.31	9.13
28	control	22.00a	7.40a	10.37a	11.78a
	Pythium aphanidermatum	20.72b	7.33a	9.63b	10.82b
	C.V. (%)	7.86	7.67	9.24	9.32
35	control	34.15a	8.83a	15.21a	16.57a
	Pythium aphanidermatum	32.53b	8.03b	13.86b	14.99b
	C.V. (%)	5.67	9.26	12.35	10.94

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

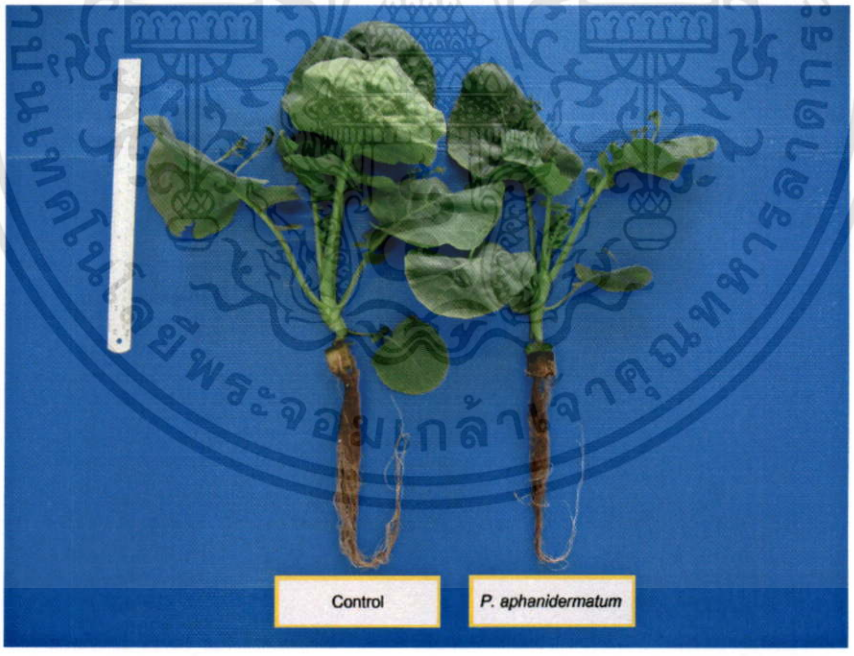
ด้านผลผลิต

วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) พบว่า คะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* ลงในระบบ มีน้ำหนักสดของต้นและราก (47.03 และ 2.80 กรัม/ต้น) น้อยกว่าสิ่งทดลองควบคุม (55.97 และ 3.50 กรัม/ต้น) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ภาพที่ 4.39 และ 4.40)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.39 น้ำหนักสดต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูก (control) และปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน)



ภาพที่ 4.40 ลักษณะต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูก (control) และปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique

จากการศึกษาอิทธิพลร่วมของการใช้สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ร่วมกับจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในการควบคุมเชื้อรา *P. aphanidermatum* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบ DFT โดยมีการประเมินระดับการเกิดโรค (disease index) และหาปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ DFT แล้วนำจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่อยู่รอดได้นั้นมาทำการศึกษาต่อในสภาพห้องปฏิบัติการถึงการคงศักยภาพในการเป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ รวมทั้งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช มีรายละเอียดผลการทดลอง ดังนี้

ระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่า (disease index) ที่เกิดจากเชื้อรา Pythium aphanidermatum ของคะน้าเห็ดหอม (Brassica oleracea L. var. acephala DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique

จากผลการทดลองที่ได้จากข้อ 4.2.2 สามารถสรุปได้ว่าจะทำการประเมินระดับการเกิดโรค (disease index) จำนวน 2 ครั้ง คือ ครั้งแรกจะประเมินระดับการเกิดโรค ที่ 5 วันหลังจากปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* ลงในระบบ (พืชอายุ 19 วัน) เนื่องจากเป็นระยะที่มีระดับการเกิดโรครุนแรงที่สุด และจะประเมินระดับการเกิดโรคอีกครั้ง ที่ 8 วันหลังจากปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* ลงในระบบ (พืชอายุ 22 วัน) เนื่องจากเป็นระยะที่มีระดับการเกิดโรคน้อยลง และระดับการเกิดโรคดังกล่าวจะคงตัวจนถึงวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) ซึ่งการที่ระดับการเกิดโรคลดลง น่าจะเป็นผลมาจากสภาพแวดล้อมในโรงเรือน evaporation มีอุณหภูมิเหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชฟื้นตัวจากการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคได้อย่างรวดเร็ว

การประเมินระดับการเกิดโรค (disease index) ครั้งแรก คือ ที่ 5 วันหลังจากปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* ลงในระบบ (พืชอายุ 19 วัน) พบว่า ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แต่พบว่าชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์และระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอนมีอิทธิพลต่อระดับการเกิดโรค และพบว่าชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อระดับการเกิดโรค กล่าวคือ การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) มีผลลดระดับการเกิดโรคไม่แตกต่างกับดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) แต่มากกว่า product 2 (แบบหัวเชื้อ) และไม่ใส่จุลินทรีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปฏิปักษ์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ร่วมกับไฟตอนมีผลลดระดับการเกิดโรคมากกว่าการใช้ร่วมกับ sodium silicate และ potassium silicate ตามลำดับอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ร่วมกับสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลลดระดับการเกิดโรคมากกว่าการใช้ร่วมกันที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm และไม่ใส่สารละลายซิลิคอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* แต่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารละลายซิลิคอน มีระดับการเกิดโรครุนแรงที่สุด (5.00) ในขณะที่การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลลดระดับการเกิดโรคมากที่สุด (1.20) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) (1.60), การใช้ร่วมกับ sodium silicate และ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm (1.80 และ 2.00), การใช้ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm (1.40) และไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) (2.00), การใช้ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 500 ppm (1.40 และ 1.60) รวมทั้งไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) (1.80), การใช้ร่วมกับ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm (2.00), การใช้ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 500 ppm (1.40 และ 1.60) ส่วนการใส่ potassium silicate และ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลลดระดับการเกิดโรคน้อยที่สุด (4.60 และ 4.40) แต่ไม่แตกต่างกับการไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารละลายซิลิคอน (5.00) (ตารางที่ 4.11 และภาพที่ 4.41-4.44)

การประเมินระดับการเกิดโรค (disease index) ครั้งที่สอง คือ ที่ 8 วันหลังจากปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* ลงในระบบ (พืชอายุ 22 วัน) พบว่าผลเป็นไปในทิศทางเดียวกับ ที่ 5 วันหลังจากปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* ลงในระบบ (พืชอายุ 19 วัน) เพียงแต่พบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ไม่ว่าจะเป็นจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) หรือดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มีผลลดระดับการเกิดโรคไม่แตกต่างกัน แต่มากกว่าไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ร่วมกับไฟตอนมีผลลดระดับการเกิดโรคมากกว่า sodium silicate และ potassium silicate อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* แต่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารละลายซิลิคอน แม้ว่ามีระดับการเกิดโรคลดน้อยลง (2.00) เมื่อเปรียบเทียบกับการประเมินระดับการเกิดโรคครั้งแรก แต่พบว่าเมื่อมีการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ไม่ว่าจะเป็นจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) หรือดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลลดระดับการเกิดโรคมากที่สุด (0.20) แต่ไม่แตกต่างกับการใส่ไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 500 ppm (0.60 และ 0.80) และไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) (0.60), การใช้ร่วมกับ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ppm (0.80), การใช้ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm (0.40) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) (0.80), การใช้ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 500 ppm (0.40 และ 0.60) รวมทั้งไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) (0.60), การใช้ร่วมกับ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm (0.80), การใช้ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm (0.40) ส่วนการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm และการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลลดระดับการเกิดโรคน้อยที่สุด (1.60) แต่ไม่แตกต่างกับการไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารละลายซิลิคอน (2.00) (ตารางที่ 4.11)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ระดับการเกิดโรครากเน่าโคนเน่า (disease index) ที่เกิดจากเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่ และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในระบบ deep flow technique ที่ 5 และ 8 วันหลังปลูกเชื้อราสาเหตุโรคลงในระบบ

ปัจจัยการทดลอง			ระดับการเกิดโรคเฉลี่ย[1/]	
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	5 วันหลังจากปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum*	8 วันหลังจากปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum*
ไม่ใส่เชื้อ	sodium silicate	0	5.00a[2/]	2.00a
		250	3.60cd	1.00b-e
		500	4.40ab	1.40a-c
	potassium silicate	0	5.00a	2.00a
		250	4.00bc	1.20b-d
		500	4.60ab	1.60ab
	ไฟตอน	0	5.00a	2.00a
		250	3.20d-f	0.60d-f
		500	3.40c-e	0.80c-f
product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	1.60j-l	0.60d-f
		250	1.80i-l	0.80c-f
		500	2.20h-k	1.20b-d
	potassium silicate	0	1.60j-l	0.60d-f
		250	2.00h-l	1.00b-e
		500	2.60f-i	1.40a-c
	ไฟตอน	0	1.60j-l	0.60d-f
		250	1.20l	0.20f
		500	1.40kl	0.40ef
product 2 (แบบหัวเชื้อ)	sodium silicate	0	2.00h-l	0.80c-f
		250	2.20h-k	1.00b-e
		500	2.60f-i	1.40a-c
	potassium silicate	0	2.00h-l	0.80c-f
		250	2.40g-j	1.20b-d
		500	3.00d-g	1.60ab
	ไฟตอน	0	2.00h-l	0.80c-f
		250	1.40kl	0.40ef
		500	1.60j-l	0.60d-f
ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	1.80i-l	0.60d-f
		250	2.00h-l	0.80c-f
		500	2.40g-j	1.20b-d
	potassium silicate	0	1.80i-l	0.60d-f
		250	2.20h-k	1.00b-e
		500	2.80e-h	1.40a-c
	ไฟตอน	0	1.80i-l	0.60d-f
		250	1.40kl	0.20f
		500	1.60j-l	0.40ef

ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

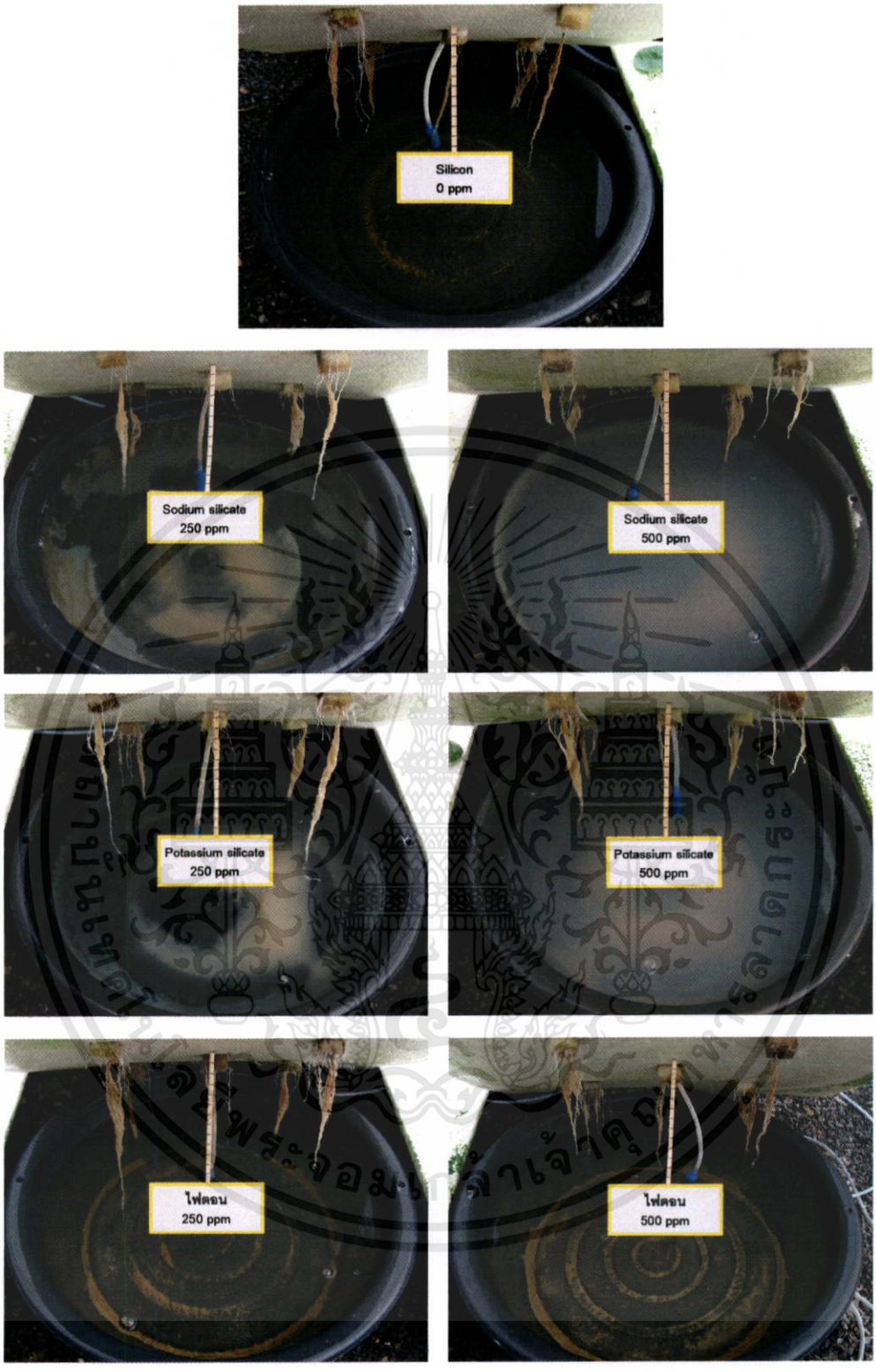
ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง			ระดับการเกิดโรคเฉลี่ย[1/]	
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	5 วันหลังจากปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum*	8 วันหลังจากปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum*
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์				
ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์			4.24a	1.40a
product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)			1.78c	0.76b
product 2 (แบบหัวเชื้อ)			2.13b	0.96b
ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)			1.98bc	0.76b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน				
	sodium silicate		2.63b	1.07a
	potassium silicate		2.83a	1.20a
	ไฟตอน		2.13c	0.63b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น				
		0	2.60a	1.00a
		250	2.28b	0.78b
		500	2.72a	1.12a
	C.V. (%)		21.11	47.22
	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/] ระดับการเกิดโรค ระดับ 0 = รากมีสีขาว ต้นพืชปกติ
ระดับ 1 = รากมีสีน้ำตาลอ่อน ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวเล็กน้อย
ระดับ 2 = รากมีสีน้ำตาลคล้ำ ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวปานกลาง
ระดับ 3 = รากมีสีดำอ่อน ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวมาก
ระดับ 4 = รากมีสีดำปานกลาง ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวมากขึ้น
ระดับ 5 = รากมีสีดำคล้ำ ต้นพืชแสดงอาการเหี่ยวมากยิ่งขึ้น

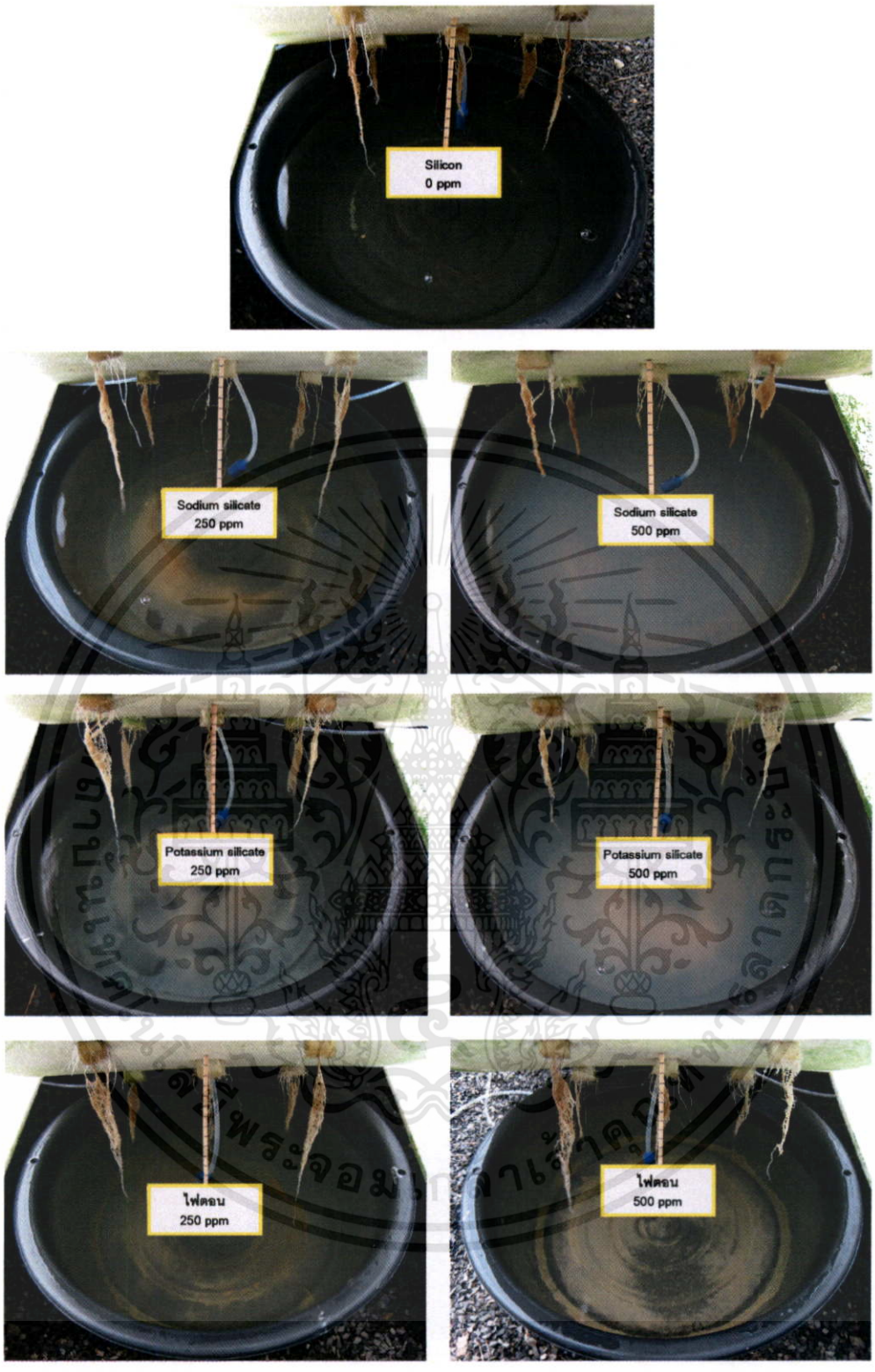
[2/] ค่าเฉลี่ยจาก 10 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



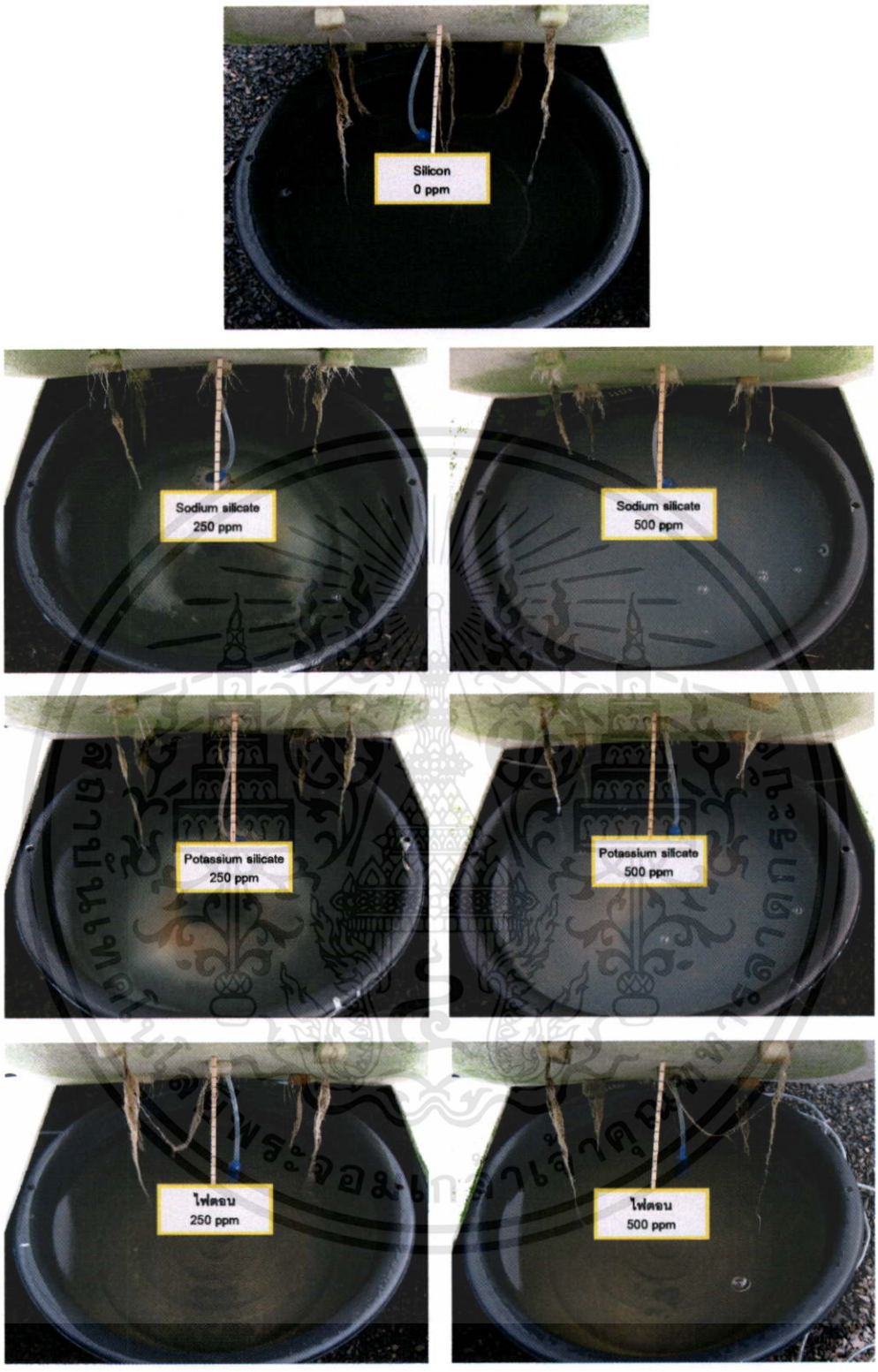
ภาพที่ 4.41 ลักษณะอาการรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในระบบ deep flow technique ที่ 5 วันหลังปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ลงในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



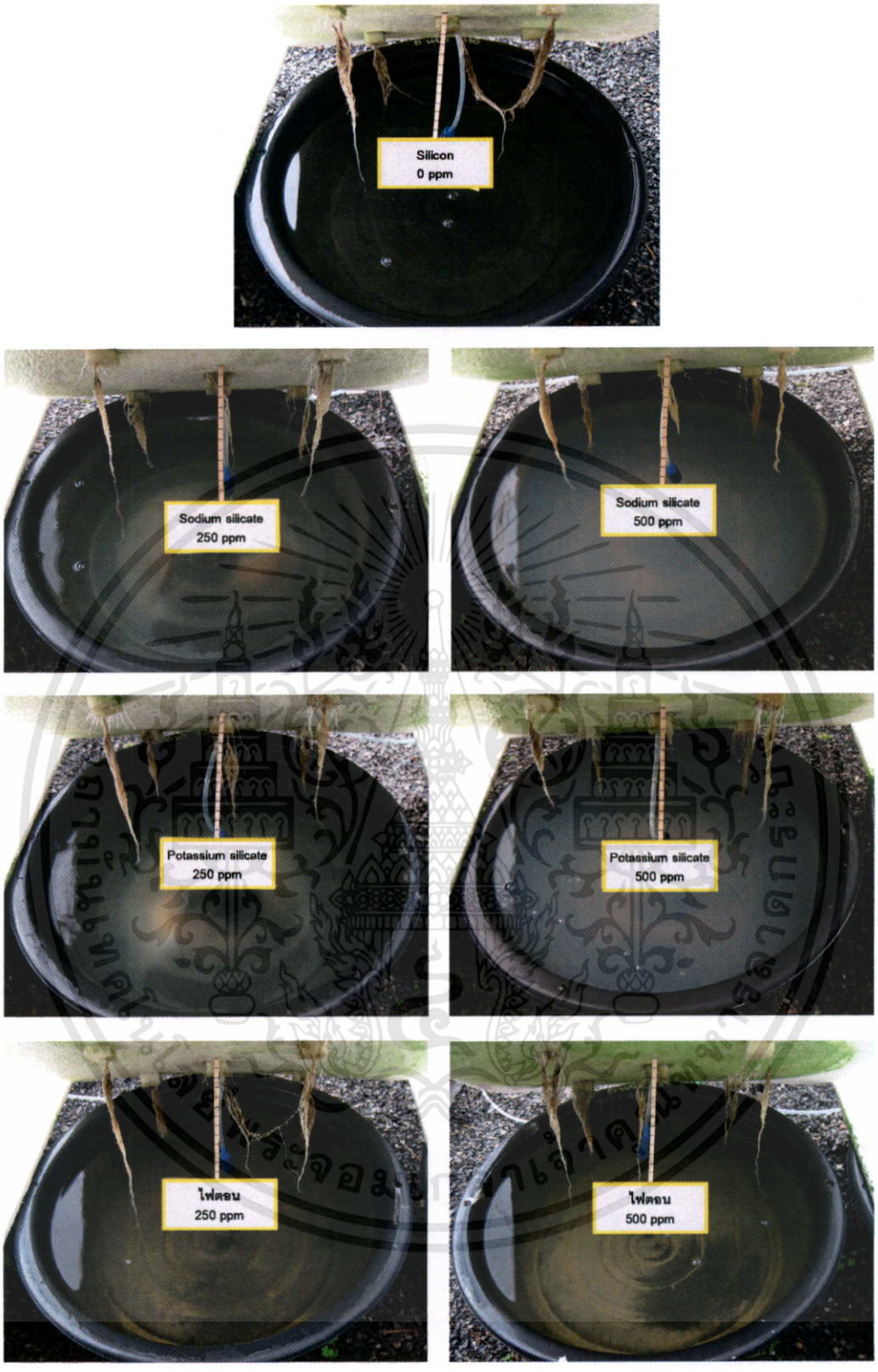
ภาพที่ 4.42 ลักษณะอาการรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในระบบ deep flow technique ที่ 5 วันหลังปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ลงในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.43 ลักษณะอาการรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 2 (แบบหัวเชื้อ) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในระบบ deep flow technique ที่ 5 วันหลังปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ลงในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.44 ลักษณะอาการรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในระบบ deep flow technique ที่ 5 วันหลังปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ลงในระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา Pythium aphanidermatum และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique

ปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหาร

จากการตรวจสอบปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหารทุก 3 วันนับจากปลูกเชื้อราสาเหตุโรคลงในระบบ ขณะที่พืชอายุ 14, 17, 20, 23, 26, 29, 32 และ 35 วัน สำหรับ *ปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา P. aphanidermatum ในสารละลายธาตุอาหาร* พบว่า ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้น เริ่มมีปฏิสัมพันธ์กันตั้งแต่ที่พืชอายุ 20 วัน กล่าวคือ ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากกว่า product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) และไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ร่วมกับ potassium silicate มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากกว่าการใช้ร่วมกับ sodium silicate และไฟตอน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ร่วมกับสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากกว่าการใช้ร่วมกันที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm และไม่ใส่สารละลายซิลิคอน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* แต่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารละลายซิลิคอน มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากที่สุด (5.60×10^6 CFU/ml) ในขณะที่การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากที่สุด (9.15×10^5 CFU/ml) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm และไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm (1.03×10^6 และ 1.13×10^6 CFU/ml) ส่วนการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* น้อยที่สุด (2.64×10^6 CFU/ml) สำหรับ *ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหาร* พบว่า การปลูกเชื้อราสาเหตุโรค ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P. aphanidermatum มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. harzianum* น้อยกว่าสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าเชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มีปริมาณความอยู่รอดมากกว่า product 2 (แบบหัวเชื้อ) และ product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใส่ไฟตอนและ sodium silicate มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. harzianum* มากกว่า potassium silicate อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใส่สารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. harzianum* มากกว่า 500 ppm และไม่ใส่สารละลายซิลิคอน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* พบว่าการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มากที่สุด ($6.50x10^5$ CFU/ml) แต่ไม่แตกต่างกับการใส่ไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm ($5.00x10^5$ CFU/ml) ส่วนในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* พบว่าการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มากกว่า แต่ไม่แตกต่างกับสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* ($7.00x10^5$ CFU/ml) (ตารางที่ 4.12 และ 4.13)

เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ที่พืชอายุ 35 วัน สำหรับ *ปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา P. aphanidermatum ในสารละลายธาตุอาหาร* พบว่า ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นยังคงมีอิทธิพลต่อปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การใช้เชื้อรา *T. harzianum* ไม่ว่าจะเป็นจาก product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) หรือดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ไม่แตกต่าง แต่มากกว่าไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ร่วมกับ potassium silicate, sodium silicate และไฟตอน มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ร่วมกับสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 500 และ 250 ppm มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากกว่าไม่ใส่สารละลายซิลิคอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* แต่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารละลายซิลิคอน มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากที่สุด ($1.40 x10^7$ CFU/ml) ในขณะที่การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากที่สุด ($2.00x10^4$ CFU/ml) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) ที่มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* น้อยที่สุด ($9.43x10^5$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CFU/ml) สำหรับ *ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหาร* พบว่า การปลูกเชื้อราสาเหตุโรค ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้น ยังคงมีอิทธิพลต่อปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. harzianum* น้อยกว่าสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าเชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) มีปริมาณความอยู่รอดมากกว่าดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) และ product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใส่ potassium silicate มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. harzianum* มากกว่า sodium silicate และไฟตอน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใส่สารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. harzianum* มากกว่า 500 ppm และไม่ใส่สารละลายซิลิคอน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* พบว่าการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) มากที่สุด ($5.00x10^5$ CFU/ml) แต่ไม่แตกต่างกับ 500 ppm และไม่แตกต่างกับการใส่ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm ($4.00x10^5$ และ $4.50x10^5$ CFU/ml) ส่วนในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* พบว่าการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) มากกว่าสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* ($6.00x10^5$ CFU/ml) (ตารางที่ 4.12, 4.13, ภาพที่ 4.45 และ 4.46)

<u>ปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่รากพืช</u>

ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) นอกจากจะตรวจสอบปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหารแล้ว ยังมีการตรวจสอบปริมาณความอยู่รอดที่รากพืชด้วย สำหรับ *ปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา P. aphanidermatum ที่รากพืช* พบว่า ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แต่ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์และระดับความเข้มข้นมีปฏิสัมพันธ์กัน กล่าวคือ ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์และระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าผลเป็นไปในทิศทางเดียวกับปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ในสารละลายธาตุอาหาร ที่พืชอายุ 35 วัน เพียงแต่พบว่าเชื้อรา *P. aphanidermatum* ที่รากพืช มีปริมาณความอยู่รอดมากกว่าในสารละลายธาตุอาหาร กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* แต่ไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารละลายซิลิคอน มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากที่สุด (1.85 x10^7 CFU/g) ในขณะที่การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากที่สุด (1.47x10^4 CFU/g) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) ที่มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* น้อยที่สุด (5.97x10^5 CFU/g) สำหรับ *ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่รากพืช* พบว่า การปลูกเชื้อราสาเหตุโรค ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นมีอิทธิพลต่อปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าผลเป็นไปในทิศทางเดียวกับ ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหาร ที่พืชอายุ 35 วัน เพียงแต่พบว่าจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่รากพืชมีปริมาณความอยู่รอดมากกว่าในสารละลายธาตุอาหาร กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* พบว่าการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) มากที่สุด (4.40x10^6 CFU/g) รองลงมาคือการใส่ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm (4.00x10^6 CFU/g) ส่วนในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* พบว่าการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) มากกว่าสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* (5.00x10^6 CFU/g) (ตารางที่ 4.12, 4.13, ภาพที่ 4.47 และ 4.48)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ความอยู่รอดของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (ปริมาณ inoculum) ในสารละลายธาตุอาหาร (ทุก 3 วันนับจากปลูกเชื้อราสาเหตุโรคลงในระบบ) และที่ราก (วันเก็บเกี่ยวผลผลิต) ของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ไม่ใส่และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm)

ปัจจัยการทดลอง			ปริมาณของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (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 29 วัน	พืชอายุ 32 วัน	พืชอายุ 35 วัน	พืชอายุ 35 วัน (เก็บเกี่ยว)
ไม่ใส่	sodium silicate	0	2,800,000a-c[1/]	2,660,000a	5,600,000a	8,400,000a	6,200,000a	9,800,000a	12,800,000a	14,000,000a	18,520,000a
		250	2,750,000a-d	1,660,000f-i	1,240,000j-n	1,530,000h-l	1,240,000e-i	1,070,000e	990,000b	880,000b	572,000b
		500	2,700,000a-f	1,560,000f-k	1,030,000no	1,560,000g-l	1,180,000f-j	857,000e-g	923,000b	660,000b	454,000b
	potassium silicate	0	2,800,000a-c	2,660,000a	5,600,000a	8,400,000a	6,200,000a	9,800,000a	12,800,000a	14,000,000a	18,520,000a
		250	2,720,000a-e	1,560,000f-k	1,430,000h-l	1,120,000m-o	1,130,000g-k	967,000e-g	957,000b	735,000b	494,000b
		500	2,680,000a-f	1,450,000g-k	1,340,000h-m	1,120,000m-o	808,000lm	925,000e-g	712,000b	570,000b	406,000b
	ไฟตอน	0	2,800,000a-c	2,660,000a	5,600,000a	8,400,000a	6,200,000a	9,800,000a	12,800,000a	14,000,000a	18,520,000a
		250	2,800,000a-c	1,840,000d-f	1,720,000fg	1,790,000e-i	1,530,000c-e	1,400,000d	1,240,000b	916,000b	592,000b
		500	2,760,000a-d	1,630,000f-j	1,520,000g-i	1,720,000f-j	1,320,000e-h	1,020,000e	1,160,000b	863,000b	563,000b
product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	2,780,000a-c	2,100,000b-d	2,500,000bc	2,280,000bc	1,840,000b	1,670,000c	1,060,000b	880,000b	597,000b
		250	2,650,000a-g	1,330,000j-l	1,900,000f	1,800,000e-i	1,070,000h-l	880,000e-g	42,400b	84,000b	57,400b
		500	2,600,000a-g	1,280,000k-m	1,500,000g-j	1,680,000f-j	988,000i-l	582,000hi	82,000b	62,500b	45,200b
	potassium silicate	0	2,780,000a-c	2,100,000b-d	2,500,000bc	2,280,000bc	1,840,000b	1,670,000c	1,060,000b	880,000b	597,000b
		250	2,580,000a-g	1,050,000lm	1,490,000g-k	1,750,000e-i	885,000k-m	294,000jk	435,000b	58,800b	33,200b
		500	2,550,000a-g	1,000,000m	1,600,000gh	933,000o	308,000o	706,000f-i	58,000b	36,700b	20,700b

ต่อ

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง			ปริมาณของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (CFU/ml, CFU/g)								
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	สารละลายธาตุอาหาร								รากพืชอายุ 35 วัน (เก็บเกี่ยว)
			พืชอายุ 14 วัน	พืชอายุ 17 วัน	พืชอายุ 20 วัน	พืชอายุ 23 วัน	พืชอายุ 26 วัน	พืชอายุ 29 วัน	พืชอายุ 32 วัน	พืชอายุ 35 วัน	
product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)	ไฟตอน	0	2,780,000a-c	2,100,000b-d	2,500,000bc	2,280,000bc	1,840,000b	1,670,000c	1,060,000b	880,000b	597,000b
		250	2,750,000a-d	1,430,000h-k	1,970,000ef	2,030,000c-f	1,380,000d-g	1,060,000e	708,000b	296,000b	167,000b
		500	2,720,000a-e	1,380,000i-k	1,920,000f	1,870,000d-h	1,120,000g-k	980,000ef	382,000b	191,000b	107,000b
product 2 (แบบหัวเชื้อ)	sodium silicate	0	2,430,000c-g	2,260,000bc	2,340,000cd	2,170,000b-d	1,430,000d-f	1,860,000bc	926,000b	650,000b	478,000b
		250	2,350,000d-g	1,500,000g-k	1,250,000i-n	1,350,000k-n	913,000j-l	300,000jk	625,000b	45,000b	33,000b
		500	2,300,000e-g	1,260,000k-m	1,200,000l-n	1,060,000no	910,000j-l	461,000ij	76,000b	38,000b	27,900b
	potassium silicate	0	2,430,000c-g	2,260,000bc	2,340,000cd	2,170,000b-d	1,430,000d-f	1,860,000bc	926,000b	650,000b	478,000b
		250	2,280,000fg	1,010,000m	1,220,000k-n	1,300,000l-n	634,000mn	100,000k	350,000b	35,000b	25,700b
		500	2,250,000g	1,070,000lm	915,000o	290,000p	430,000no	140,000k	50,000b	20,000b	14,700b
	ไฟตอน	0	2,430,000c-g	2,260,000bc	2,340,000cd	2,170,000b-d	1,430,000d-f	1,860,000bc	926,000b	650,000b	478,000b
		250	2,500,000a-g	1,620,000f-j	1,350,000h-m	1,480,000i-l	1,240,000e-i	924,000e-g	450,000b	90,000b	66,100b
		500	2,440,000b-g	1,430,000h-k	1,290,000i-n	1,380,000j-n	1,130,000g-k	846,000e-g	345,000b	70,000b	51,400b
ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	2,920,000a	2,630,000a	2,210,000de	2,410,000b	1,770,000bc	1,960,000b	1,130,000b	943,000b	510,000b
		250	2,850,000a-c	2,050,000c-e	2,510,000bc	1,910,000d-g	1,510,000c-e	949,000e-g	445,000b	120,000b	98,000b
		500	2,800,000a-c	1,740,000f-h	2,340,000cd	1,040,000no	1,490,000c-e	810,000e-h	316,000b	79,000b	42,700b

ต่อ

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง			ปริมาณของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (CFU/ml, CFU/g)								
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	สารละลายธาตุอาหาร								รากพืชอายุ 35 วัน (เก็บเกี่ยว)
			พืชอายุ 14 วัน	พืชอายุ 17 วัน	พืชอายุ 20 วัน	พืชอายุ 23 วัน	พืชอายุ 26 วัน	พืชอายุ 29 วัน	พืชอายุ 32 วัน	พืชอายุ 35 วัน	
ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)	potassium silicate	0	2,920,000a	2,630,000a	2,210,000de	2,410,000b	1,770,000bc	1,960,000b	1,130,000b	943,000b	510,000b
		250	2,700,000a-f	2,180,000bc	1,415,000h-l	1,640,000g-l	989,000i-l	695,000g-i	293,000b	93,000b	50,200b
		500	2,680,000a-f	1,760,000e-g	1,130,000m-o	1,450,000i-m	546,000no	874,000e-g	107,000b	53,500b	28,900b
	ไฟตอน	0	2,920,000a	2,630,000a	2,210,000de	2,410,000b	1,770,000bc	1,960,000b	1,130,000b	943,000b	510,000b
		250	2,890,000a	2,410,000ab	2,640,000b	2,090,000b-e	1,640,000b-d	1,040,000e	523,000b	314,000b	169,000b
		500	2,860,000ab	2,390,000ab	2,490,000bc	1,890,000d-h	1,530,000c-e	982,000ef	463,000b	215,000b	116,000b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์											
ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์			2,756,667ab	1,964,444b	2,786,667a	3,782,222a	2,867,556a	3,959,889a	4,931,333a	5,180,444a	6,515,667a
product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)			2,687,778b	1,530,000d	1,986,667c	1,878,111b	1,252,333c	1,056,889c	543,044b	374,333b	246,833b
product 2 (แบบหัวเชื้อ)			2,378,889c	1,630,000c	1,582,778d	1,485,556c	1,060,778d	927,889d	519,333b	249,778b	183,644b
ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)			2,837,778a	2,268,889a	2,128,333b	1,916,667b	1,446,111b	1,247,778b	615,222b	411,500b	226,089b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน											
sodium silicate			2,660,833ab	1,835,833b	2,135,000b	2,265,833b	1,711,750b	1,766,583b	1,617,950a	1,536,792a	1,786,267a
potassium silicate			2,614,167b	1,727,500c	1,932,500c	2,071,917c	1,414,167c	1,665,917c	1,573,167a	1,506,250a	1,764,867a
ไฟตอน			2,720,833a	1,981,667a	2,295,833a	2,459,167a	1,844,167a	1,961,833a	1,765,583a	1,619,000a	1,828,042a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น											
0			2,732,500a	2,412,500a	3,162,500a	3,815,000a	2,810,000a	3,822,500a	3,979,000a	4,118,250a	5,026,250a
250			2,651,667ab	1,636,667b	1,677,917b	1,649,167b	1,180,083b	806,583b	288,200b	305,567b	196,467b
500			2,611,667b	1,495,833c	1,522,917c	1,332,750c	980,000c	765,250b	389,500b	238,225b	156,458b

ต่อ

ตารางที่ 4.12 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง			ปริมาณของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (CFU/ml, CFU/g)								
			สารละลายธาตุอาหาร								
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	พืชอายุ 14 วัน	พืชอายุ 17 วัน	พืชอายุ 20 วัน	พืชอายุ 23 วัน	พืชอายุ 26 วัน	พืชอายุ 29 วัน	พืชอายุ 32 วัน	พืชอายุ 35 วัน	รากพืชอายุ 35 วัน (เก็บเกี่ยว)
C.V. (%)			6.49	7.40	5.50	6.78	7.41	675	29.78	26.30	16.42
ชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (A)			***	***	***	***	***	***	***	***	***
ชนิดสารละลายซิลิคอน (B)			ns	***	***	***	***	***	ns	ns	ns
ระดับความเข้มข้น (C)			ns	***	***	***	***	***	***	***	***
A x B			ns	ns	***	ns	ns	*	ns	ns	ns
A X C			ns	***	***	***	***	***	***	***	***
B X C			ns	**	***	***	***	***	ns	ns	ns
A X B X C			ns	ns	***	**	ns	ns	ns	***	ns

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

ตารางที่ 4.13 ความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (ปริมาณ inoculum) 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ในสารละลายธาตุอาหาร (ทุก 3 วันนับจากปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ลงในระบบ) และที่ราก (วันเก็บเกี่ยวผลผลิต) ของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ไม่ปลูกเชื้อและปลูกเชื้อราสาเหตุโรคลงในระบบ

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 29 วัน	พืชอายุ 32 วัน	พืชอายุ 35 วัน	รากพืชอายุ 35 วัน (เก็บเกี่ยว)
ไม่ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*	product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	5,000m[1/]	1,500i	1,000k	600j	20h	15k	15i	10f	335n
			250	20,000lm	25,000i	25,500jk	11,500ij	13,000h	19,500k	18,500i	19,000f	250,000j-n
			500	19,000lm	15,000i	24,000jk	11,000ij	12,500h	12,500k	11,000i	18,000f	200,000k-n
		potassium silicate	0	5,000m	1,500i	1,000k	600j	20h	15k	15i	10f	335n
			250	50,000lm	10,000i	24,000jk	17,500ij	15,000h	16,000k	20,000i	24,000f	310,000i-l
			500	45,000lm	10,000i	14,000jk	13,500ij	13,000h	10,500k	13,000i	11,000f	150,000k-n
		ไฟตอน	0	5,000m	1,500i	1,000k	600j	20h	15k	15i	10f	335n
			250	60,000lm	6,000i	5,000jk	7,500j	2,000h	1,000k	550i	2,000f	50,000mn
			500	50,000lm	6,000i	4,500jk	6,500j	1,500h	900k	450i	1,500f	15,000n
	product 2 (แบบหัวเชื้อ)	sodium silicate	0	450,000g-k	145,000f-i	15,000jk	2,500j	6,500h	1,000k	350i	250f	4,000n
			250	550,000e-i	350,000c-e	190,000g-k	350,000c-f	250,000d-g	210,000f-h	185,000e-h	450,000b	4,300,000b
			500	160,000k-m	250,000d-g	150,000h-k	150,000g-j	100,000e-h	175,000g-i	105,000f-i	155,000e	1,500,000g
		potassium silicate	0	450,000g-k	145,000f-i	15,000jk	2,500j	6,500h	1,000k	350i	250f	4,000n
			250	700,000c-g	300,000d-f	200,000g-j	450,000b-d	800,000a	100,000i-k	200,000e-g	600,000a	5,100,000a
			500	300,000i-m	300,000d-f	185,000g-k	250,000e-h	300,000c-e	100,000i-k	150,000f-i	200,000de	2,450,000f

ต่อ

ตารางที่ 4.13 (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 29 วัน	พืชอายุ 32 วัน	พืชอายุ 35 วัน	รากพืช อายุ 35 วัน (เก็บเกี่ยว)
ไม่ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*	product 2 (แบบหัวเชื้อ)	ไฟตอน	0	450,000g-k	145,000f-i	15,000jk	2,500j	6,500h	1,000k	350i	250f	4,000n
			250	950,000b-d	300,000d-f	85,000i-k	90,000h-j	75,000e-h	35,000jk	40,000hi	35,000f	350,000i-k
			500	850,000b-e	200,000e-h	75,000i-k	85,000h-j	60,000f-h	20,000k	30,000hi	22,500f	300,000i-m
	ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	550,000e-i	250,000d-g	145,000h-k	25,000ij	10,000h	15,000k	12,000i	8,000f	82,000l-n
			250	650,000c-h	350,000c-e	900,000a	850,000a	400,000b-d	500,000c	350,000cd	250,000cd	1,550,000g
			500	600,000d-i	250,000d-g	850,000ab	350,000c-f	300,000c-e	200,000gh	100,000f-i	150,000e	1,350,000g
		potassium silicate	0	550,000e-i	250,000d-g	145,000h-k	25,000ij	10,000h	15,000k	12,000i	8,000f	82,000l-n
			250	500,000f-j	200,000e-h	700,000bc	500,000bc	400,000b-d	300,000ef	240,000d-f	500,000b	5,000,000a
			500	500,000f-j	100,000g-i	100,000i-k	400,000c-e	300,000c-e	130,000h-j	145,000f-i	450,000b	4,500,000b
		ไฟตอน	0	550,000e-i	250,000d-g	145,000h-k	25,000ij	10,000h	15,000k	12,000i	8,000f	82,000l-n
			250	900,000b-d	550,000b	950,000a	600,000b	95,000e-h	83,500i-k	80,000g-i	55,000f	585,000h
			500	800,000b-f	400,000b-d	850,000ab	500,000bc	85,000e-h	75,000jk	75,000g-i	40,000f	319,000i-l
ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*	product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	20,000lm	5,000i	3,000k	1,150j	1,150h	300k	150i	350f	1,170n
			250	20,000lm	20,000i	20,500jk	10,000ij	9,500h	9,000k	3,000i	8,500f	45,100n
			500	10,000lm	15,000i	16,000jk	10,000ij	8,500h	8,500k	2,750i	7,500f	31,500n

ต่อ

ตารางที่ 4.13 (ต่อ)

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 29 วัน	พืชอายุ 32 วัน	พืชอายุ 35 วัน	พืชอายุ 35 วัน (เก็บเกี่ยว)
ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*	product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)	potassium silicate	0	20,000lm	5,000i	3,000k	1,150j	1,150h	300k	150i	350f	1,170n
			250	35,000lm	10,000i	19,000jk	19,500ij	17,000h	12,500k	4,500i	9,000f	50,000mn
			500	30,000lm	35,000i	12,000jk	18,000ij	10,000h	10,000k	3,500i	8,000f	40,000n
		ไฟตอน	0	20,000lm	5,000i	3,000k	1,150j	1,150h	300k	150i	350f	1,170n
			250	35,000lm	5,000i	1,000k	4,000j	3,050h	2,000k	1,800i	1,350f	14,500n
			500	250,000lm	5,000i	1,000k	3,500j	2,300h	1,500k	1,400i	1,050f	11,200n
	product 2 (แบบหัวเชื้อ)	sodium silicate	0	350,000h-l	50,000hi	35,000jk	11,000ij	8,000h	3,000k	1,500i	950f	15,200n
			250	800,000b-f	250,000d-g	300,000f-h	350,000c-f	250,000d-g	550,000bc	495,000ab	450,000b	4,000,000c
			500	650,000c-h	200,000e-h	200,000g-j	250,000e-h	225,000d-h	400,000d	100,000f-i	300,000c	2,660,000e
		potassium silicate	0	350,000h-l	50,000hi	35,000jk	11,000ij	8,000h	3,000k	1,500i	950f	15,200n
			250	900,000b-d	500,000bc	250,000g-i	250,000e-h	350,000b-d	350,000de	425,000bc	500,000b	4,400,000b
			500	550,000e-i	300,000 d-f	200,000g-j	200,000f-i	300,000c-e	270,000e-g	325,000c-e	400,000b	3,550,000d
		ไฟตอน	0	350,000h-l	50,000hi	35,000jk	11,000ij	8,000h	3,000k	1,500i	950f	15,200n
			250	900,000b-d	200,000e-h	350,000e-g	35,000ij	40,000gh	85,000i-k	40,000hi	25,000f	221,000j-n
			500	800,000b-f	145,000f-i	130,000h-k	35,000ij	65,000f-h	70,000jk	30,000hi	10,000f	188,000k-n

ต่อ

ตารางที่ 4.13 (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 29 วัน	พืชอายุ 32 วัน	พืชอายุ 35 วัน	รากพืชอายุ 35 วัน (เก็บเกี่ยว)
ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*	ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	600,000d-i	400,000b-d	300,000f-h	55,000ij	35,000gh	11,000k	5,500i	1,000f	50,000mn
			250	850,000b-e	900,000a	450,000ef	850,000a	900,000a	600,000b	120,000f-i	20,000f	220,000j-n
			500	200,000j-m	300,000d-f	200,000g-j	300,000d-g	550,000b	250,000fg	90,000f-i	15,000f	150,000k-n
		potassium silicate	0	600,000d-i	400,000b-d	300,000f-h	55,000ij	35,000gh	11,000k	5,500i	1,000f	50,000mn
			250	950,000bc	900,000a	650,000cd	950,000a	500,000bc	950,000a	200,000e-g	50,000f	500,000hi
			500	200,000j-m	250,000d-g	150,000h-k	200,000f-i	400,000b-d	350,000de	200,000e-g	40,000f	450,000h-j
		ไฟตอน	0	600,000d-i	400,000b-d	300,000f-h	55,000ij	35,000gh	11,000k	5,500i	1,000f	50,000mn
			250	1,600,000a	950,000a	500,000de	350,000c-f	275,000d-f	265,000e-g	600,000a	55,000f	600,000h
			500	1,100,000b	550,000b	450,000ef	300,000d-g	250,000d-g	200,000gh	400,000bc	15,000f	150,000k-n

ต่อ

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศูนย์วิทยทรัพยากรโดยพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางที่ 4.13 (ต่อ)

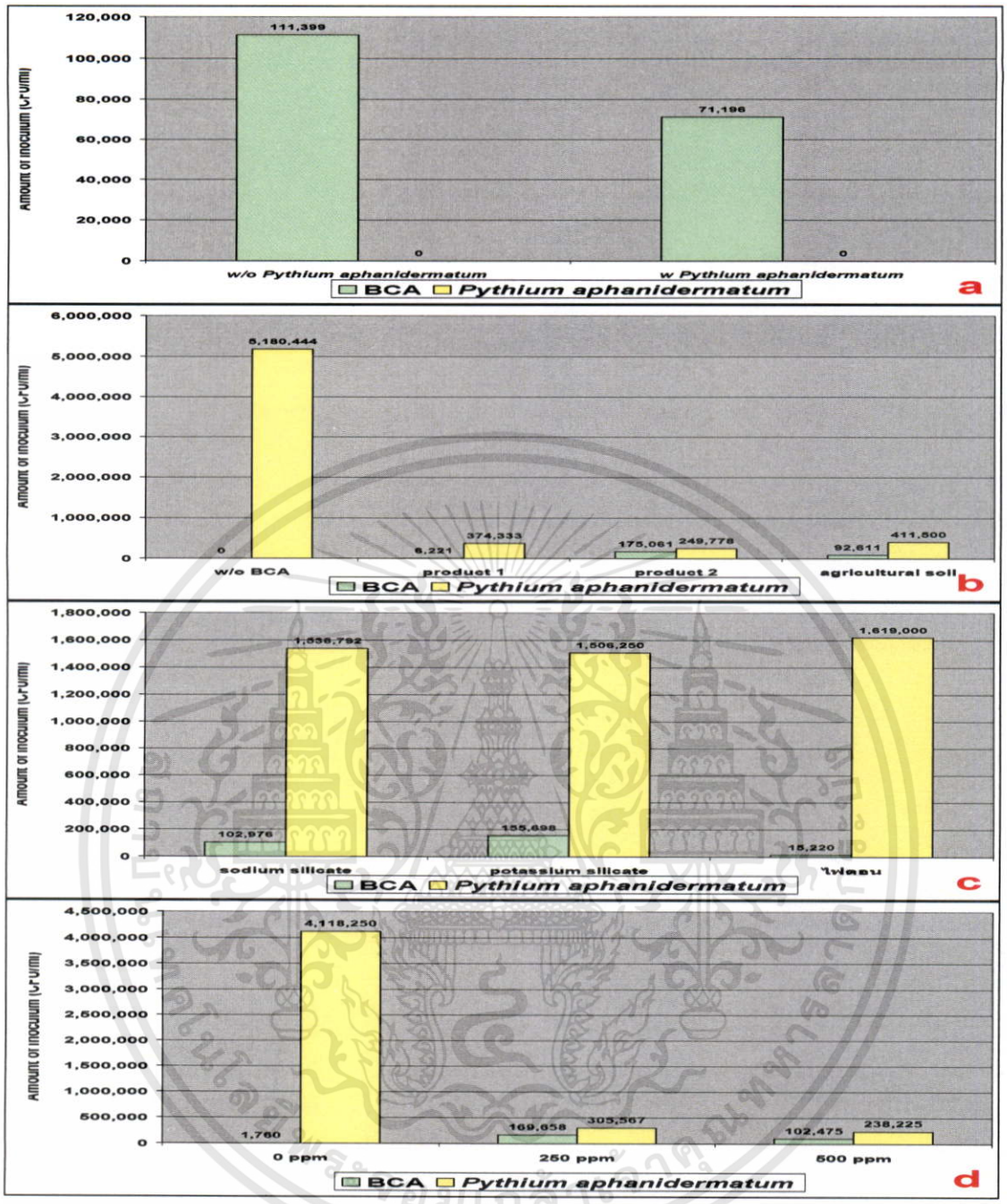
ปัจจัยการทดลอง				ปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (CFU/ml, CFU/g)								
				สารละลายธาตุอาหาร								ราก
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	พืชอายุ 14 วัน	พืชอายุ 17 วัน	พืชอายุ 20 วัน	พืชอายุ 23 วัน	พืชอายุ 26 วัน	พืชอายุ 29 วัน	พืชอายุ 32 วัน	พืชอายุ 35 วัน	พืชอายุ 35 วัน (เก็บเกี่ยว)
ค่าเฉลี่ยในการไม่ปลูกและปลูกเชื้อราสาเหตุโรค												
ไม่ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*				397,000b	178,204b	215,370a	175,067a	121,169b	75,442b	66,689b	111,399a	1,056,963a
ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*				465,370a	255,556a	181,981b	160,609a	158,807a	163,941a	113,459a	71,196b	647,423b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์												
product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)				26,333c	10,083c	9,917c	7,653c	6,159c	5,825c	4,497b	6,221c	65,101c
product 2 (แบบหัวเชื้อ)				583,889b	215,556b	136,944b	140,861b	158,806b	132,056b	118,364a	175,061a	1,615,367a
ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)				683,333a	425,000a	449,167a	355,000a	255,000a	221,194a	147,361a	92,611b	876,111b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน												
sodium silicate				361,333b	209,806a	212,500a	199,319a	171,065a	164,712a	88,876ab	102,976b	911,628b
potassium silicate				374,167b	209,250a	166,833b	186,875a	192,537a	146,073a	108,084a	155,698a	1,480,706a
ไฟตอน				558,056a	231,583a	216,694a	117,319b	56,362b	48,290b	73,262b	15,220c	164,245c
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น												
0				329,167b	141,917c	83,167c	15,875c	10,112c	5,053c	3,253c	1,760c	25,451c
250				581,667a	323,667a	312,222a	316,389a	244,142a	227,139a	167,964a	169,658a	1,530,311a
500				382,722b	185,056b	200,639b	171,250b	165,711b	126,883b	99,006b	102,475b	1,000,817b

ต่อ

ตารางที่ 4.13 (ต่อ)

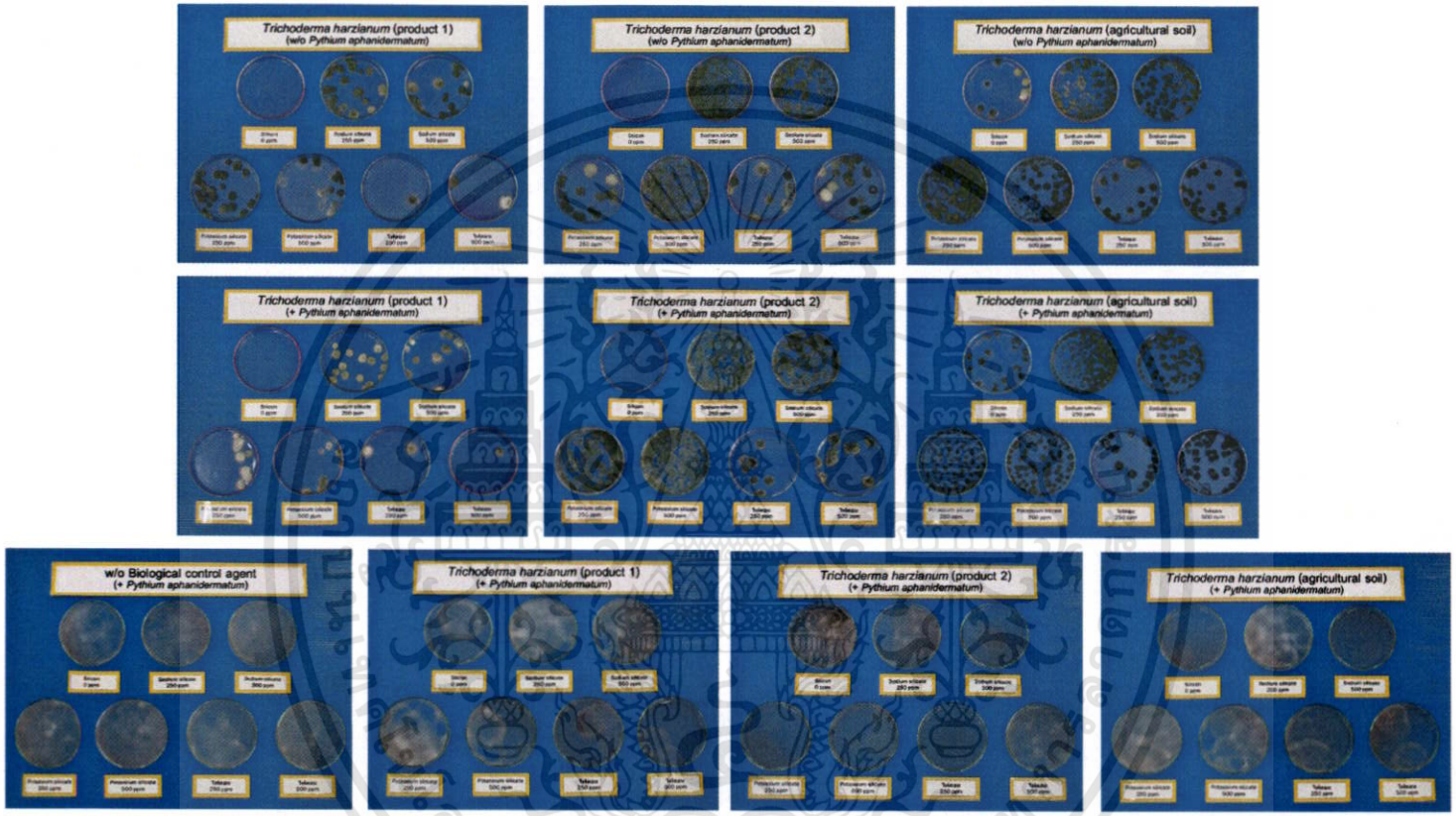
ปัจจัยการทดลอง				ปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (CFU/ml, CFU/g)								
				สารละลายธาตุอาหาร								
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	ชนิดสารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	พืชอายุ 14 วัน	พืชอายุ 17 วัน	พืชอายุ 20 วัน	พืชอายุ 23 วัน	พืชอายุ 26 วัน	พืชอายุ 29 วัน	พืชอายุ 32 วัน	พืชอายุ 35 วัน	รากพืชอายุ 35 วัน (เก็บเกี่ยว)
	C.V. (%)			32.27	31.15	39.62	46.07	68.04	34.51	71.72	48.62	12.06
	การปลูกเชื้อราสาเหตุโรค (A)			*	***	*	ns	*	***	***	***	***
	ชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (B)			***	***	***	***	***	***	***	***	***
	ชนิดสารละลายซิลิคอน (C)			***	ns	*	***	***	***	ns	***	***
	ระดับความเข้มข้น (D)			***	***	***	***	***	***	***	***	***
	A x B			ns	***	***	ns	***	***	*	***	***
	A X C			ns	*	*	ns	*	***	*	***	***
	A X D			**	***	***	ns	ns	***	*	***	***
	B X C			***	***	***	**	***	***	***	***	***
	B X D			***	***	***	***	***	***	***	***	***
	C X D			***	ns	**	***	***	***	ns	***	***
	A X B X C			**	ns	***	*	ns	***	***	***	***
	A X B X D			***	***	***	*	**	***	ns	***	***
	A X C X D			ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	*	***
	B X C X D			ns	**	***	**	**	***	**	***	***
	A X B X C X D			ns	ns	*	**	ns	***	***	**	***

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

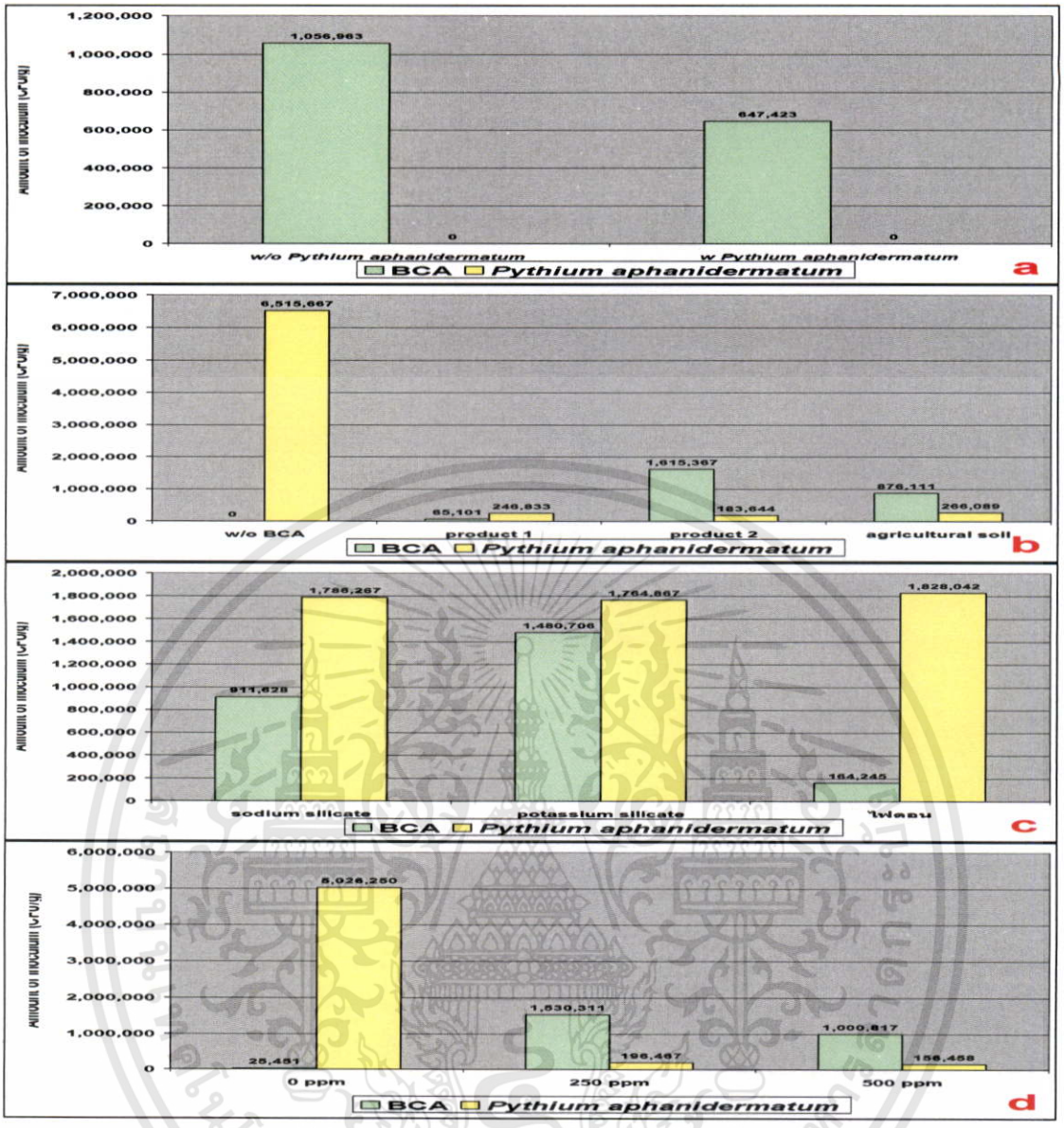


ภาพที่ 4.45 ปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (ปริมาณ inoculum) ในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ที่ใช้ปลูกคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 35 วัน: a. ค่าเฉลี่ยการไม่ปลูกและปลูกเชื้อราสาเหตุโรค, b. ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์, c. ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดของสารละลายซิลิคอน, d. ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

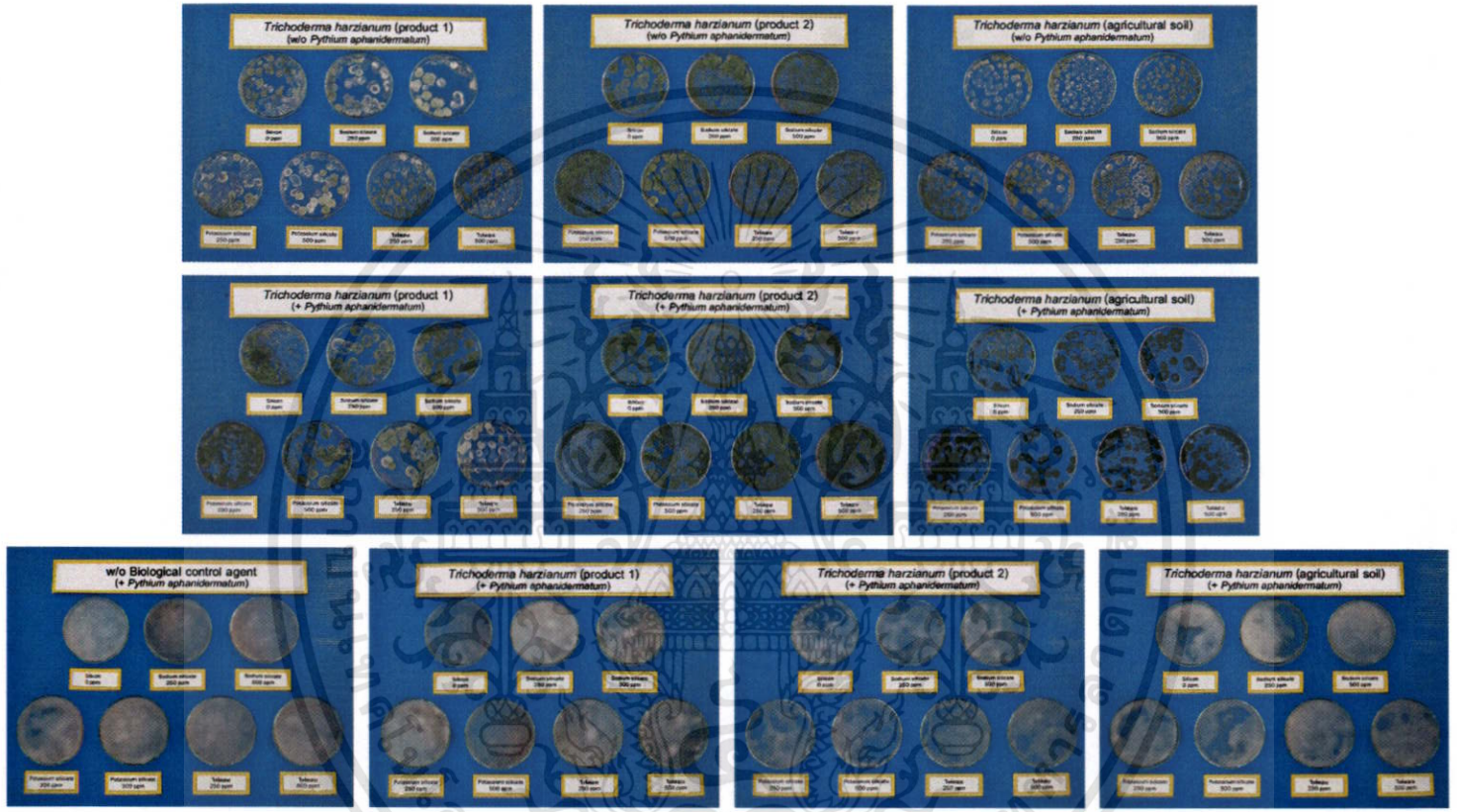


ภาพที่ 4.46 เปรียบเทียบปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (ปริมาณ inoculum) ในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ที่ใช้ปลูกคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 35 วัน ที่ dilution 10^{-3} CFU/ml



ภาพที่ 4.47 ปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (ปริมาณ inoculum) ที่รากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.48 เปรียบเทียบปริมาณของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (ปริมาณ inoculum) ที่รากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 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/g

การคงศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique

จากการนำจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด คือ เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) ที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหาร ขณะที่พืชอายุ 14, 23, 29, 35 วัน และที่รากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) มาทดสอบศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้ง 3 ชนิด ยังคงมีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ ตลอดการทดลอง และพบว่าจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่แยกจากรากพืชมีศักยภาพมากกว่าสารละลายธาตุอาหารเล็กน้อย โดยพบว่าชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แต่ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้นมีปฏิสัมพันธ์กัน ทั้งในสารลายธาตุอาหาร ขณะที่พืชอายุ 35 วัน และที่รากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) กล่าวคือ ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้น มีอิทธิพลต่อศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าเชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากกว่า product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใส่ potassium silicate และ sodium silicate มีผลเพิ่มศักยภาพของเชื้อรา *T. harzianum* ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากกว่าไฟตอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใส่สารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลเพิ่มศักยภาพของเชื้อรา *T. harzianum* ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากกว่า 250 ppm และไม่ใส่สารละลายซิลิคอน ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับ *ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหาร* ขณะที่พืชอายุ 35 วัน พบว่าการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลเพิ่มศักยภาพของเชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากที่สุด (37.78 เปอร์เซ็นต์) รองลงมาคือการใส่ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm (36.12 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่แตกต่างกับการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลเพิ่มศักยภาพของเชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) (36.12 เปอร์เซ็นต์) ส่วนเชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* น้อยที่สุด (31.11 เปอร์เซ็นต์) สำหรับ *ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่แยกจากรากพืช* ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) พบว่าการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลเพิ่มศักยภาพของเชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) และ product 2 (แบบหัวเชื้อ) ในการยับยั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากที่สุด (43.33 และ 43.33 เปอร์เซ็นต์) แต่ไม่แตกต่างกับการใส่ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 500 ppm มีผลเพิ่มศักยภาพของเชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) และไม่แตกต่างกับการใส่ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลเพิ่มศักยภาพของเชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) (42.78 เปอร์เซ็นต์) ส่วนเชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* น้อยที่สุด (38.89 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 4.14, ภาพที่ 4.49 และ 4.50)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากในสารละลายธาตุอาหาร (พืชอายุ 14, 23, 29 และ 35 วัน) และที่รากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยวิธีเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic test) ที่อายุ 60 ชั่วโมง

ปัจจัยการทดลอง			เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition, %)[1/]				
			สารละลายธาตุอาหาร				รากพืช
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	พืชอายุ 14 วัน	พืชอายุ 23 วัน	พืชอายุ 29 วัน	พืชอายุ 35 วัน	อายุ 35 วัน (เก็บเกี่ยว)
Trichoderma harzianum (product 1)	sodium silicate	0	40.00a-c[1/]	38.78a-f	36.67b-f	33.33d-f	41.11c-e
		250	41.11a-c	40.00a-d	38.28a-d	35.00b-d	42.78ab
		500	42.22a	41.11ab	40.00ab	36.12b	42.78ab
	potassium silicate	0	40.00a-c	38.78a-f	36.67b-f	33.33d-f	41.11c-e
		250	41.67ab	40.56a-c	39.39ab	35.56bc	42.22a-c
		500	42.78a	41.67a	40.56a	37.78a	43.33a
	ไฟตอน	0	40.00a-c	38.78a-f	36.67b-f	33.33d-f	41.11c-e
		250	40.56a-c	38.28b-g	37.23a-e	33.89c-f	41.67b-d
		500	41.11a-c	39.39a-d	38.78a-d	34.44b-e	42.22a-c
Trichoderma harzianum (product 2)	sodium silicate	0	39.45a-c	37.78c-g	35.56c-f	32.22fg	40.56d-f
		250	40.00a-c	38.33b-f	36.67b-f	34.45b-e	41.67b-d
		500	40.56a-c	39.45a-d	37.23a-e	35.56bc	42.78ab
	potassium silicate	0	39.45a-c	37.78c-g	35.56c-f	32.22fg	40.56d-f
		250	40.00a-c	38.89a-e	36.67b-f	35.00b-d	42.22a-c
		500	41.11a-c	40.56a-c	38.89a-c	36.12b	43.33a
	ไฟตอน	0	39.45a-c	37.78c-g	35.56c-f	32.22fg	40.56d-f
		250	39.45a-c	37.23c-g	35.56c-f	33.89c-f	40.56d-f
		500	40.56a-c	38.34b-f	36.67b-f	34.44b-e	41.11c-e
Trichoderma harzianum (ดินเกษตรกรรม)	sodium silicate	0	37.23c	35.00g	33.33f	31.11g	38.89g
		250	37.23c	35.00g	34.45ef	33.33d-f	40.00e-g
		500	37.78bc	35.56fg	35.00d-f	34.45b-e	40.56d-f
	potassium silicate	0	37.23c	35.00g	33.33f	31.11g	38.89g
		250	37.23c	35.00g	34.44ef	33.33d-f	40.00e-g
		500	38.89a-c	36.11e-g	35.56c-f	35.00b-d	41.11c-e
	ไฟตอน	0	37.23c	35.00g	33.33f	31.11g	38.89g
		250	37.23c	35.00g	33.89ef	32.22fg	39.45fg
		500	37.78bc	35.56fg	34.45ef	32.78e-g	40.00e-g

ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

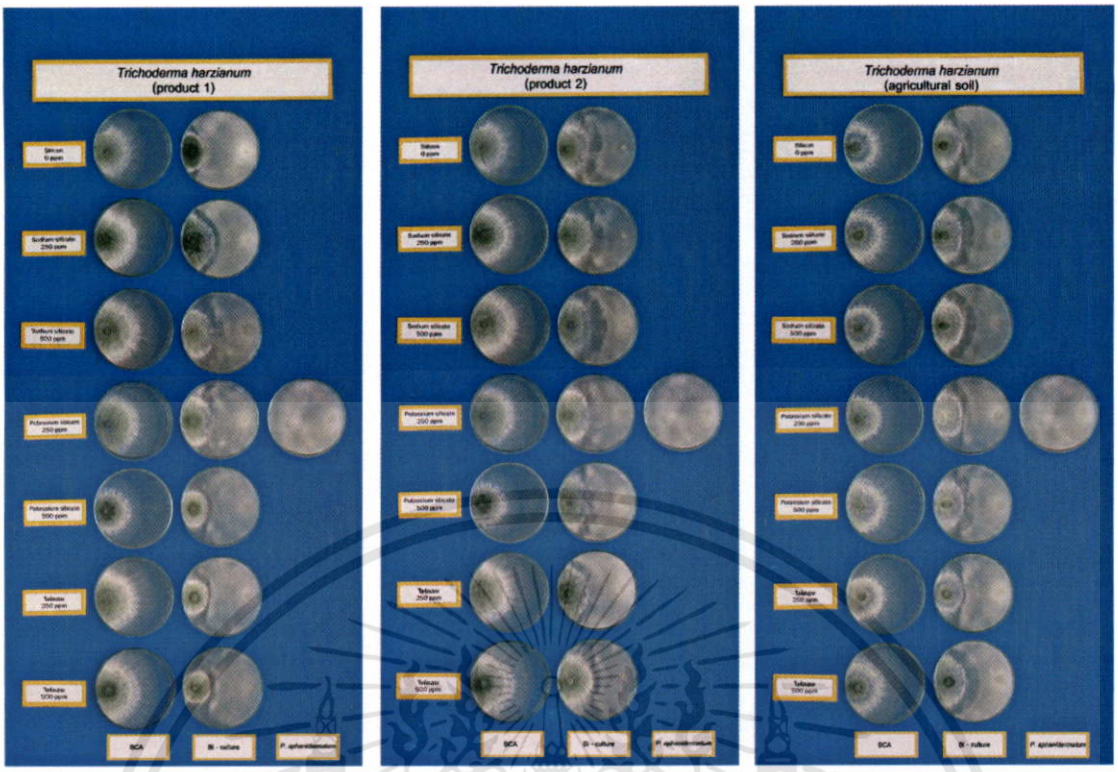
ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง			เปอร์เซ็นต์ยับยั้งการเจริญเติบโต (growth inhibition, %)[1/]				
จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	สารละลายธาตุอาหาร				รากพืช
			พืชอายุ 14 วัน	พืชอายุ 23 วัน	พืชอายุ 29 วัน	พืชอายุ 35 วัน	อายุ 35 วัน (เก็บเกี่ยว)
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์							
Trichoderma harzianum (product 1)			41.05a	39.70a	38.25a	34.75a	42.04a
Trichoderma harzianum (product 2)			40.00a	38.46b	36.48b	34.01b	41.48b
Trichoderma harzianum (ดินเกษตรกรรม)			37.53b	35.25c	34.20c	32.71c	39.75c
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน							
sodium silicate			39.51a	37.89ab	36.35a	33.95a	41.23a
potassium silicate			39.82a	38.26a	36.78a	34.38a	41.42a
ไฟตอน			39.26a	37.26b	35.79a	33.15b	40.62b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น							
0			38.89b	37.19b	35.19c	32.22c	40.19c
250			39.38ab	37.59b	36.28b	34.07b	41.17b
500			40.31a	38.64a	37.46a	35.19a	41.91a
C.V. (%)			4.40	3.58	4.13	2.20	1.22
ชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (A)			***	***	***	***	***
ชนิดสารละลายซิลิคอน (B)			ns	ns	ns	***	***
ระดับความเข้มข้น (C)			ns	**	***	***	***
A X B			ns	ns	ns	ns	ns
A X C			ns	ns	ns	ns	ns
B X C			ns	ns	ns	*	*
A X B X C			ns	ns	ns	ns	ns

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

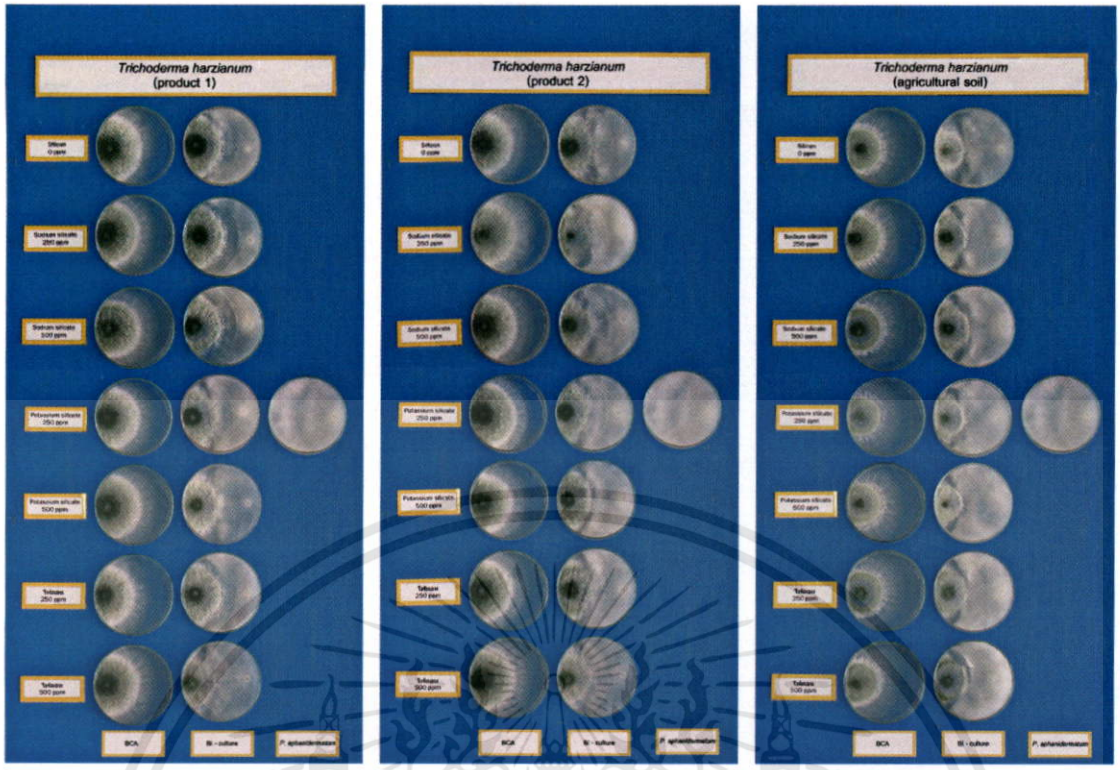
[2/] ค่าเฉลี่ยจาก 2 ซ้ำ ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันตามแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น P = 0.01 โดยเปรียบเทียบ treatment mean แบบ Duncan's multiple range test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.49 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ขณะที่พืชอายุ 35 วัน ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate) ที่อายุ 60 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.50 ศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] ที่แยกจากรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในระบบ deep flow technique ที่ใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) ที่มีต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* บนอาหารเลี้ยงเชื้อร่วม (bi-culture antagonistic plate) ที่อายุ 60 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบ deep flow technique

การเจริญเติบเติบโต

หลังจากปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* ลงในระบบเป็นเวลา 7 วัน (พืชอายุ 21 วัน) พบว่า การปลูกเชื้อราสาเหตุโรค ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แต่ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์และระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้น มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและขนาดใบของคะน้าเห็ดหอมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและขนาดใบของคะน้าเห็ดหอมน้อยกว่าไม่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ไม่ว่าจะเป็นจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) หรือ product 2 (แบบหัวเชื้อ) มีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง, จำนวนใบ และขนาดใบของคะน้าเห็ดหอมไม่แตกต่าง แต่มากกว่าไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ร่วมกับไฟตอน มีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูงและขนาดใบของคะน้าเห็ดหอมมากกว่าการใช้ร่วมกับ sodium silicate และ potassium silicate อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ร่วมกับสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและขนาดใบของคะน้าเห็ดหอมมากกว่าการใช้ร่วมกันที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm และไม่ใส่สารละลายซิลิคอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* แต่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารละลายซิลิคอน พบว่ามีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง, จำนวนใบ และขนาดใบของคะน้าเห็ดหอมน้อยที่สุด (7.72 ซม/ต้น, 6.20 ใบ/ต้น และ 3.84x3.78 ซม/ต้น ตามลำดับ) ในขณะที่การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง, จำนวนใบ และขนาดใบของคะน้าเห็ดหอมมากที่สุด (20.16 ซม/ต้น, 6.80 ใบ/ต้น และ 10.46x11.12 ซม/ต้น ตามลำดับ) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm (20.10 ซม/ต้น, 6.80 ใบ/ต้น และ 10.42x11.06 ซม/ต้น ตามลำดับ) ส่วนในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* พบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีการเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอมมากกว่า แต่ไม่แตกต่างกับสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* (22.92 ซม/ต้น, 6.80 ใบ/ต้น และ 11.28x11.94 ซม/ต้น ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาเมื่อพืชอายุ 28 วัน พบว่าผลเป็นไปในทิศทางเดียวกับการเจริญเติบโตที่พืชอายุ 21 วัน เพียงแต่พบว่าการปลูกเชื้อราสาเหตุโรคและชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตทางด้านขนาดใบของคะน้าเห็ดหอมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* แต่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารละลายซิลิคอน พบว่ามีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง, จำนวนใบ และขนาดใบของคะน้าเห็ดหอมน้อยที่สุด (14.94 ซม/ต้น, 8.20 ใบ/ต้น และ 5.10x6.02 ซม/ต้น ตามลำดับ) ในขณะที่การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง, จำนวนใบ และขนาดใบของคะน้าเห็ดหอมมากที่สุด (26.90 ซม/ต้น, 8.80 ใบ/ต้น และ 13.94x14.84 ซม/ต้น ตามลำดับ) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm (26.82 ซม/ต้น, 8.80 ใบ/ต้น และ 13.86x14.72 ซม/ต้น ตามลำดับ) ส่วนในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* พบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีการเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอมมากกว่า แต่ไม่แตกต่างกับสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* (30.20 ซม/ต้น, 8.80 ใบ/ต้น และ 14.86x15.72 ซม/ต้น ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.16)

จนกระทั่งในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) พบว่าผลเป็นไปในทิศทางเดียวกับการเจริญเติบโตที่พืชอายุ 21 วัน เพียงแต่พบว่าชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์และระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตทางด้านขนาดใบของคะน้าเห็ดหอมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการปลูกเชื้อราสาเหตุโรคและชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและความกว้างใบของคะน้าเห็ดหอม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* มีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง, จำนวนใบ และขนาดใบของคะน้าเห็ดหอมมากกว่าไม่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ร่วมกับไฟตอน มีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง, จำนวนใบ และขนาดใบของคะน้าเห็ดหอมมากกว่าการใช้ร่วมกับ sodium silicate และ potassium silicate อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ร่วมกับสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีการเจริญเติบโตทางด้านขนาดใบของคะน้าเห็ดหอมมากกว่า 500 ppm และไม่ใส่สารละลายซิลิคอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* แต่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารละลายซิลิคอน พบว่ามีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง, จำนวนใบ และขนาดใบของคะน้าเห็ดหอมน้อยที่สุด (22.92 ซม/ต้น, 8.20 ใบ/ต้น และ 9.38x11.10 ซม/ต้น ตามลำดับ) ในขณะที่การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง, จำนวนใบ และขนาดใบของคะน้าเห็ดหอมมากที่สุด (38.60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซม/ต้น, 10.00 ใบ/ต้น และ 17.40x18.98 ซม/ต้น ตามลำดับ) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm (38.30 ซม/ต้น, 9.80 ใบ/ต้น และ 17.38x18.60 ซม/ต้น ตามลำดับ) ส่วนในสารละลายที่ไม่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* พบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีการเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอมมากกว่า แต่ไม่แตกต่างกับสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* (42.24 ซม/ต้น, 10.20 ใบ/ต้น และ 19.22x20.30 ซม/ต้น ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.17)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 การเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) [ความสูงต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น), จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น) และขนาดใบเฉลี่ย (ความกว้างและความยาว) (เซนติเมตร/ใบ)] ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ไม่ปลูกและปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* 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 *Pythium aphanidermatum*	ไม่ใส่	sodium silicate	0	15.74l-p	6.20a	6.54pq	7.04pq
			250	17.04h-p	6.20a	8.36f-p	10.02a-l
			500	16.86h-p	6.20a	7.96j-q	8.08l-p
		potassium silicate	0	15.74l-p	6.20a	6.54pq	7.04pq
			250	16.18j-p	6.20a	8.06i-q	9.68b-m
			500	15.82l-p	6.20a	7.72l-q	8.06l-p
		ไฟตอน	0	15.74l-p	6.20a	6.54pq	7.04pq
			250	18.46d-n	6.20a	9.04b-n	10.38a-k
			500	18.38e-o	6.20a	8.98c-n	10.16a-k
	product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	21.90a-f	6.60a	10.48a-e	11.44a-d
			250	21.44a-f	6.60a	10.12a-h	11.20a-f
			500	20.56a-h	6.40a	9.76a-k	10.74a-i
		potassium silicate	0	21.90a-f	6.60a	10.48a-e	11.44a-e
			250	21.36a-f	6.40a	9.92a-j	11.04a-h
			500	19.76a-k	6.40a	9.54a-m	10.42a-k
		ไฟตอน	0	21.90a-f	6.60a	10.48a-e	11.44a-e
			250	22.92a	6.80a	11.28a	11.94a
			500	22.26a-d	6.80a	10.80a-d	11.54a-c
	product 2 (แบบหัวเชื้อ)	sodium silicate	0	21.76a-f	6.60a	10.28a-g	11.30a-e
			250	21.40a-f	6.60a	10.02a-i	11.12a-f
			500	20.14a-i	6.40a	9.56a-m	10.56a-j
		potassium silicate	0	21.76a-f	6.60a	10.28a-g	11.30a-e
			250	21.22a-g	6.40a	9.80a-k	10.80a-h
			500	19.16a-l	6.20a	9.18b-n	10.32a-k
		ไฟตอน	0	21.76a-f	6.60a	10.28a-g	11.30a-e
			250	22.28a-c	6.80a	10.92a-c	11.70ab
			500	21.96a-e	6.60a	10.56a-e	11.44a-e
	ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	21.88a-f	6.60a	10.28a-g	11.30a-e
			250	21.44a-f	6.60a	10.10a-i	11.14a-f
			500	20.32a-h	6.40a	9.64a-l	10.62a-j
		potassium silicate	0	21.88a-f	6.60a	10.28a-g	11.30a-e
			250	21.34a-f	6.40a	9.84a-j	10.84a-h
			500	19.38a-l	6.40a	9.48a-m	10.38a-k
		ไฟตอน	0	21.88a-f	6.60a	10.28a-g	11.30a-e
			250	22.54ab	6.80a	11.06ab	11.92a
			500	21.98a-e	6.60a	10.76a-d	11.48

ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง				การเจริญเติบโตของพืช			
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	ความสูงเฉลี่ย (ซม./ต้น)	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น)	ขนาดใบเฉลี่ย (ซม./ต้น) ความกว้าง	ความยาว
ปลูกเชื้อรา	ไม่ใส่	sodium	0	7.72s	6.20a	3.84r	3.78s
Pythium		silicate	250	14.04pq	6.20a	6.70o-q	7.60n-q
aphanidermatum			500	11.66qr	6.20a	6.32q	6.14qr
		potassium	0	7.72s	6.20a	3.84r	3.78s
		silicate	250	13.94pq	6.20a	7.42n-q	7.42o-q
			500	10.04rs	6.20a	6.24q	5.26rs
		ไฟตอน	0	7.72s	6.20a	3.84r	3.78s
			250	14.66o-q	6.20a	7.78k-q	8.50k-p
			500	14.06pq	6.20a	7.62m-q	7.84m-q
	product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium	0	18.94b-n	6.60a	9.82a-k	10.20a-k
		silicate	250	18.20e-o	6.60a	9.64a-l	9.58c-m
			500	16.28j-p	6.40a	9.04b-n	9.40e-n
		potassium	0	18.94b-n	6.60a	9.82a-k	10.20a-k
		silicate	250	17.34h-p	6.40a	9.28a-n	9.50c-n
			500	15.76l-p	6.40a	8.50e-o	9.02h-o
		ไฟตอน	0	18.94b-n	6.60a	9.82a-k	10.20a-k
			250	20.16a-h	6.80a	10.46a-e	11.12a-f
			500	19.20a-l	6.80a	10.30a-g	10.46a-k
	product 2 (แบบหัวเชื้อ)	sodium	0	18.34e-o	6.60a	9.66a-l	9.94a-l
		silicate	250	17.50g-p	6.60a	9.58a-m	9.54c-n
			500	15.98l-p	6.40a	8.80d-n	9.04g-o
		potassium	0	18.34e-o	6.60a	9.66a-l	9.94a-l
		silicate	250	16.40i-p	6.40a	9.10b-n	9.48d-n
			500	15.24n-p	6.20a	8.16h-q	8.60j-p
		ไฟตอน	0	18.34e-o	6.60a	9.66a-l	9.94a-l
			250	19.88a-j	6.80a	10.30a-g	10.74a-i
			500	19.04b-m	6.60a	9.82a-k	10.20a-k
	ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium	0	18.50c-n	6.60a	9.78a-k	10.14a-k
		silicate	250	18.10f-o	6.60a	9.54a-m	9.54c-n
			500	16.06k-p	6.40a	9.02b-n	9.18f-o
		potassium	0	18.50c-n	6.60a	9.78a-k	10.14a-k
		silicate	250	17.18h-p	6.40a	9.14b-n	9.48d-n
			500	15.28m-p	6.40a	8.32g-p	8.74i-p
		ไฟตอน	0	18.50c-n	6.60a	9.78a-k	10.14a-k
			250	20.10a-i	6.80a	10.42a-f	11.06a-g
			500	19.14b-l	6.60a	9.86a-j	10.20a-k

ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง				การเจริญเติบโตของพืช			
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	ความสูงเฉลี่ย (ซม./ต้น)	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น)	ขนาดใบเฉลี่ย (ซม./ต้น)	
						ความกว้าง	ความยาว
ค่าเฉลี่ยการไม่ปลูกและปลูกเชื้อราสาเหตุโรค							
ไม่ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*				20.22a	6.47a	9.59a	10.52a
ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*				16.27b	6.47a	8.63b	8.88b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์							
ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์				13.97b	6.20b	6.85b	7.31b
product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)				19.88a	6.58a	9.97a	10.60a
product 2 (แบบหัวเชื้อ)				19.47a	6.53a	9.76a	10.40a
ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)				19.67a	6.56a	9.85a	10.49a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน							
sodium silicate				17.99b	6.45ab	8.95b	9.53b
potassium silicate				17.51b	6.38b	8.77b	9.34b
ไฟตอน				19.24a	6.57a	9.61a	10.24a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น							
0				18.10b	6.50a	8.84b	9.39b
250				18.96a	6.50a	9.50a	10.22a
500				17.68b	6.40a	9.00b	9.50b
C.V. (%)				13.02	9.43	14.08	13.10
การปลูกเชื้อราสาเหตุโรค (A)				***	ns	***	***
ชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (B)				***	***	***	***
ชนิดสารละลายซิลิคอน (C)				***	ns	***	***
ระดับความเข้มข้น (D)				***	ns	***	***
A x B				*	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				***	ns	***	***
C X D				***	ns	**	**
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

ตารางที่ 4.16 การเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) [ความสูงต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น), จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น) และขนาดใบเฉลี่ย (ความกว้างและความยาว) (เซนติเมตร/ใบ)] ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ไม่ปลูกและปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 28 วัน

ปัจจัยการทดลอง				การเจริญเติบโตของพืช			
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	ความสูงเฉลี่ย (ซม./ต้น)	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น)	ขนาดใบเฉลี่ย (ซม./ต้น) ความกว้าง	ความยาว
ไม่ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*	ไม่ใส่	sodium silicate	0	19.26m-p[1/]	8.20a	9.96k-n	9.58j-l
			250	22.48f-m	8.20a	10.98d-m	13.22a-g
			500	21.34h-n	8.20a	10.28h-n	10.64g-k
		potassium silicate	0	19.26m-p	8.20a	9.96k-n	9.58j-l
			250	22.24f-n	8.20a	10.62f-m	12.78b-h
			500	20.72i-o	8.20a	10.16i-n	10.62g-k
		ไฟตอน	0	19.26m-p	8.20a	9.96k-n	9.58j-l
			250	24.34c-l	8.20a	11.88a-l	13.44a-f
			500	24.22c-l	8.20a	11.86b-l	13.38a-g
	product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	28.86a-c	8.60a	13.82a-e	15.08a-c
			250	28.32a-c	8.60a	13.38a-f	14.78a-d
			500	27.08a-f	8.40a	12.88a-l	14.14a-f
		potassium silicate	0	28.86a-c	8.60a	13.82a-e	15.08a-c
			250	28.18a-d	8.40a	13.10a-j	14.54a-d
			500	26.02a-h	8.40a	10.56f-n	13.82a-f
		ไฟตอน	0	28.86a-c	8.60a	13.82a-e	15.08a-c
			250	30.20a	8.80a	14.86a	15.72a
			500	29.38ab	8.80a	14.20a-c	15.20ab
	product 2 (แบบหัวเชื้อ)	sodium silicate	0	28.68a-c	8.60a	13.52a-f	14.88a-d
			250	28.24a-c	8.60a	13.22a-h	14.68a-d
			500	26.56a-i	8.40a	12.58a-l	13.98a-f
		potassium silicate	0	28.68a-c	8.60a	13.52a-f	14.88a-d
			250	28.00a-e	8.40a	12.90a-k	14.26a-e
			500	25.28a-j	8.20a	12.08a-l	13.58a-f
		ไฟตอน	0	28.68a-c	8.60a	13.52a-f	14.88a-d
			250	29.38ab	8.80a	14.38ab	15.42ab
			500	28.94a-c	8.60a	13.92a-d	15.10a-c
	ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	28.84a-c	8.60a	13.54a-f	14.92a-d
			250	28.26a-c	8.60a	13.30a-g	14.68a-d
			500	26.78a-f	8.40a	12.70a-l	14.02a-f
		potassium silicate	0	28.84a-c	8.60a	13.54a-f	14.92a-d
			250	28.14a-d	8.40a	13.00a-j	14.32a-e
			500	25.56a-g	8.40a	12.48a-l	13.68a-f
		ไฟตอน	0	28.84a-c	8.60a	13.54a-f	14.92a-d
			250	29.74a	8.80a	14.58ab	15.70a
			500	28.96a-c	8.60a	14.16a-c	15.12a-c

ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง				การเจริญเติบโตของพืช			
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	ความสูงเฉลี่ย (ซม./ต้น)	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น)	ขนาดใบเฉลี่ย (ซม./ต้น) ความกว้าง	ความยาว
ปลูกเชื้อรา	ไม่ใส่	sodium	0	14.94p	8.20a	5.10o	6.02m
Pythium		silicate	250	18.70m-p	8.20a	10.02k-n	10.16h-l
aphanidermatum			500	17.54n-p	8.20a	8.32mn	8.18k-m
		potassium	0	14.94p	8.20a	5.10o	6.02m
		silicate	250	18.58m-p	8.20a	9.94l-n	9.90i-l
			500	16.32op	8.20a	7.80n	7.98lm
		ไฟตอน	0	14.94p	8.20a	5.10o	6.02m
			250	19.56l-p	8.20a	10.38g-n	11.32f-j
			500	18.74m-p	8.20a	10.14j-n	10.42h-l
	product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium	0	25.26a-j	8.60a	13.08a-j	13.56a-f
		silicate	250	24.28c-l	8.60a	12.82a-l	12.68b-h
			500	21.72g-n	8.40a	12.04a-l	12.56b-i
		potassium	0	25.26a-j	8.60a	13.08a-j	13.56a-f
		silicate	250	23.14e-m	8.40a	12.36a-l	12.68b-h
			500	21.02i-n	8.40a	11.34c-l	12.06d-j
		ไฟตอน	0	25.26a-j	8.60a	13.08a-j	13.56a-f
			250	26.90a-f	8.80a	13.94a-d	14.84a-d
			500	25.62a-i	8.80a	13.72a-e	13.94a-f
	product 2 (แบบหัวเชื้อ)	sodium	0	24.46b-k	8.60a	12.88a-l	13.20a-g
		silicate	250	23.28d-m	8.60a	12.70a-l	12.66b-h
			500	21.36h-n	8.40a	11.74b-l	12.06d-j
		potassium	0	24.46b-k	8.60a	12.88a-l	13.20a-g
		silicate	250	21.84g-n	8.40a	12.14a-l	12.64b-h
			500	20.30k-o	8.20a	10.88e-m	11.48e-j
		ไฟตอน	0	24.46b-k	8.60a	12.88a-l	13.20a-g
			250	26.52a-g	8.80a	13.72a-e	14.28a-e
			500	25.40a-i	8.60a	13.10a-j	13.64a-f
	ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium	0	24.66b-k	8.60a	12.98a-j	13.50a-f
		silicate	250	24.12c-l	8.60a	12.80a-l	12.68b-h
			500	21.44h-n	8.40a	12.02a-l	12.26c-j
		potassium	0	24.66b-k	8.60a	12.98a-j	13.50a-f
		silicate	250	22.88f-m	8.40a	12.22a-l	12.64b-h
			500	20.40j-o	8.40a	11.06d-m	11.66e-j
		ไฟตอน	0	24.66b-k	8.60a	12.98a-j	13.50a-f
			250	26.82a-f	8.80a	13.86a-e	14.72a-d
			500	25.50a-i	8.60a	13.12a-i	13.64a-f

ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง				การเจริญเติบโตของพืช			
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	ความสูงเฉลี่ย (ซม./ต้น)	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น)	ขนาดใบเฉลี่ย (ซม./ต้น) ความกว้าง	ความยาว
ค่าเฉลี่ยการไม่ปลูกและปลูกเชื้อราสาเหตุโรค							
ไม่ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*				26.54a	8.47a	12.68a	13.89a
ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*				22.22b	8.47a	11.51b	11.94b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์							
ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์				19.30b	8.20b	9.31b	9.94b
product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)				26.35a	8.58a	13.11a	14.05a
product 2 (แบบหัวเชื้อ)				25.81a	8.53a	12.92a	13.78a
ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)				26.06a	8.56a	13.05a	13.91a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน							
sodium silicate				24.02b	8.45ab	11.94b	12.67b
potassium silicate				23.48b	8.38b	11.56b	12.47b
ไฟตอน				25.63a	8.57a	12.78a	13.61a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น							
0				24.37b	8.50a	11.86b	12.59b
250				25.17a	8.50a	12.63a	13.53a
500				23.59b	8.40a	11.80b	12.63b
	C.V. (%)			12.77	7.21	15.31	13.87
	การปลูกเชื้อราสาเหตุโรค (A)			***	ns	***	***
	ชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (B)			***	***	***	***
	ชนิดสารละลายซิลิคอน (C)			***	ns	***	***
	ระดับความเข้มข้น (D)			***	ns	***	***
	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			***	ns	***	***
	C X D			**	ns	**	**
	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

ตารางที่ 4.17 การเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) [ความสูงต้นเฉลี่ย (เซนติเมตร/ต้น), จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น) และขนาดใบเฉลี่ย (ความกว้างและความยาว) (เซนติเมตร/ใบ)] ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ไม่ปลูกและปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่พืชอายุ 35 วัน (วันเก็บเกี่ยวผลผลิต)

ปัจจัยการทดลอง				การเจริญเติบโตของพืช			
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	ความสูงเฉลี่ย (ซม./ต้น)	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น)	ขนาดใบเฉลี่ย (ซม./ต้น) ความกว้าง	ความยาว
ไม่ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*	ไม่ใส่	sodium silicate	0	33.86b-k	8.20c	14.58d-j	14.22e-i
			250	35.74a-j	8.80a-c	15.36b-j	16.28b-h
			500	34.68a-k	8.60a-c	15.16c-j	15.96b-h
		potassium silicate	0	33.86b-k	8.20c	14.58d-j	14.22e-i
			250	35.50a-j	8.80a-c	15.28b-j	16.12b-h
			500	34.26a-k	8.40bc	15.00b-i	15.82b-h
		ไฟตอน	0	33.86b-k	8.20c	14.58d-j	14.22e-i
			250	36.06a-j	9.00a-c	15.52c-j	16.42a-h
			500	35.86a-j	9.00a-c	15.50b-i	16.30a-h
	product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	39.50a-e	10.00ab	17.08a-g	17.86a-f
			250	38.42a-f	9.60a-c	16.70a-h	17.54a-g
			500	36.96a-j	9.40a-c	16.36a-h	16.74a-g
		potassium silicate	0	39.50a-e	10.00ab	17.08a-g	17.86a-f
			250	38.04a-f	9.60a-c	16.44a-h	17.12a-g
			500	36.74a-j	9.20a-c	16.06b-h	16.58a-h
		ไฟตอน	0	39.50a-e	10.00ab	17.08a-g	17.86a-f
			250	42.24a	10.20a	19.22a	20.30a
			500	40.82a-c	10.00ab	17.44a-d	18.68a-c
	product 2 (แบบหัวเชื้อ)	sodium silicate	0	38.96a-e	9.80a-c	16.76a-g	17.68a-g
			250	38.18a-f	9.60a-c	16.50a-h	17.26a-g
			500	36.76a-j	9.20c	16.08b-h	16.58a-h
		potassium silicate	0	38.96a-e	9.80a-c	16.76a-g	17.68a-g
			250	37.12a-h	9.40a-c	16.38a-h	16.86a-g
			500	36.20a-j	9.20c	15.54b-i	16.44a-h
		ไฟตอน	0	38.96a-e	9.80a-c	16.76a-g	17.68a-g
			250	41.24a-c	10.00ab	17.86a-c	19.02a-c
			500	39.56a-d	10.00ab	17.18a-f	18.16a-f
	ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	38.96a-e	10.00ab	16.98a-g	17.74a-f
			250	38.22a-f	9.60a-c	16.52a-h	17.38a-g
			500	36.80a-j	9.40a-c	16.08b-h	16.74a-g
		potassium silicate	0	38.96a-e	10.00ab	16.98a-g	17.74a-f
			250	37.64a-g	9.60a-c	16.40a-h	16.98a-g
			500	36.26a-j	9.20a-c	16.06b-h	16.46a-h
		ไฟตอน	0	38.96a-e	10.00ab	16.98a-g	17.74a-f
			250	41.72a-b	10.20a	18.22ab	19.76ab
			500	39.88a-d	10.00ab	17.42a-e	18.40a-d

ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง				การเจริญเติบโตของพืช			
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	ความสูงเฉลี่ย (ซม./ต้น)	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น)	ขนาดใบเฉลี่ย (ซม./ต้น) ความกว้าง	ความยาว
ปลูกเชื้อรา	ไม่ใส่	sodium	0	22.92l	8.20c	9.38k	11.10i
Pythium		silicate	250	28.88j-l	8.80a-c	14.12g-j	14.62d-i
aphanidermatum			500	27.40kl	8.40bc	12.84ij	13.68g-i
		potassium	0	22.92l	8.20c	9.38k	11.10i
		silicate	250	28.86j-l	8.60a-c	13.72h-j	14.14f-i
			500	27.22kl	8.40bc	12.50j	12.80h-i
		ไฟตอน	0	22.92l	8.20c	9.38k	11.10i
			250	29.22h-l	9.00a-c	14.40e-j	15.24c-h
			500	28.90i-l	9.00a-c	14.26f-j	15.06c-h
	product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium	0	35.68a-j	9.60a-c	16.60a-h	17.38a-g
		silicate	250	34.32a-k	9.40a-c	16.14b-h	16.98a-g
			500	32.44d-k	9.20a-c	15.10c-j	16.10b-h
		potassium	0	35.68a-j	9.60a-c	16.60a-h	17.38a-g
		silicate	250	34.24a-k	9.40a-c	15.26b-j	16.84a-g
			500	31.28e-k	9.00a-c	14.84c-j	15.48c-h
		ไฟตอน	0	35.68a-j	9.60a-c	16.60a-h	17.38a-g
			250	38.60a-f	10.00ab	17.40a-e	18.98a-c
			500	37.26a-h	9.80a-c	17.10a-g	18.12a-f
	product 2 (แบบหัวเชื้อ)	sodium	0	34.32a-k	9.40a-c	16.20b-h	17.12a-g
		silicate	250	34.28a-k	9.40a-c	15.88b-h	16.86a-g
			500	31.86d-k	9.00a-c	15.00c-j	15.58c-h
		potassium	0	34.32a-k	9.40a-c	16.20b-h	17.12a-g
		silicate	250	33.32c-k	9.20a-c	15.14c-j	16.44a-h
			500	29.58g-l	9.00a-c	14.44d-j	15.36c-h
		ไฟตอน	0	34.32a-k	9.40a-c	16.20b-h	17.12a-g
			250	37.34a-h	9.80a-c	17.36a-e	18.20a-e
			500	36.02a-j	9.60a-c	16.62a-h	17.66a-g
	ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium	0	34.82a-k	9.60a-c	16.28a-h	17.36a-g
		silicate	250	34.32a-k	9.40a-c	15.92b-h	16.96a-g
			500	31.92d-k	9.20a-c	15.06c-j	15.94b-h
		potassium	0	34.82a-k	9.60a-c	16.28a-h	17.36a-g
		silicate	250	34.18a-k	9.20a-c	15.20c-j	16.68a-h
			500	30.56f-k	9.00a-c	14.18f-j	15.40c-h
		ไฟตอน	0	34.82a-k	9.60a-c	16.28a-h	17.36a-g
			250	38.30a-f	9.80a-c	17.38a-e	18.60a-d
			500	37.06a-i	9.60a-c	17.06a-g	18.04a-f

ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง				การเจริญเติบโตของพืช			
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	ความสูงเฉลี่ย (ซม./ต้น)	จำนวนใบเฉลี่ย (ใบ/ต้น)	ขนาดใบเฉลี่ย (ซม./ต้น) ความกว้าง	ความยาว
ค่าเฉลี่ยการไม่ปลูกและปลูกเชื้อราสาเหตุโรค							
ไม่ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*				37.74a	9.44a	16.40a	17.12a
ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*				32.52b	9.21b	15.06b	16.07b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์							
ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์				30.72b	8.56b	13.64b	14.36b
product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)				37.05a	9.64a	16.62a	17.51a
product 2 (แบบหัวเชื้อ)				36.18a	9.50a	16.27a	17.16a
ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)				36.57a	9.61a	16.40a	17.37a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน							
sodium silicate				34.59b	9.24b	15.53b	16.32b
potassium silicate				34.17b	9.17b	15.26b	16.08b
ไฟตอน				36.63a	9.58a	16.41a	17.39a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น							
0				34.88ab	9.35a	15.48b	16.31b
250				36.08a	9.43a	16.18a	17.15a
500				34.43b	9.20a	15.54b	16.34b
	C.V. (%)			14.48	11.78	11.84	14.90
	การปลูกเชื้อราสาเหตุโรค (A)			***	*	***	***
	ชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (B)			***	***	***	***
	ชนิดสารละลายซิลิคอน (C)			***	**	***	***
	ระดับความเข้มข้น (D)			*	ns	**	*
	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			ns	ns	***	**
	C X D			ns	ns	*	ns
	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

วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) พบว่า การปลูกเชื้อราสาเหตุโรค ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ชนิดของสารละลายซิลิคอน และระดับความเข้มข้นไม่มีปฏิสัมพันธ์กัน แต่พบว่าชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์และระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน ชนิดของสารละลายซิลิคอนและระดับความเข้มข้น มีอิทธิพลต่อผลผลิตทั้งทางด้านน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ต้นและราก) ของคะน้าเห็ดหอมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมทั้งพบว่าการปลูกเชื้อราสาเหตุโรคและชนิดของสารละลายซิลิคอน มีอิทธิพลต่อผลผลิตทางด้านน้ำหนักสด (ต้นและราก) และน้ำหนักแห้ง (ต้น) ของคะน้าเห็ดหอมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ การปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* มีผลผลิตทั้งทางด้านน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ต้นและราก) ของคะน้าเห็ดหอมน้อยไม่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) มีผลผลิตทั้งทางด้านน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ต้นและราก) ของคะน้าเห็ดหอมมากกว่าดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ตามลำดับ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ร่วมกับไฟตอน มีผลผลิตทั้งทางด้านน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ต้นและราก) ของคะน้าเห็ดหอมมากกว่า sodium silicate และ potassium silicate อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ร่วมกับสารละลายซิลิคอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลผลิตทั้งทางด้านน้ำหนักสด (ต้นและราก) และน้ำหนักแห้ง (ต้น) ของคะน้าเห็ดหอมมากกว่าการใช้ร่วมกันที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm และไม่ใส่สารละลายซิลิคอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ กล่าวคือ ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* แต่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารละลายซิลิคอน พบว่ามีผลผลิตทั้งทางด้านน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ต้นและราก) ของคะน้าเห็ดหอมน้อยที่สุด (72.90, 3.44, 4.620 และ 0.366 กรัม/ต้น ตามลำดับ) ในขณะที่การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลผลิตทั้งทางด้านน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ต้นและราก) ของคะน้าเห็ดหอมมากที่สุด (178.54, 12.96, 11.320 และ 0.970 กรัม/ต้น ตามลำดับ) แต่ไม่แตกต่างกับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm (162.44, 11.86, 10.300 และ 0.942 กรัม/ต้น ตามลำดับ) ส่วนในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* พบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของต้นคะน้าเห็ดหอมดีกว่า แต่ไม่แตกต่างกับสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (182.82 และ 11.600 กรัม/ต้น) และพบว่ามีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของรากคะน้าเห็ดหอมมากกว่าสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (14.86 และ 1.158 กรัม/ต้น) (ตารางที่ 4.18 และภาพที่ 4.51-4.58)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ต้นและราก) ของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่และใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ 3 ชนิด [เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ) และดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)] และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) ไม่ปลูกและปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน)

ปัจจัยการทดลอง				น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ต้น)			
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	น้ำหนักสด		น้ำหนักแห้ง	
				ต้น	ราก	ต้น	ราก
ไม่ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*	ไม่ใส่	sodium silicate	0	119.00o-v[ns]	8.84s-v	7.620l-r	0.562u
			250	157.24a-m	10.02o-t	9.980a-j	0.880f-p
			500	140.06f-t	9.80p-t	8.880e-p	0.854j-p
		potassium silicate	0	119.00o-v	8.84s-v	7.620l-r	0.562u
			250	149.22c-o	9.72p-t	9.440c-m	0.848k-p
			500	136.32i-t	9.32q-u	8.580h-q	0.822n-s
		ไฟตอน	0	119.00o-v	8.84s-v	7.620l-r	0.562u
			250	164.06a-i	14.26a-e	10.340a-h	0.982c-g
			500	156.82a-m	13.12c-h	9.900a-j	0.926d-n
	product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	186.44a	13.72a-f	11.780a	1.094ab
			250	150.56c-n	13.00d-h	9.540c-l	0.986c-f
			500	147.92d-o	12.30g-k	9.380c-n	0.964d-j
		potassium silicate	0	186.44a	13.72a-f	11.780a	1.094ab
			250	149.32c-o	12.66f-j	9.500c-l	0.978c-g
			500	144.88d-r	12.22g-k	9.180d-o	0.940d-m
		ไฟตอน	0	186.44a	13.72a-f	11.780a	1.094ab
			250	182.82ab	14.86a	11.600ab	1.158a
			500	170.04a-f	14.42a-c	10.800a-e	1.080a-c
	product 2 (แบบหัวเชื้อ)	sodium silicate	0	152.42c-n	12.92e-i	9.640b-k	0.974c-h
			250	148.60c-o	11.32j-o	9.440c-m	0.918d-n
			500	138.02h-t	10.58l-q	8.740g-p	0.876f-p
		potassium silicate	0	152.42c-n	12.92e-i	9.640b-k	0.974c-h
			250	144.40e-r	11.06k-p	9.160d-o	0.894f-p
			500	134.12i-u	10.10n-s	8.500h-q	0.852j-p
		ไฟตอน	0	152.42c-n	12.92e-i	9.640b-k	0.974c-h
			250	175.18a-d	14.46a-c	11.140a-d	1.032b-d
			500	169.58a-g	13.50b-g	10.760a-f	0.982c-g
	ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium silicate	0	160.74a-k	13.18c-h	10.200a-i	0.980c-g
			250	157.42a-l	12.66f-j	9.960a-j	0.948d-k
			500	150.80c-n	12.18g-k	9.560c-l	0.910e-o
		potassium silicate	0	160.74a-k	13.18c-h	10.200a-i	0.980c-g
			250	152.24c-n	12.46f-j	9.620c-l	0.936d-n
			500	148.92c-o	11.58i-m	9.420c-m	0.902e-p
		ไฟตอน	0	160.74a-k	13.18c-h	10.200a-i	0.980c-g
			250	178.82a-c	14.72ab	11.340a-c	1.102ab
			500	174.34a-e	14.34a-d	11.080a-d	1.012b-e

ต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง				น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ต้น)			
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	น้ำหนักสด		น้ำหนักแห้ง	
				ต้น	ราก	ต้น	ราก
ปลูกเชื้อรา	ไม่ใส่	sodium	0	72.90w	3.44[b]	4.620s	0.366v
Pythium		silicate	250	122.08n-v	6.40y-[a]	7.740k-r	0.736q-t
aphanidermatum			500	113.36s-v	5.62[a]	7.200o-r	0.716st
		potassium	0	72.90w	3.44[b]	4.620s	0.366v
		silicate	250	114.58r-v	6.28z[a]	7.240o-r	0.728r-t
			500	102.62v	5.56[a]	6.520r	0.704t
		ไฟตอน	0	72.90w	3.44[b]	4.620s	0.366v
			250	145.98d-q	9.74p-t	9.280d-n	0.868g-p
			500	137.68h-t	9.20q-u	8.760f-p	0.824n-r
	product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium	0	157.80a-l	10.72l-p	10.020a-j	0.984c-f
		silicate	250	145.74d-q	8.94r-v	9.260d-n	0.862h-p
			500	132.16j-u	8.88s-v	8.380h-r	0.826m-r
		potassium	0	157.80a-l	10.72l-p	10.020a-j	0.984c-f
		silicate	250	130.42k-v	8.90s-v	8.240i-r	0.852j-p
			500	126.54m-v	8.66t-v	8.060j-r	0.828l-r
		ไฟตอน	0	157.80a-l	10.72l-p	10.020a-j	0.984c-f
			250	178.54a-c	12.96e-h	11.320a-c	0.970c-i
			500	167.46a-h	11.40j-n	10.620a-g	0.924d-n
	product 2 (แบบหัวเชื้อ)	sodium	0	138.26h-t	8.20u-w	8.760f-p	0.858i-p
		silicate	250	128.62l-v	6.80x-[a]	8.160j-r	0.844k--q
			500	110.68t-v	6.26z[a]	7.020p-r	0.792p-t
		potassium	0	138.26h-t	8.20u-w	8.760f-p	0.858i-p
		silicate	250	117.36p-v	6.48y-[a]	7.440m-r	0.794p-t
			500	105.84uv	5.70[a]	6.720q-r	0.726r-t
		ไฟตอน	0	138.26h-t	8.20u-w	8.760f-o	0.858i-p
			250	147.76d-p	10.32m-r	9.360c-n	0.892f-p
			500	138.92g-t	9.84p-t	8.820e-p	0.856i-p
	ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)	sodium	0	142.48f-s	9.20q-u	9.040e-o	0.874f-p
		silicate	250	133.54i-u	7.80v-x	8.480h-q	0.854j-p
			500	127.44l-v	7.22w-z	8.080j-r	0.822n-s
		potassium	0	142.48f-s	9.20q-u	9.040e-o	0.874f-p
		silicate	250	129.40l-v	7.60v-y	8.180i-r	0.838k-q
			500	116.72q-v	7.12w-z	7.400n-r	0.796o-t
		ไฟตอน	0	142.48f-s	9.20q-u	9.040e-o	0.874f-p
			250	162.44a-j	11.86h-l	10.300a-h	0.942d-l
			500	156.08b-m	10.16n-s	9.900a-j	0.896f-p

ต่อ

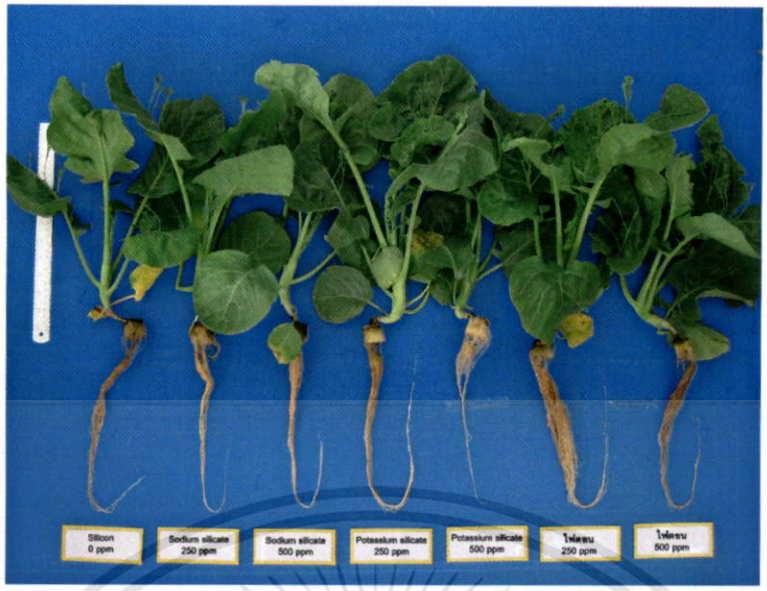
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 (ต่อ)

ปัจจัยการทดลอง				น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม/ต้น)			
จุลินทรีย์สาเหตุโรค	จุลินทรีย์ปฏิปักษ์	สารละลายซิลิคอน	ระดับความเข้มข้น (ppm)	น้ำหนักสด		น้ำหนักแห้ง	
				ต้น	ราก	ต้น	ราก
ค่าเฉลี่ยการไม่ปลูกและปลูกเชื้อราสาเหตุโรค							
ไม่ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*				154.93a	12.24a	9.821a	0.934a
ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum*				131.29b	8.18b	8.328b	0.809b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์							
ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์				123.10d	8.10d	7.810d	0.704d
product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย)				158.84a	11.81a	10.071a	0.978a
product 2 (แบบหัวเชื้อ)				140.62c	9.99c	8.914c	0.886c
ดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย)				149.88b	10.94b	9.502b	0.918b
ค่าเฉลี่ยในแต่ละชนิดสารละลายซิลิคอน							
sodium silicate				138.93b	9.58b	8.812b	0.853b
potassium silicate				134.71b	9.40b	8.537b	0.839b
ไฟตอน				155.69a	11.64a	9.875a	0.922a
ค่าเฉลี่ยในแต่ละระดับความเข้มข้น							
0				141.26b	10.03b	8.960b	0.837c
250				148.60a	10.64a	9.419a	0.910a
500				139.47b	9.96b	8.844b	0.868b
C.V. (%)				13.43	8.97	13.86	8.36
การปลูกเชื้อราสาเหตุโรค (A)				***	***	***	***
ชนิดจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ (B)				***	***	***	***
ชนิดสารละลายซิลิคอน (C)				***	***	***	***
ระดับความเข้มข้น (D)				***	***	**	***
A x B				*	***	*	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.

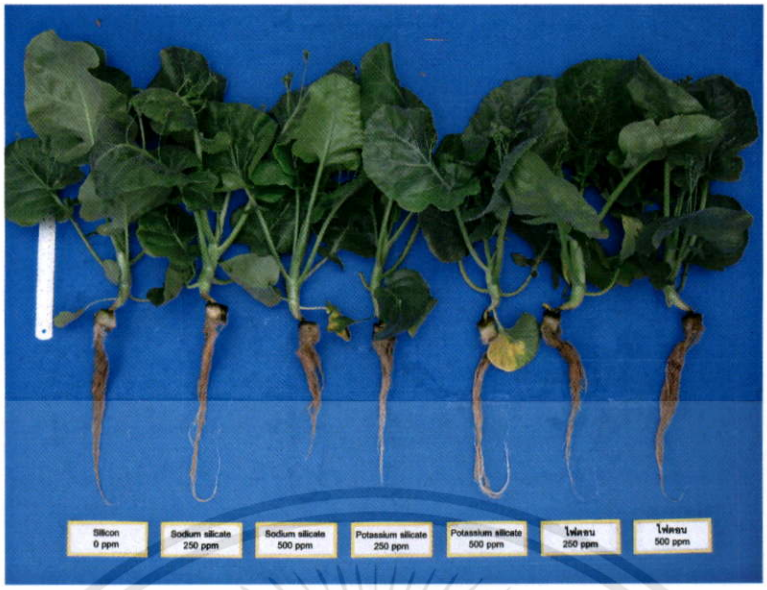
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



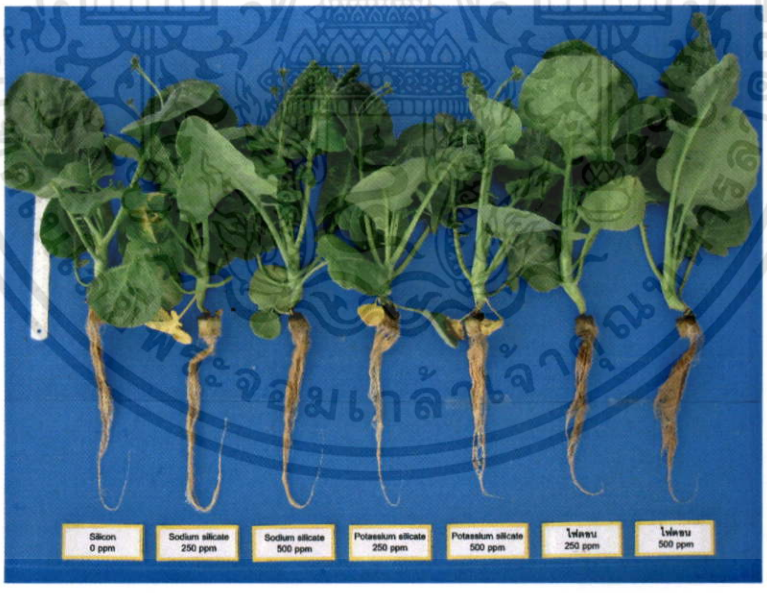
ภาพที่ 4.51 ลักษณะต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และไม่ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน)

ภาพที่ 4.52 ลักษณะต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และไม่ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

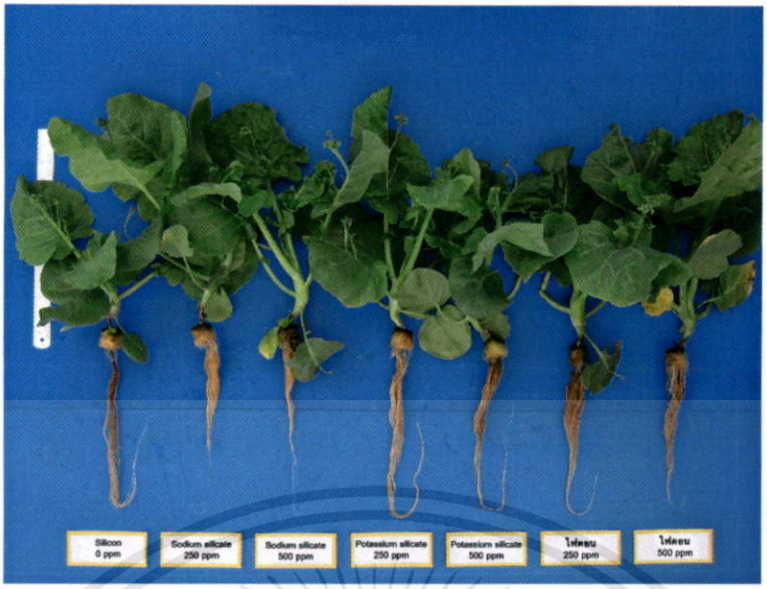


ภาพที่ 4.53 ลักษณะต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 2 (แบบหัวเชื้อ) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และไม่ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน)

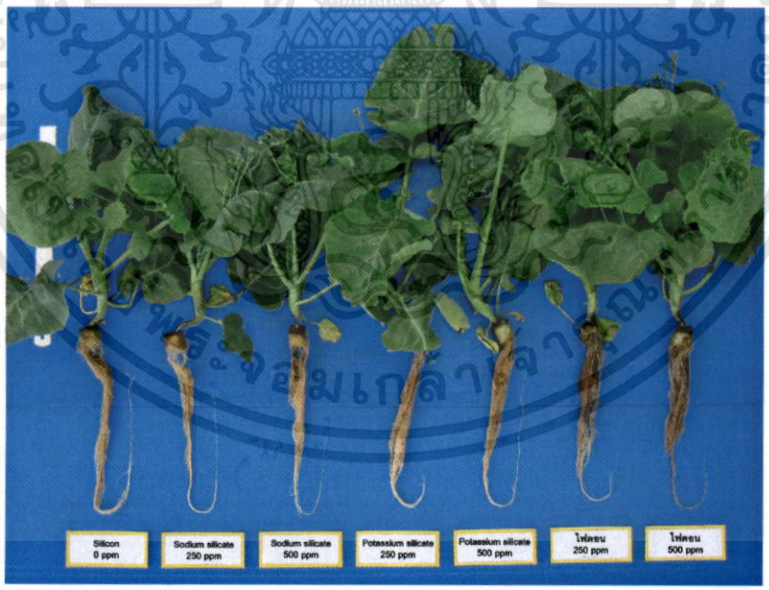


ภาพที่ 4.54 ลักษณะต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และไม่ปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

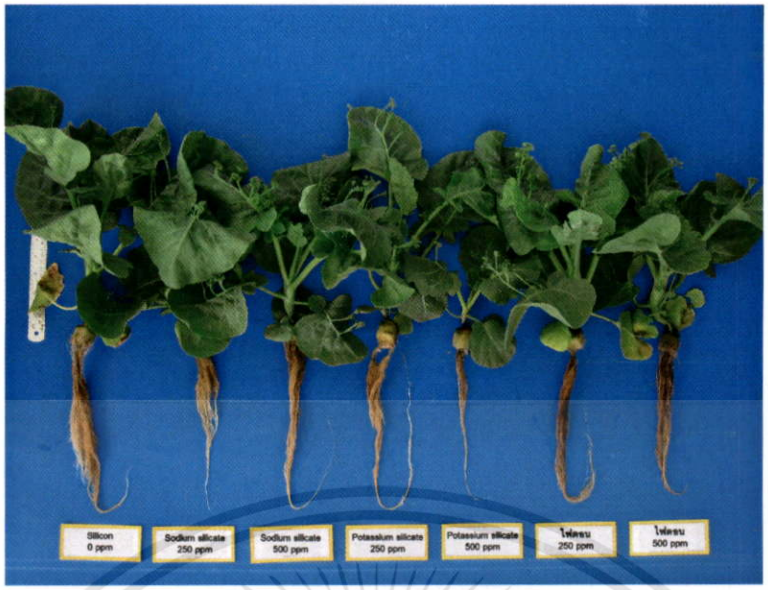


ภาพที่ 4.55 ลักษณะต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน)

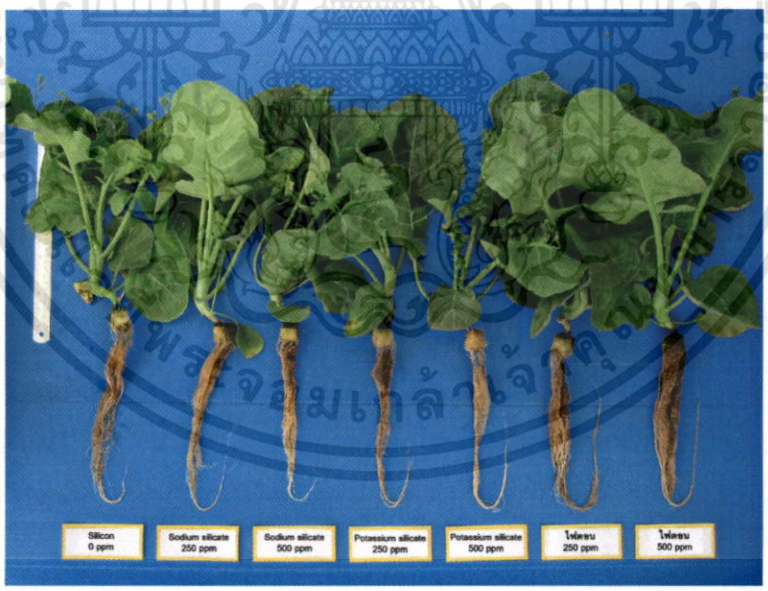


ภาพที่ 4.56 ลักษณะต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.57 ลักษณะต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 2 (แบบหัวเชื้อ) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน)



ภาพที่ 4.58 ลักษณะต้นและรากของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่เชื้อรา *Trichoderma harzianum* จากดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) และใส่สารละลายซิลิคอน 3 ชนิด (sodium silicate, potassium silicate และไฟตอน) 3 ระดับความเข้มข้น (0, 250 และ 500 ppm) และปลูกเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในระบบ deep flow technique ที่วันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการศึกษาในสภาพห้องปฏิบัติการ ถึงอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ พบว่า นอกจากสารละลายซิลิคอนจะมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยและการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. aphanidermatum* แล้ว ยังพบว่ามีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยและการสร้าง conidia ของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ด้วย อาจจะมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงของค่า pH ในอาหาร PDA เป็นด่างมากขึ้น ทำให้ไม่เหมาะต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* และเชื้อรา *T. harzianum* สอดคล้องกับกับรายงานของ Kaiser *et al.* (2005) กล่าวว่า การใส่ potassium silicate (SiO_2 20.7 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณ 5, 10 และ 20 มล. ผสมอาหารเลี้ยงเชื้อ 1 ลิตร สามารถยับยั้งการเจริญเติบเติบโตของเชื้อรา *Pythium* group F ได้ และพบว่าค่า pH ของอาหารเลี้ยงเชื้อเปลี่ยนแปลงจาก 5.6 (ไม่ใส่สารละลายซิลิคอน) เป็น 10.3, 10.7 และ 11.2 ตามลำดับ ซึ่งความสามารถในการยับยั้งการเจริญเติบโตจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณการใช้สารละลายซิลิคอน

ดังนั้น การนำสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์มาใช้ควบคุมเชื้อรา *P. aphanidermatum* ต้องเลือกระดับความเข้มข้นของสารละลายซิลิคอน ที่มีอิทธิพลในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* แต่มีอิทธิพลน้อยที่สุดในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *T. harzianum* คือ ระดับความเข้มข้น 250 และ 500 ppm

แต่อย่างไรก็ตาม การศึกษาอิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* พบว่า การใช้เชื้อรา *T. harzianum* มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ดีกว่าการใช้ร่วมกับสารละลายซิลิคอน เนื่องจากสารละลายซิลิคอนมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *T. harzianum* มากกว่าเชื้อรา *P. aphanidermatum* ดังนั้นเมื่อมีการใช้ร่วมกัน พบว่าสารละลายซิลิคอนจะมีผลลดศักยภาพของเชื้อรา *T. harzianum* ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ส่วนการใช้เชื้อรา *T. harzianum* ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 และ 500 ppm มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ดีเทียบเท่ากับการใช้เชื้อรา *T. harzianum* อย่างเดียว

ผลการศึกษา การนำชีวผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคของพืชที่ปลูกในดินและมีขายในท้องตลาดของประเทศไทยจำนวน 3 รูปแบบ คือ เชื้อรา *T. harzianum* จากชีวผลิตภัณฑ์แบบสปอร์แขวนลอย, แบบหัวเชื้อ, แบบผง และเชื้อรา *T. harzianum* จากดินเกษตรกรรม มาศึกษาความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique (DFT) โดยทำการทดสอบกับคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) พบว่า จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทุกชนิดนอกจากจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ในสารละลายธาตุอาหาร (เป็นระยะเวลา 22 วัน) แล้ว ยังพบว่าสามารถเจริญเข้าครอบครองบริเวณรากพืชได้ สอดคล้องกับรายงานของฐิติกร ปริยาพร และถนิมนันต์ เจนอักษร (2550) กล่าวว่า การนำชีวผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคของพืชที่ปลูกในดิน และมีขายในท้องตลาดของประเทศไทยจำนวน 2 ชนิด คือ เชื้อแบคทีเรีย *B. subtilis* จากชีวผลิตภัณฑ์แบบผง, เชื้อรา *T. harzianum* จากชีวผลิตภัณฑ์แบบผง และเชื้อรา *T. citrinoviride* จากดินเกษตรกรรม มาใส่ลงในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ (*Brassica campestris* L. var. *chinensis*) ในระบบ DFT พบว่า เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์และเชื้อราปฏิปักษ์ นอกจากจะสามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ในสารละลายธาตุอาหาร (เป็นระยะเวลา 15 วัน) แล้ว ยังพบว่าสามารถเจริญเข้าครอบครองบริเวณรากพืชได้ และสอดคล้องกับรายงานของ Yedidia *et al.* (1999) กล่าวว่า การใส่เชื้อรา *T. harzianum* T-203 (10^5 germinated spores/ml) ลงในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกแตง (*Cucumis sativus* L.) ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน พบว่า เส้นใยของเชื้อรา *T. harzianum* สามารถเจริญเข้าครอบครองบริเวณรากพืชได้ โดยแทงผ่านรากเข้าไปอยู่ในส่วนของ epidermis และ cortex ชั้นนอก ทำให้ epidermal และ cortical cell wall มีความแข็งแรงขึ้น

นอกจากนี้พบว่า รูปแบบชีวผลิตภัณฑ์ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช กล่าวคือ การใช้เชื้อรา *T. harzianum* แบบสปอร์แขวนลอย ไม่ว่าจะเป็นจากชีวผลิตภัณฑ์หรือดินเกษตรกรรม จะส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบ DFT แต่การใช้ชีวผลิตภัณฑ์แบบผง จะส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบดังกล่าว เนื่องจากองค์ประกอบของชีวผลิตภัณฑ์แบบผง เมื่อใส่ลงในระบบจะมีลักษณะเป็นเมือกวุ้นเกาะที่รากพืช ทำให้พืชไม่สามารถดูดน้ำและธาตุอาหารได้ แต่รายงานของฐิติกร ปริยาพร และถนิมนันต์ เจนอักษร (2550) กล่าวว่า ชนิดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช กล่าวคือ การใช้เชื้อราปฏิปักษ์ (*Trichoderma*) ไม่ว่าจะเป็นจากชีวผลิตภัณฑ์ (แบบผง) หรือดินเกษตรกรรม (แบบสปอร์แขวนลอย) จะส่งเสริมการเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ที่ปลูกในระบบ DFT ส่วนการใช้เชื้อแบคทีเรียปฏิปักษ์ (*B. subtilis*) มีการเจริญเติบโตของผักกาดขาวกวางตุ้งฮ่องเต้ไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองควบคุม ทั้งนี้จากผลการทดลองที่แตกต่างกัน น่าจะเป็นเพราะชีวผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในการทดลองเป็นคนละชนิดกัน และมีองค์ประกอบแตกต่างกัน ทำให้มีอิทธิพลต่อการเจริญเติบโตของพืชแตกต่างกันตามไปด้วย

ผลการศึกษา ความรุนแรงของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ในการทำให้เกิดโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบ DFT พบว่า มีระดับการเกิดโรครุนแรงสุด ที่ 5 วัน หลังจากปลูกเชื้อรา *P. aphanidermatum* ลงในระบบ (พืชอายุ 19 วัน) กล่าวคือ บริเวณปลายรากและโคนรากมีสีดำคล้ำอย่างชัดเจน เนื้อเยื่อมีอาการช้ำและยุบตัวลง แต่หลังจากนั้นระดับการเกิดโรคจะลดน้อยลง เนื่องจากสภาพแวดล้อมมีอุณหภูมิเหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชสามารถฟื้นตัวจากการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคได้อย่างรวดเร็ว โดยพืชงอกรากใหม่ทดแทนรากเก่าที่ถูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำลาย สอดคล้องกับรายงานของ Sutton (2006) กล่าวว่า ความรุนแรงของโรคที่เกิดจากเชื้อรา Pythium root rot ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เช่น ปัจจัยทางด้านรากพืช และสิ่งแวดล้อมที่รากพืช

ผลการศึกษา อิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *P. aphanidermatum* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบ DFT พบว่า การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับสารละลายซิลิคอน สามารถลดระดับการเกิดโรคและความสูญเสียของผลผลิตได้ โดยพบว่าการใช้เชื้อรา *T. harzianum* แบบสปอร์แขวนลอยร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm สามารถลดระดับการเกิดโรคและความสูญเสียของผลผลิตได้ดีที่สุด ซึ่งผลการทดลองไม่สอดคล้องกับในสภาพห้องปฏิบัติการ น่าจะมีสาเหตุมาจากไฟตอนมีผลส่งเสริมการเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบ DFT ทำให้พืชมีความแข็งแรง ไม่เหมาะต่อการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรค แต่ไม่ทราบถึงกลไกการทำงานของไฟตอนที่ชัดเจน จึงต้องทำการศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในอนาคต

และพบว่า การใช้จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ร่วมกับสารละลายซิลิคอน มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ทั้งในสารละลายธาตุอาหารและรากพืชได้ โดยพบว่า การใช้เชื้อรา *T. harzianum* แบบหัวเชื้อร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลลดปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากที่สุด ส่วนการใส่สารละลายซิลิคอน มีผลคงปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ได้ โดยพบว่าการใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. harzianum* แบบหัวเชื้อมากที่สุด ซึ่งผลการทดลองไม่สอดคล้องกับในสภาพห้องปฏิบัติการ ทั้งนี้การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินมีปัจจัยแวดล้อมมาเกี่ยวข้องมากมาย เช่น พืช อุณหภูมิสารละลายธาตุอาหาร อุณหภูมิในโรงเรือน ความชื้นสัมพัทธ์ ความเข้มแสง เป็นต้น รวมทั้งไม่ทราบกลไกการทำงานของซิลิคอนที่ชัดเจน ทำให้ไม่สามารถระบุบทบาทของสารละลายซิลิคอน ที่มีผลต่อปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* และเชื้อรา *T. harzianum* ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษา อิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า สารละลายซิลิคอนทุกชนิดมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทั้งทางด้านเส้นใยและการสร้าง sporangium ของเชื้อรา *P. aphanidermatum* โดยพบว่า potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากที่สุด และพบว่า potassium silicate และ sodium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm ไม่มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ส่วนไฟตอนมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยเชื้อรา *P. aphanidermatum* เล็กน้อย ที่ระดับความเข้มข้น 750 และ 1,000 ppm แต่ทุกระดับความเข้มข้นมีผลยับยั้งการสร้าง sporangium

จากการศึกษา อิทธิพลของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทั้ง 4 ชนิด ได้แก่ เชื้อรา *Trichoderma harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 2 (แบบหัวเชื้อ), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ โดยพบว่าเชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากที่สุด และพบว่าเชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 4 ชนิด มีคุณสมบัติ hyphal interference

จากการศึกษา อิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า สารละลายซิลิคอนทุกชนิดมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทั้งทางด้านเส้นใยและการสร้าง conidia ของเชื้อรา *T. harzianum* โดยพบว่า potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm มีผลยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *T. harzianum* มากที่สุด ส่วนไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm จึงมีผลยับยั้งการเจริญเติบโตทางเส้นใยของเชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย), product 3 (แบบผง) และดินเกษตรกรรม แต่ทุกระดับความเข้มข้นมีผลยับยั้งการสร้าง conidia

จากการศึกษา อิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ต่อการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการ พบว่า การใช้เชื้อรา *T. harzianum* มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากกว่าการใช้ร่วมกับสารละลายซิลิคอน กล่าวคือ การใช้เชื้อรา *T. harzianum* ที่แยกจาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) และการใช้ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P. aphanidermatum มากที่สุด และพบว่าเชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 4 ชนิด แม้ว่าจะเจริญบนอาหาร PDA ที่ผสมสารละลายซิลิคอน แต่ก็ยังคงมีคุณสมบัติ hyphal interference

จากการศึกษา ความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ deep flow technique (DFT) พบว่า เชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 4 ชนิด สามารถมีชีวิตอยู่รอดในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ได้ตลอดการทดลอง (เป็นระยะเวลา 22 วัน) และสามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ที่รากพืชปริมาณมากกว่าในสารละลายธาตุอาหาร และนำจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่อยู่รอดได้นั้น มาทำการศึกษาต่อในสภาพห้องปฏิบัติการถึงการคงศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ DFT พบว่า เชื้อรา *T. harzianum* ทั้ง 4 ชนิด ที่แยกจากสารละลายธาตุอาหารและรากพืช ยังคงมีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ สม่ำเสมอตลอดการทดลอง โดยพบว่าจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่แยกจากรากพืชมีศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตมากกว่าสารละลายธาตุอาหารเล็กน้อย ส่วนด้านการเจริญเติบโตและผลผลิต (พืชอายุ 42 วัน) พบว่า การใช้เชื้อรา *T. harzianum* แบบสปอร์แขวนลอย ไม่ว่าจะเป็นจาก product 1 หรือดินเกษตรกรรม ส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบ DFT แต่การใช้เชื้อรา *T. harzianum* แบบผง ส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบดังกล่าว

จากการศึกษา ความรุนแรงของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ในการทำให้เกิดโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบ DFT พบว่า เชื้อรา *P. aphanidermatum* ทำให้คะน้าเห็ดหอมมีระดับการเกิดโรครุนแรงสุด ที่ 5 วัน หลังจากปลูกเชื้อราสาเหตุโรคลงในระบบ (พืชอายุ 19 วัน) กล่าวคือ ปลายรากและโคนรากมีสีดำคล้ำอย่างชัดเจน เนื้อเยื่อมีอาการช้ำและยุบตัวลง หลังจากนั้นระดับการเกิดโรคจะลดน้อยลง เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่ทำการทดลองในโรงเรือน evaporation ที่มีอุณหภูมิเหมาะแก่การเจริญเติบโตของพืช ทำให้พืชงอกรากใหม่ทดแทนรากเก่าที่ถูกทำลาย แม้ว่ารากใหม่จะถูกเชื้อราสาเหตุโรคเข้าทำลายเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล แต่ก็ยังสามารถดูดน้ำและธาตุอาหารช่วยในการเจริญเติบโต ทำให้พืชสามารถฟื้นตัวจากการเข้าทำลายของเชื้อราสาเหตุโรคได้อย่างรวดเร็ว ถึงแม้ว่าเชื้อรา *P. aphanidermatum* ที่นำมาทดสอบจะไม่ทำให้คะน้าเห็ดหอมเกิดอาการ collapse และล้มตาย แต่สามารถเจริญเข้าครอบครองบริเวณรากและทำให้ผลผลิตลดลงได้

จากการศึกษา อิทธิพลของสารละลายซิลิคอนและจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในการควบคุมเชื้อรา *P. aphanidermatum* สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบ DFT โดยทำการประเมินระดับการเกิดโรค (disease index) ที่ 5 วัน หลังจากปลูกเชื้อราสาเหตุโรคลงในระบบ (พืชอายุ 19 วัน) พบว่า การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีผลลดระดับการเกิดโรคมากที่สุด สำหรับปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ในสารละลายธาตุอาหารและที่รากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อายุ 35 วัน) พบว่า การใช้เชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) ร่วมกับ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *P. aphanidermatum* น้อยที่สุด สำหรับปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหารและที่รากพืชในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) พบว่า การใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีปริมาณความอยู่รอดของเชื้อรา *T. harzianum* จาก product 2 (แบบหัวเชื้อ) แล้วนำจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่อยู่รอดได้นั้น มาทำการศึกษาต่อในสภาพห้องปฏิบัติการถึงการคงศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ DFT พบว่า การใส่ potassium silicate ที่ระดับความเข้มข้น 500 ppm มีผลเพิ่มศักยภาพของเชื้อรา *T. harzianum* จาก product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* มากที่สุด ส่วนด้านการเจริญเติบโตและผลผลิต พบว่า คะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ product 1 (แบบสปอร์แขวนลอย) ร่วมกับไฟตอนที่ระดับความเข้มข้น 250 ppm มีการเจริญเติบโตทั้งทางด้านความสูง, จำนวนใบ และขนาดใบมากที่สุด และมีผลผลิตทางด้านน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง (ต้นและราก) ในวันเก็บเกี่ยวผลผลิต (พืชอายุ 35 วัน) มากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาต่อถึงกลไกการทำงานของซิลิคอน ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *P. aphanidermatum* และเชื้อรา *T. harzianum* เช่น อิทธิพลของสารละลายซิลิคอนต่อการงอกของ germ tube เป็นต้น เพื่อการนำไปใช้ควบคุมโรคในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

2. ควรทำการศึกษาเพิ่มเติม ถึงการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาของพืช หลังได้รับจุลินทรีย์ปฏิปักษ์และสารละลายซิลิคอน เช่น การ colonization ของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในเซลล์พืช การสะสมของซิลิคอนในเซลล์พืช และอัตราการสังเคราะห์แสง เป็นต้น

3. จากผลการทดลอง พบว่าไฟตอนมีประสิทธิภาพในการส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืช แต่อย่างไรก็ตามควรทำการศึกษาข้อมูลของไฟตอนให้ชัดเจนขึ้น เช่น ปริมาณการปลดปล่อยซิลิคอน ปริมาณซิลิคอนที่พืชสามารถดูดไปใช้ และปริมาณการปลดปล่อยสารอื่น ๆ ของไฟตอน เพื่อการนำไปใช้ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

จิระเดช แจ่มสว่าง กนกนาฎ เรืองวิเศษ อำไพวรรณ ภราดร์นุวัฒน์ ชวลิต ยังประยูร จัทนีย์ ชุ่มจิตต์ และสุขวัฒน์ จันทรปรรณิก. 2540. "ศักยภาพของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในการลดปริมาณเชื้อรา *Phytophthora palmivora* และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของทุเรียนที่เป็นโรครากเน่า." หน้า 315. *ใน* **รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 35 สาขาพืช(บทคัดย่อ).** กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิระเดช แจ่มสว่าง จินตนา ชนะ วรรณวิไล เกษนรา เฉลิมลาภ ช่วยประสิทธิ์ สุพรรณี ชีววิริยกุล ธีรยุทธ ตู้จินดา ศรปราชญ์ ชไนศวรรยารกุล วุฒิชัย ญาณอรรถ กัทลีวัลย์ สุขช่วย และสมนึก กายายาด. 2535. "การควบคุมโรคต้นแห้งของข้าวบาร์เลย์โดยวิธีคลุกเมล็ดด้วยผลมวลชีวภาพของ *Trichoderma harzianum*." **ข่าวศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและปลูกพืชทดลอง** 6(2): 3-8.

จิระเดช แจ่มสว่าง และชูชาติ ตันอังสนากุล. 2538. "ไตรโคเดอร์มา: เชื้อราควบคุมโรคพืช." หน้า 220-221. *ใน* **งานแสดงเกษตรและอุตสาหกรรมโลก: หนังสือที่ระลึกเนื่องในโอกาสงานแสดงเกษตรและอุตสาหกรรมโลกในส่วนของอาหารเพื่อมวลมนุษย์.** กรุงเทพฯ: อักษรสยามการพิมพ์.

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

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

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

มานะ กาญจนมณีเสถียร อนงค์ หนูด้วง และสากล สุวลักษณ์. 2543. "การคัดเลือกสายพันธุ์และการศึกษาเพื่อจำแนกเชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma* spp. ที่มีศักยภาพในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืชที่สำคัญ." **วารสารวิชาการเกษตร** 18(1): 4-15.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเชียร ตีทอง เกษม สร้อยทอง และสมเดช กนกเมธากุล. 2543. "การควบคุมโรครากเน่าโคนเน่าของส้มโชกุน *(Citrus reticulate* Blanco c.v. Shogun) โดยวิธีแบบผสมผสาน." **วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้** 17(2): 31-42.

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.

Biswas, S.K., Chitreswar, S. and Sen, C. 2000. "Management of Stem Rot of Groundnut Caused by *Sclerotium rolfsii* through *Trichoderma harzianum*." **Indian Phytopathology** 53(3): 290-295.

Carrai, C. 1993. "Rootgrown Rot of Lettuce Grown in NFT Cultivation." **Colture Protette** 22(6): 77-81.

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.

Cherif, M., Asselin, A. and Belanger, R.R. 1994a. "Defense Responses Induced by Soluble Silicon in Cucumber Roots Infected by *Pythium* spp." **Phytopathology** 84(2): 236-242.

Cherif, M., Benhamou, N., Menzies, J.G. and Belanger, R.R. 1992. "Silicon Induced Resistance in Cucumber Plants Againts *Pythium ultimum* on Long English Cucumber." **Physiology Molecular of Plant Pathology** 41(3): 411-425.

Cherif, M., Menzies, J.G., Ehret, D.L., Bogdanoff, C. and Belanger, R.R. 1994b. "Yields of Cucumber Infected by *Pythium aphanidermatum* When Grown with Soluble Silicon." **Hort Science** 91(1): 11-17.

Di-Pietro, A.D., Gut, R.M., Pachlatko, J.P., Schwinn, F.J. and Di, P.A. 1992. "Role of Antibitics Produced by *Chaetomium globosum* in Biocontrol of *Pythium ultimum*, a Causal Agent of Damping-off." **Phytopathology** 82(2): 131-135.

Douglas, J.S. 1978. **Hydroponics**. 5th ed. New Delhi: Rajbandhu Industrial.

Farvin, R.J., Rahe, J.E. and Mauza, B. 1988. "*Pythium* spp. Associated with Crown Root of Cucumbers in British Columbia Greenhouses." **Plant Disease** 72: 683-687.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Goldberg, N.P. and Stanghellini, M.E. 1990. "Ingestion-egestion and Aerial Transmission of *Pythium aphanidermatum* by Shore Flies (Ephydrinae: *Scatella stangnalis*)." **Phytopathology** 80(12): 1244-1246.

Gull, C., Labuschagne, N. and Botha, W.J. 2004. "Pythium Species Associated with Wilt and Root Rot of Hydroponically Grown Crops in South Africa." **African Plant Protection** 10(2): 109-116.

Jayaraj *et al.* 2006. "Development of Formulations of *Trichoderma harzianum* Strain M1 for Control of Damping-off of Tomato Caused by *Pythium aphanidermatum*." **Phytopathology and Plant Protection** 39(1): 1-8.

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.

Jensen, H.M. 1999. "Hydroponics Worldwide." 719-729. *in* Papadopoulos, A.P. **Proceedings of the International Symposium Growing Media and Hydroponics**. Netherland: ISHS.

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

Jones, J.B., Jr. 1997. **Hydroponics: a Practical Guide for the Soilless Grower**. Florida: St. Lucie Press.

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.

Kanokmedhakul, S., Kanokmedhakul, K. and Suksamrarn, A. 2004. "Bioactive Compounds from *Chaetomium*, *C. globosum* and *Trichoderma harzianum*." 166-169 *in* **Proceedings of the 1st KMITL International Conference on Integration of Science&technology for Sustainable Development**. Bangkok: King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

Le, H.T., Black, L.L. and Sikora, R.A. 2003. "Evaluation of *Trichoderma* spp. for Biocontrol of Tomato Sudden Caused by *Pythium aphanidermatum* Following Flooding in Tropical Hot Season." **Community of Agriculture Application of Biology Science** 68(4): 463-474.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lo, C.T., Nelson, E.B. and Harman, G.E. 1997. "Improved Biocontrol Efficacy of *Trichoderma harzianum* 1295-22 for Foliar Phases of Turf Diseases by Use of Spray Applications." **Plant Disease** 81(12): 1132-1138.

Manorangitham, S.K., Prakasam, V. and Rajappan, K. 2001. "Biocontrol of Damping-off of Tomato Caused by *Pythium aphanidermatum*." **Indian Phytopathology** 54(1): 59-61.

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 of Horticulture Science** 117: 902-905.

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

Moulin, F., Lemanceau, P. and Alabourette, C. 1994. "Pathogenicity of *Pythium* Species on Cucumber in Peat-sand, Rockwool and Hydroponics." **European Journal of Plant Pathology** 100(1): 3-17.

Muckle, M.E. 1995. **Basic Hydroponics for the Do-it Yourselfer**. British Columbia: Growers Press Inc.

Ngueko, R.B., Xu, T. and Xu, T. 2002. "Antagonism *in vitro* of *Trichoderma harzianum* C184 Against the Root Pathogens of Banana and Plantain in Cameroon." **Journal of Zhejiang University Agriculture and Life Sciences** 28(4): 407-410.

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." 79-85. *in* **XXVI International Horticultural Congress: Managing Soil-borne Pathogens: a Sound Rhizosphere to Improve Productivity in Intensive Horticultural Systems**. Toronto: ISHS.

Peirce, C.L. 1987. **Vegetables Characteristics Production and Marketing**. New York: John Viley&Sons.

Resh, H.M. 1981. **Hydroponics Food Production**. 2th ed. California: Woodbridge Press Publishing Company.

Roiger, D.J. and Jeffers, S.N. 1991. "Evaluation of *Trichoderma* spp. for Biological Control of *Phytophthora* Crown and Root Rot of Apple Seeding." **Phytopathology** 81(8): 910-917.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Sivan, A., Elad, Y. and Chet, I. 1984. "Biological Control Effect of a New Isolate of *Trichoderma harzianum* on *Pythium aphanidermatum*." **Phytopathology** 74: 498-501.

Srinon, W. and Soytong, K. 2004. "Effects of Antagonistic Fungi on Population Dynamic of Plant Pathogen in Soil and Plant Residues of Grape in the Field." 2:215-220 *in* **Proceedings of the 1st KMITL International Conference on Integration of Science&Technology for Sustainable Development**. Bangkok: King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang.

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

Stanghellini, M.E., Kim, D.H., Rakocy, J., Gloger, K. and Klinton, H. 1998. "First Report of Root Rot of Hydroponically Grown Lettuce Caused by *Pythium myriotylum* in a Commercial Production Facility." **Plant Disease** 82(7): 831.

Suton, J.F., Sopher, C.R., Owen-Golng, T.N., Liu, W., Grodzinski, B., Hall, J.C. and Benchimol, R.L. 2006. "Etiology and Epidemiology of Pythium Root Rot in Hydroponic Crops: Current Knowledge and Perspective." **Summa Phytopathology** 32(4): 307-321.

Swain, R.W. 1990. **Plant Physiological Disorders**. London: ADAS.

Wolffhechel, H. and Jensen, D.F. 1992. "Use of *Trichoderma harzianum* and *Gliocladium virens* for the Biological Control of Post-emergence Damping-off and Root Rot of Cucumbers Caused by *Pythium ultimum*." **Journal of Phytopathology** 136(3): 221-230.

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.

Yoshida, S. 1995. "Chemical Aspects of the Role of Silicon in Physiology of the Rice Plant." **Bulletin of Natural Institute Agriculture Science** 15: 1-58.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

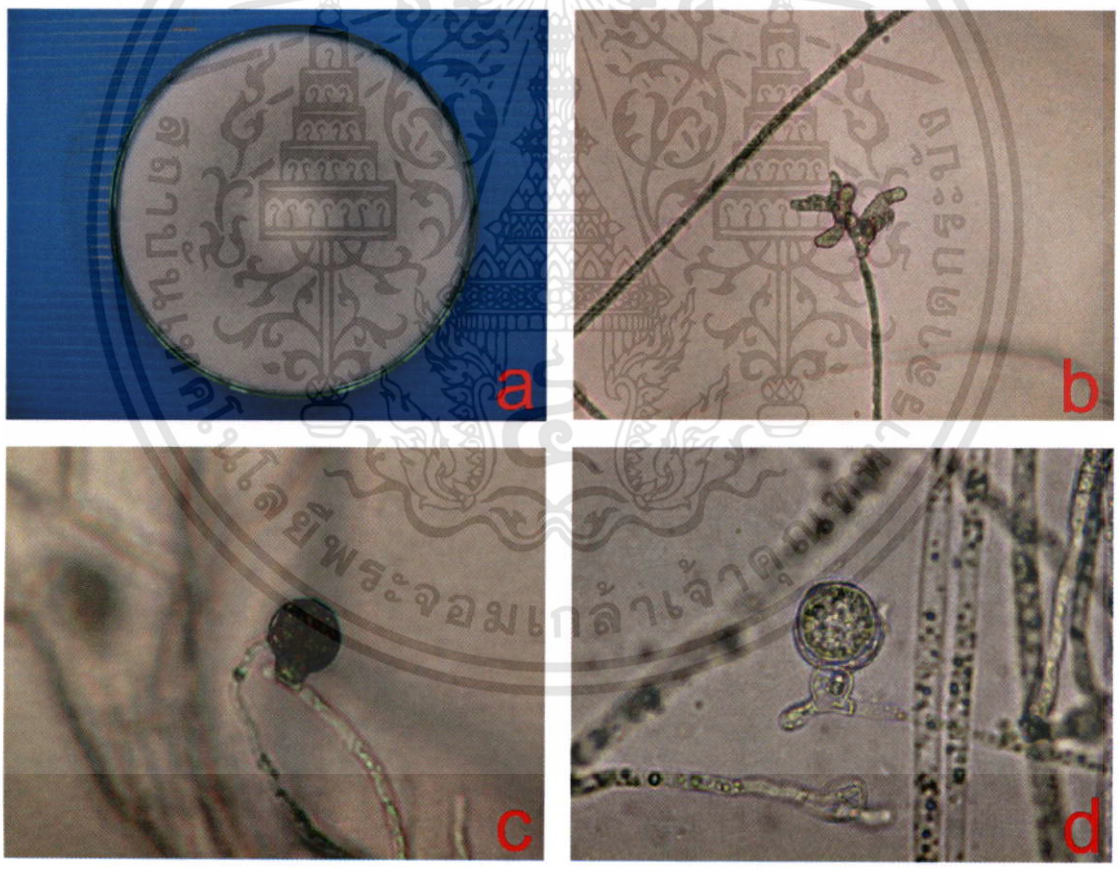
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
รายละเอียดของเชื้อราที่นำมาทดสอบ

เชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp.

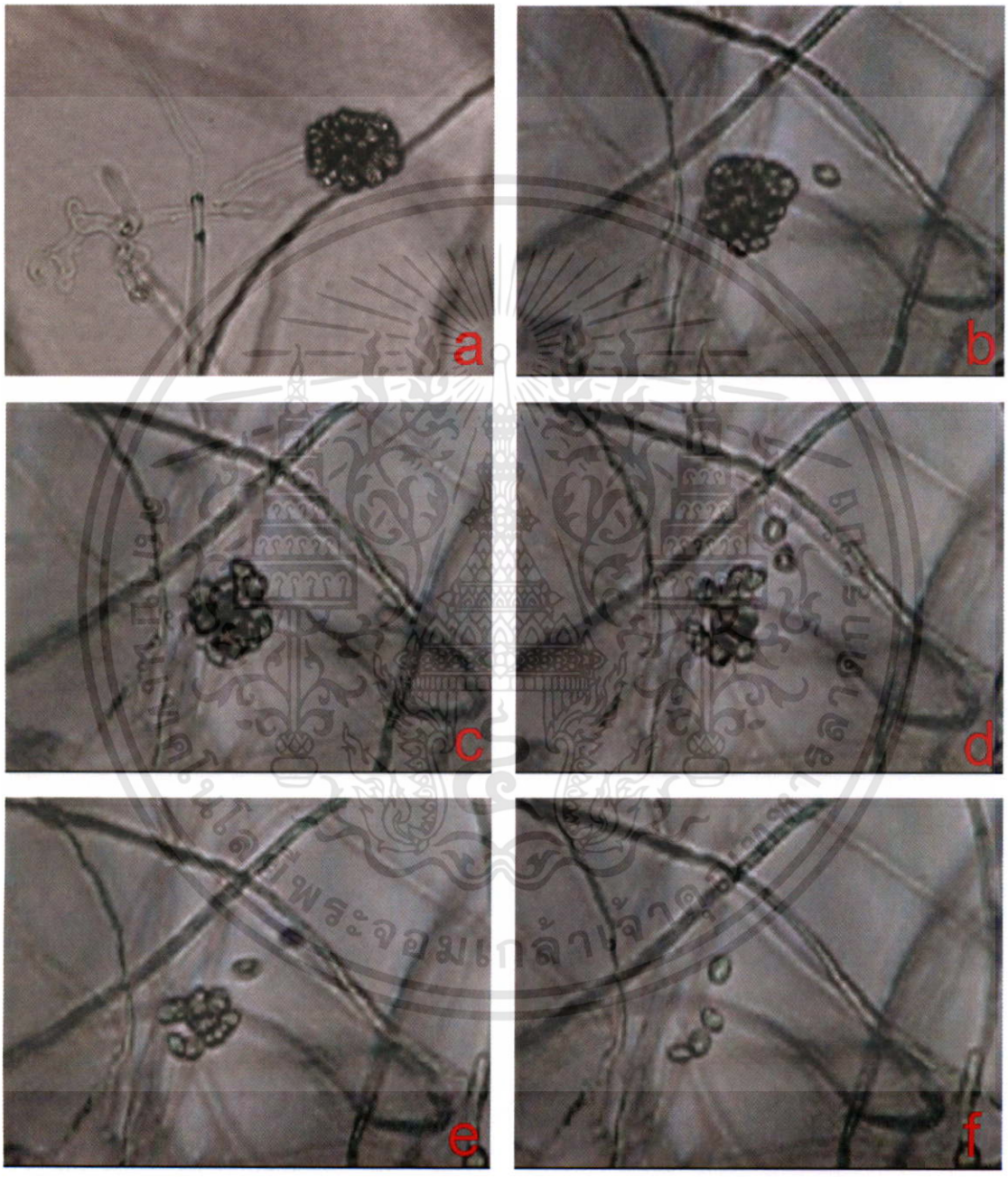
ลักษณะโคโลนีบนอาหาร PDA มีสีขาวคล้ายปุยฝ้าย (cottony) เจริญฟูเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 ซม.) ภายใน 36 ชั่วโมง เมื่อทำการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า เส้นใยใส ไม่มีสี ไม่มีผนังกั้น สร้าง sporangium แบบ lobe filamentous ที่ปลายและระหว่างเส้นใย สร้าง oogonia แบบ spherical ผนังเรียบ ที่ปลายเส้นใย สร้าง antheridia แบบ club-shaped ส่วนใหญ่เกิดบนเส้นใยเดียวกับ oogonia ที่เรียกว่า monoclinous สร้าง oospore แบบ apherotic ผนังเรียบ (ภาพภาคผนวกที่ 1 ก)



ภาพภาคผนวกที่ 1 ก เชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp. สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบ deep flow technique: a. ลักษณะโคโลนีบนอาหาร PDA ที่อายุ 5 วัน, b. sporangium, c. oogonium มี antheridium มาเกาะติดอยู่ทางด้านข้าง, d. oospore

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการศึกษาการปลดปล่อย zoospore ของเชื้อรา *P. aphanidermatum* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ โดยวิธี grass blades culture พบว่า หลังจากบ่มเชื้อไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง จะสังเกตเห็นการปลดปล่อย zoospores ออกมาจาก vesicle ประมาณ 35 zoospores/vesicle (ภาพภาคผนวกที่ 2 ก)

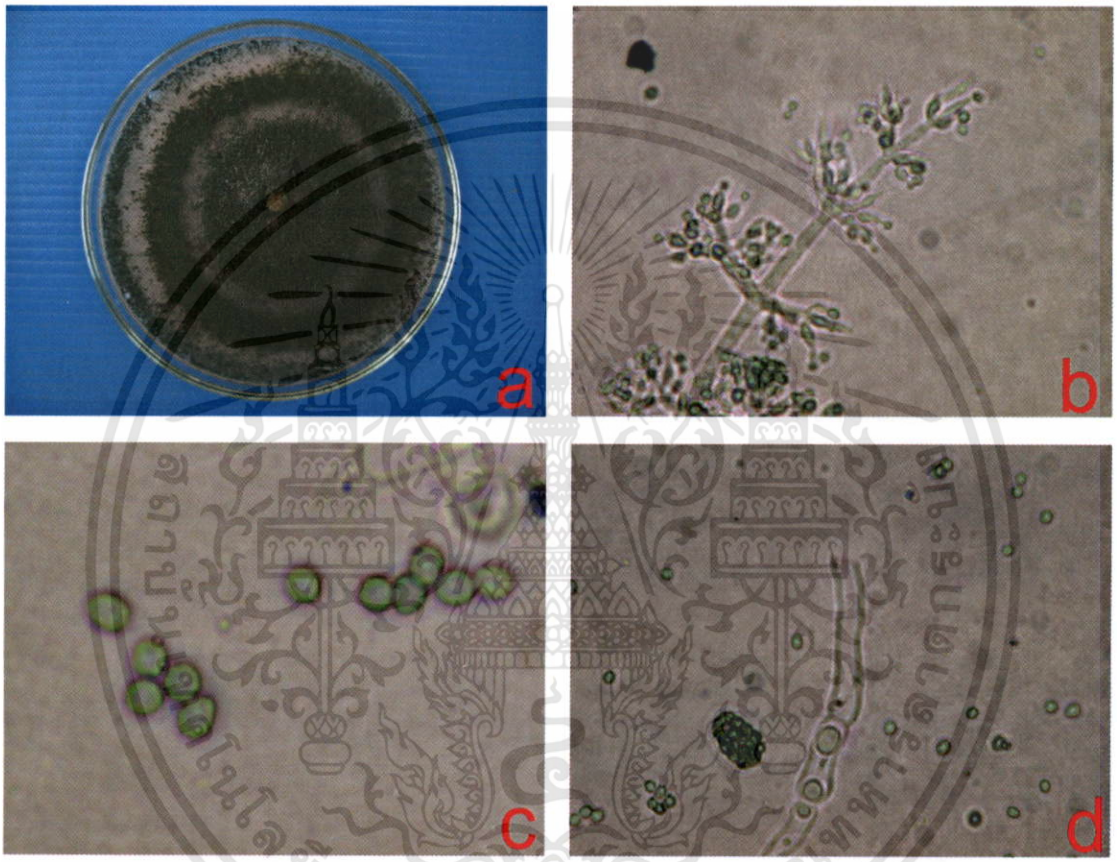


ภาพภาคผนวกที่ 2 ก การปลดปล่อย zoospores ของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (Edson) Fitzp.: a. vesicle, b-f. ปลดปล่อย zoospore ออกมาจาก vesicle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื้อรา *Trichoderma harzianum* Rifai จากดินเกษตรกรรม

ลักษณะโคโลนีบนอาหาร PDA มีสีเขียวเข้ม เจริญเต็มจานอาหารเลี้ยงเชื้อ (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 ซม.) ภายใน 84 ชั่วโมง เมื่อทำการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์ พบว่า เส้นใยใส ไม่มีสี มีผนังกั้น conidiophore แตกแขนงแบบ pyramidal structure สร้าง phialides 3-4 อัน/ช่อ แบบ ampulliform สร้าง conidia แบบ subglobose ผนังเรียบ สีเขียวอ่อน (ภาพภาคผนวกที่ 3 ก)



ภาพภาคผนวกที่ 3 ก เชื้อรา *Trichoderma harzianum* Rifai: a. ลักษณะโคโลนีบนอาหาร PDA ที่อายุ 7 วัน, b. conidiophore ., c. conidia, 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
ผลงานที่นำออกเผยแพร่

1. 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.
2. Jaenaksorn, T. and Rachniyom, H. 2008. "Effectiveness of Soluble Silicon and Biological Control Agents for Management of Pythium Root Rot of Hydroponically-grown Kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.)." **9TH International Congress of Plant Pathology**. Torino: The Italial Society for Plant Pathology and The Italian Association for Plant Protection.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบชีวผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืช : ความอยู่รอดและการคงศักยภาพ รวมทั้งผลต่อการเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ในระบบ Deep Flow Technique

Formulations of Antagonistic BioProduct : Survival, Potential and Their Effect on Growth of Kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) in Deep Flow Technique

หทัยรัตน์ ราชนิยม และ ถนิมนันต์ เจนอักษร

ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการศัตรูพืช คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

.....

ABSTRACT

As we become increasingly concerned with environmental contamination and plant health, biological-based approaches to hydroponic cultivation may probably provide additional tool for maintaining a more sustainable and healthier hydroponic crop ecosystem. However, the promising biological Products marketed in Thailand for disease control are so far available only for conventional crops. Before an attempt to adopt such Products can be made for hydroponic crops, their biological characteristics in the specific environment of hydroponics should be prior evaluated. Hence, this experiment was conducted to determine the survival, persistence and activity of 3 formulations of bioProduct of *Trichoderma harzianum* [spore suspension, starter and wettable powder (WP)] and indigenous *Trichoderma* sp. as well as their effect on growth of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) in Deep Flow Technique (DFT). The results revealed that all tested biological control agents could survive and persist in the nutrient solution throughout the experiment. However, the survived number at the end (about 8.60 x 10^2-1.28 x 10^4CFU/ml) was lower than those at the time of application (10^5CFU/ml). Another higher number of survived inoculants was detected from crop root especially one grown in bio - Product 2 (starter). Regarding their activities, all tested bioProducts periodically isolated from nutrient solution (at 21, 28, 35 and 42 days of plant age) and root (at harvest) persistently inhibited the mycelial

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

growth of *Pythium aphanidermatum in vitro* by about 40%. In terms of crop growth, the effect of treatments with biological control agents was statistically significant. Treatment with Product 1 (spore suspension) and indigenous *Trichoderma* sp. resulted in the highest shoot and root fresh weight of kale while treatment with Product 3 (WP) gave the lowest.

Keywords : *Trichoderma harzianum*, Kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) and Deep Flow Technique

บทคัดย่อ

ปัจจุบันทั่วโลกเริ่มตระหนักถึงผลเสียของการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช ซึ่งส่งผลกระทบด้านลบต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการนำเทคโนโลยีการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน มาใช้ร่วมกับการควบคุมโรคพืชโดยชีววิธี น่าจะเป็นทางเลือกหนึ่งที่นำไปสู่การเกษตรยั่งยืนในประเทศไทย แต่อย่างไรก็ตามชีวผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืชที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ยังจำกัดการใช้อยู่กับพืชที่ปลูกในดินเท่านั้น ดังนั้นควรศึกษาเบื้องต้นถึงความอยู่รอด การคงศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน รวมทั้งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช การทดลองครั้งนี้มุ่งเน้นที่ชีวผลิตภัณฑ์ *Trichoderma harzianum* ซึ่งเป็นที่ยอมรับและมีจำหน่ายหลายรูปแบบ คือ Product 1 (แบบสปอร์น้ำ) Product 2 (แบบหัวเชื้อ) และ Product 3 (แบบผง) เปรียบเทียบกับ *Trichoderma* sp. (แบบสปอร์น้ำ) ที่แยกจากดินเกษตรกรรม โดยใส่ในสารละลายธาตุอาหาร (อัตราการใช้ตามที่ระบุบนฉลากเท่ากับ 10^5 CFU/ml) ที่ปลูกคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ในระบบ Deep Flow Technique (DFT) ผลการทดลองพบว่า จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทุกชนิดสามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ในสารละลายธาตุอาหารตลอดการทดลอง แต่ปริมาณลดลงเหลือ 8.60 x 10^2-1.28 x 10^4CFU/ml ในวันเก็บเกี่ยว นอกจากนี้ยังตรวจพบจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทุกชนิดที่รากพืชและมีปริมาณสูงกว่าในสารละลายธาตุอาหาร โดยชีวผลิตภัณฑ์แบบหัวเชื้อ (Product 2) พบปริมาณมากที่สุด (8.17 x 10^5 CFU/g) สำหรับการคงศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ดังกล่าวในระบบ DFT พบว่าจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทุกชนิดที่แยกจากสารละลายธาตุอาหารในขณะที่พืชอายุ 21, 28, 35, 42 วัน และรากพืชในวันเก็บเกี่ยว สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการได้สม่ำเสมอประมาณ 40% ในด้านผลผลิตพบว่ารูปแบบชีวผลิตภัณฑ์มีผลต่อการเจริญเติบโตของคะน้าเห็ดหอม โดยเจริญเติบโตดีที่สุดในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ชีวผลิตภัณฑ์หรือจุลินทรีย์ปฏิปักษ์แบบสปอร์น้ำ (Product 1 และ *Trichoderma* sp.) แต่เจริญเติบโตน้อยที่สุดในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ชีวผลิตภัณฑ์แบบผง (Product 3)

คำหลัก : *Trichoderma harzianum*, คะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) และ Deep Flow Technique

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำนำ

การปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน เป็นเทคโนโลยีที่เกิดมาเพื่อใช้ลดข้อบกพร่องที่เกิดกับพืชที่ปลูกในดิน โดยเฉพาะด้านโรคพืช แต่อย่างไรก็ตามหากมีการปฏิบัติที่ไม่ถูกต้องหรือการจัดการไม่ดีพอ อาจทำให้เกิดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์สาเหตุโรคบางชนิดเข้ามาในระบบได้ และการแพร่กระจายของจุลินทรีย์ดังกล่าวจะเป็นไปอย่างรวดเร็ว (Jenkins and Averre. 1983; Stanghellini and Rusmussen. 1994) โดยเฉพาะกลุ่ม zoosporic fungi ซึ่งอาศัยได้ทั้งในน้ำและในดิน และมีรายงานว่า *Pythium aphanidermatum* เป็นเชื้อสาเหตุโรคทางรากที่มีความสำคัญในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน (Grosch *et al.* 2001) เช่น ในแตงกวายุโรป มะเขือเทศ ผักสลัด ขึ้นฉ่าย ผักโขม ฯลฯ โดยจะเข้าทำลายส่วนของลำต้นหรือราก และอาจทำลายไปถึง vascular tissue ทำให้เกิดอาการโคนเน่า รากเน่า เหี่ยว และตายในที่สุด (พรหมมาศ และคณะ. 2539; Moulin *et al.* 1994; Stanghellini and Rusmussen. 1994; Stanghellini *et al.* 1998) และเมื่อมีโรคระบาดรุนแรงทำให้ต้องหาวิธีการต่างๆ มาป้องกันกำจัดเชื้อราสาเหตุโรคดังกล่าว รวมทั้งวิธีการใช้สารเคมีเป็นผลให้ข้อดีของการปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินสูญเสียไป จึงจำเป็นต้องหาแนวทางป้องกันกำจัดโรคโดยมุ่งเน้นความปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันการใช้จุลินทรีย์ในการควบคุมโรคพืช ได้รับความนิยมและใช้กันอย่างกว้างขวางทั้งในและต่างประเทศ (จิระเดช และคณะ. 2540; วิเชียร และคณะ. 2543, Roiger and Jeffers. 1991; Di-Pietro *et al.* 1992; Chamber and Scot. 1995; Srinon and Soytong. 2004) เช่น การใช้ *Trichoderma* spp. ที่ตรวจพบจากดินเกษตรกรรมทั่วไปมาป้องกันกำจัดโรคพืชที่สำคัญ โดยในประเทศไทยมีจุลินทรีย์ปฏิปักษ์หลายชนิดที่ได้รับการพัฒนาจนผลิตเป็นการค้าเพื่อใช้ควบคุมโรคของพืชที่ปลูกในดิน กลุ่มเชื้อราที่นิยมคัดเลือกมาทำชีวผลิตภัณฑ์ควบคุมโรคพืชได้แก่ *Trichoderma harzianum* ซึ่งในปัจจุบันมีการผลิตในหลากหลายรูปแบบ และมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานแตกต่างกัน (จิระเดช และชูชาติ. 2538; มานะ และคณะ. 2543) โดยในต่างประเทศพบว่าเริ่มมีรายงานการนำ *T. harzianum* มาใช้ป้องกันกำจัดโรคพืชในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแล้ว (Ozbay *et al.* 2004; Yedidia *et al.* 1999) แต่สำหรับประเทศไทยชีวผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืชยังจำกัดการใช้อยู่กับพืชที่ปลูกในดินเท่านั้น ดังนั้นก่อนจะนำชีวผลิตภัณฑ์ดังกล่าวมาใช้ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินควรมีการศึกษาเบื้องต้นว่าชีวผลิตภัณฑ์นั้นๆ เมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่ต่างออกไป จะยังคงมีคุณสมบัติในการเป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่ดีอยู่หรือไม่

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้จึงได้ดำเนินการทดลองนำชีวผลิตภัณฑ์ *T. harzianum* ซึ่งเป็นที่ยอมรับและมีจำหน่ายหลายรูปแบบ คือ *T. harzianum* จากชีวผลิตภัณฑ์ยูนิเชฟแบบสปอร์น้ำ (Product 1), แบบหัวเชื้อ (Product 2) และแบบผง (Product 3) เปรียบเทียบกับ *Trichoderma* sp. จากดินเกษตรกรรมแบบสปอร์น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ผ่านการทดสอบในห้องปฏิบัติการแล้วว่ามีความสามารถในการเป็นจุลินทรีย์ปฏิปักษ์) โดยใส่ในสารละลายธาตุอาหารที่ปลูกคะน้าเห็ดหอม (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.) ในระบบ Deep Flow Technique (DFT) ซึ่งผักดังกล่าวเป็นพืชที่ง่ายต่อการเข้าทำลายของ *Pythium* spp. (Rubatzky and Yamaguchi. 1997) และเป็นผักกินใบที่นิยมปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินเชิงธุรกิจในประเทศไทย โดยการศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณความอยู่รอดและการคงศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ รวมทั้งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าเห็ดหอม เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการนำชีวผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืชดังกล่าวมาใช้ควบคุมโรคพืชทดแทนการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดเชื้อรา (fungicide) และพัฒนาศักยภาพการปลูกพืชผักปลอดสารพิษในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินของประเทศไทยต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) จำนวน 3 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น โดยมี 5 สิ่งทดลอง คือ สารละลายธาตุอาหารที่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์แตกต่างกัน 5 ชนิด ดังนี้ ไม่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ ใส่ *Trichoderma harzianum* จากชีวผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืชยูนิเซฟแบบสปอร์น้ำ (Product 1) ใส่ *T. harzianum* จากชีวผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืชยูนิเซฟแบบหัวเชื้อ (Product 2) ใส่ *T. harzianum* จากชีวผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืชยูนิเซฟแบบผง (Product 3) และใส่ *Trichoderma* sp. จากดินเกษตรกรรมแบบสปอร์น้ำ

2. การปลูกผักในระบบ Deep Flow Technique (DFT)

การเตรียมต้นกล้า เพาะเมล็ดคะน้าเห็ดหอมในฟองน้ำสำหรับปลูกพืชขนาด 2.5 x 2.5 ซม. เมื่อต้นกล้าเริ่มมีใบจริงรดด้วยสารละลายธาตุอาหาร สูตรสำหรับปลูกพืชผักกินใบของ Benoit (1992) ใช้ EC (electrical conductivity) = 1 mS/cm ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 5.6 - 6.2 เมื่อต้นกล้าอายุ 7 วัน ย้ายไป อนุบาลในระบบ DFT อนุบาลจนกระทั่งต้นกล้าอายุ 21 วันจึงย้ายไปปลูกในระบบ DFT ต่อไป

การปลูกผัก นำต้นกล้าที่เตรียมไว้มาปลูกในระบบ DFT ที่ประกอบด้วยกะละมังสำหรับบรรจุสารละลายธาตุอาหาร (ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 43 ซม. สูง 15 ซม. ความจุ 15 ลิตร) และปิดปากกะละมังด้วยแผ่นโฟม (ขนาด 50 x 50 x 1 ซม.) ที่เจาะช่องขนาด 2.2 x 2.2 ซม. ไว้ 5 ช่อง สำหรับใส่ต้นกล้าช่องละ 1 ต้น โดยใช้สารละลายธาตุอาหารที่ EC = 2 mS/cm ปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 5.6 - 6.2 ขณะทดลองเพิ่มอากาศผ่านหัวทรายด้วยปั๊มอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ลงในระบบ Deep Flow Technique (DFT)

ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์แต่ละชนิด ลงในสารละลายธาตุอาหารในวันแรกที่ย้ายกล้าคะน้าเห็ดหอมลงระบบ DFT (พืชอายุ 21 วัน) ตามอัตราการใช้ที่ระบุบนฉลากชีวผลิตภัณฑ์ดังกล่าว ซึ่ง Product 1, Product 2 และ Product 3 มีปริมาณจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหารเท่ากับ 10^5 CFU/ml ส่วน *Trichoderma* sp. ใส่ลงในสารละลายธาตุอาหารที่ 10^5 CFU/ml

4. การบันทึกผลการทดลอง

4.1 ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ Deep Flow Technique (DFT)

ตรวจสอบปริมาณจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหารทุกวัน (พืชอายุ 21-42 วัน) และรากพืชในวันเก็บเกี่ยว (พืชอายุ 42 วัน) โดยวิธี dilution spread plate บน Martin's medium (Johnson and Curl. 1972)

4.2 การคงศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ Deep Flow Technique (DFT)

ในระหว่างปลูกคะน้าเห็ดหอม นำจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหาร ขณะที่พืชอายุ 21, 28, 35, 42 วัน และที่รากพืชในวันเก็บเกี่ยว (พืชอายุ 42 วัน) มาประเมินศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* (สาเหตุโรครากเน่าโคนเน่าของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน) ในสภาพห้องปฏิบัติการ โดยวิธี Bi-culture antagonistic test

4.3 การเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าเห็ดหอม

วัดการเจริญเติบโตทางด้านความสูงของต้น จำนวนใบ และขนาดใบ ทุกสัปดาห์ตั้งแต่ลงระบบ DFT จนเก็บเกี่ยว และผลผลิตทางด้านน้ำหนักสดของต้นและรากในวันเก็บเกี่ยว

ผลและวิจารณ์

1. ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ Deep Flow Technique (DFT)ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในสารละลายธาตุอาหาร

จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทุกชนิดสามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ตลอดการทดลอง (พืชอายุ 21 - 42 วัน) โดยแนวโน้มความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จาก Product 2, Product 3 และ *Trichoderma* sp. มีความคล้ายคลึงกัน กล่าวคือ ปริมาณจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ดังกล่าวลดลงอย่างชัดเจนในช่วง 2 วันแรกหลังจากใส่ลงในระบบ (พืชอายุ 21 - 22 วัน) เหลือเพียง 2.02×10^4, 5.62×10^4 และ 2.88×10^4CFU/ml ตามลำดับ หลังจากนั้นจะลดลงอย่างช้าๆ จนกระทั่งถึงวันเก็บเกี่ยว (พืชอายุ 42 วัน) พบปริมาณจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เหลือในสารละลายธาตุอาหาร 1.00×10^4, 6.20×10^3และ 1.28×10^4CFU/ml ตามลำดับ ส่วน Product 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วง 2 วันแรกหลังจากใส่ลงในระบบ ปริมาณจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ลดลงมากที่สุดเมื่อเทียบกับ 3 ชนิดแรก เหลือเพียง 1.50 x 10^3 CFU/ml หลังจากนั้นแนวโน้มความอยู่รอดจะแปรปรวนขึ้นลงจนกระทั่งถึงวันเก็บเกี่ยว พบปริมาณจุลินทรีย์ปฏิปักษ์เหลือในสารละลายธาตุอาหารเพียง 8.60 x 10^2CFU/ml (Figure 1)

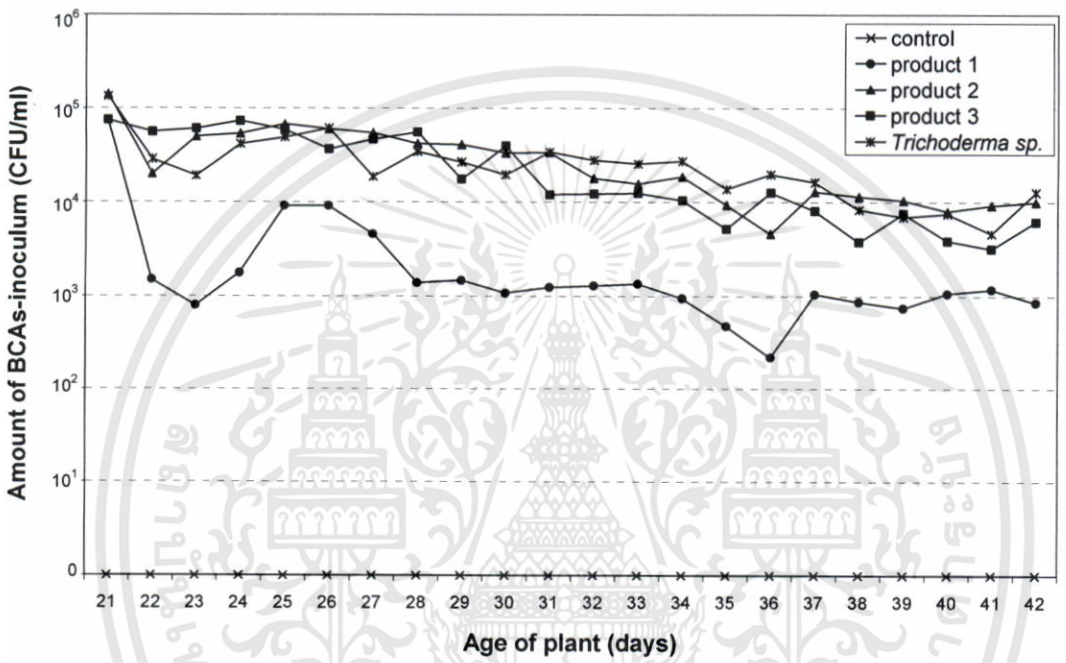


Figure 1 Survival of biocontrol agents in DFT-nutrient solution during 22 days of kale cropping.

ปริมาณความอยู่รอดของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่รากพืช จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทุกชนิด สามารถมีชีวิตอยู่ได้ที่รากพืชในปริมาณที่มากกว่าที่ตรวจพบจากในสารละลายธาตุอาหาร โดยพบปริมาณจุลินทรีย์ปฏิปักษ์จากรากคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ Product 2 มากที่สุด รองลงมาคือ *Trichoderma* sp., Product 3 และ Product 1 ตามลำดับ (8.17 x 10^5, 6.61 x 10^5, 2.02 x 10^5 และ 4.25 x 10^4 CFU/g ตามลำดับ) (Figure 2)

แสดงให้เห็นว่าจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่ใส่ลงในสารละลายธาตุอาหาร นอกจากจะมีชีวิตอยู่รอดได้ในสารละลายธาตุอาหารแล้ว ยังสามารถเจริญเข้าครอบครองบริเวณรากพืชได้ สอดคล้องกับรายงานของ Yedidia *et al.* (1999) กล่าวว่าการใส่ *T. harzianum* T-203 (10^5 germinated spores/ml) ลงในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกต้นกล้าแตง (*Cucumis sativus* L.) ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน พบว่าเส้นใย *T. harzianum* สามารถแทงผ่านเข้าไปเจริญอยู่ในรากได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

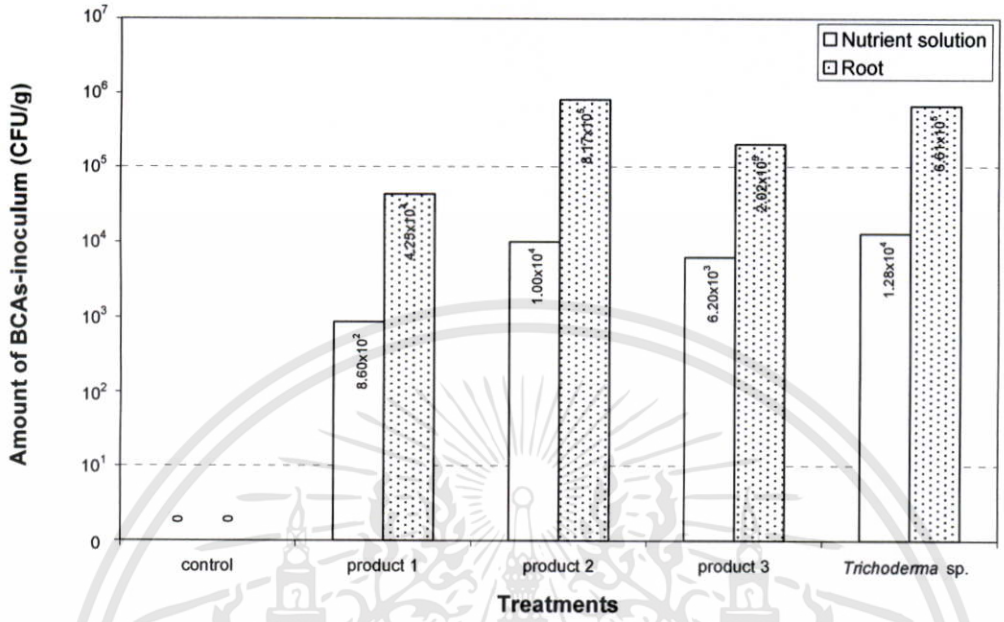


Figure 2 Amount of biocontrol agents from nutrient solution and root of kale grown in DFT detected at harvest.

ถึงแม้ว่า จุลินทรีย์ปฏิปักษ์จะสามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ในสารละลายธาตุอาหารและที่รากพืช แต่ในแง่ของการนำมาใช้ป้องกันกำจัดโรคต้องคำนึงถึงชนิดพืช รวมทั้งช่วงเวลาและจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ลงในสารละลายธาตุอาหารให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังรายงานของ Chattertor *et al.* (2004) กล่าวว่าการใช้ *Pseudomonas chlororaphis* Tx-1 ในการควบคุม *Pythium aphanidermatum* และ *P. dissotocum* สาเหตุโรครากเน่าของพริกหวาน (*Capsicum annuum* L.) ที่ปลูกในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน พบว่าช่วงเวลาที่เหมาะสมของการใส่ *Ps. chlororaphis* Tx-1 (1 x 10^7 CFU/ml) คือ 3 วัน ก่อนปลูกเชื้อสาเหตุโรค *P. aphanidermatum* และการใส่ *Ps. chlororaphis* Tx-1 จำนวน 1 ครั้ง (พืชอายุ 0 วัน) จะทำให้อาการโรคลดลงมากกว่าการใส่ 2 ครั้ง (พืชอายุ 0 และ 14 วัน)

2. การคงศักยภาพของจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ในระบบ Deep Flow Technique (DFT)

ในระหว่างปลูกคะน้าเห็ดหอม พบว่าจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทุกชนิดที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหาร ขณะที่พืชอายุ 21, 28, 35, 42 วัน และที่รากพืชในวันเก็บเกี่ยว (พืชอายุ 42 วัน) ยังคงศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการได้ ประมาณ 40% สม่ำเสมอตลอดการทดลอง โดยจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่รากพืชมีศักยภาพสูงกว่าที่อยู่ในสารละลายธาตุอาหารเล็กน้อย และลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตได้ดังนี้ Product 1> Product 2> Product 3> *Trichoderma* sp. (Figure 3 และ 4)

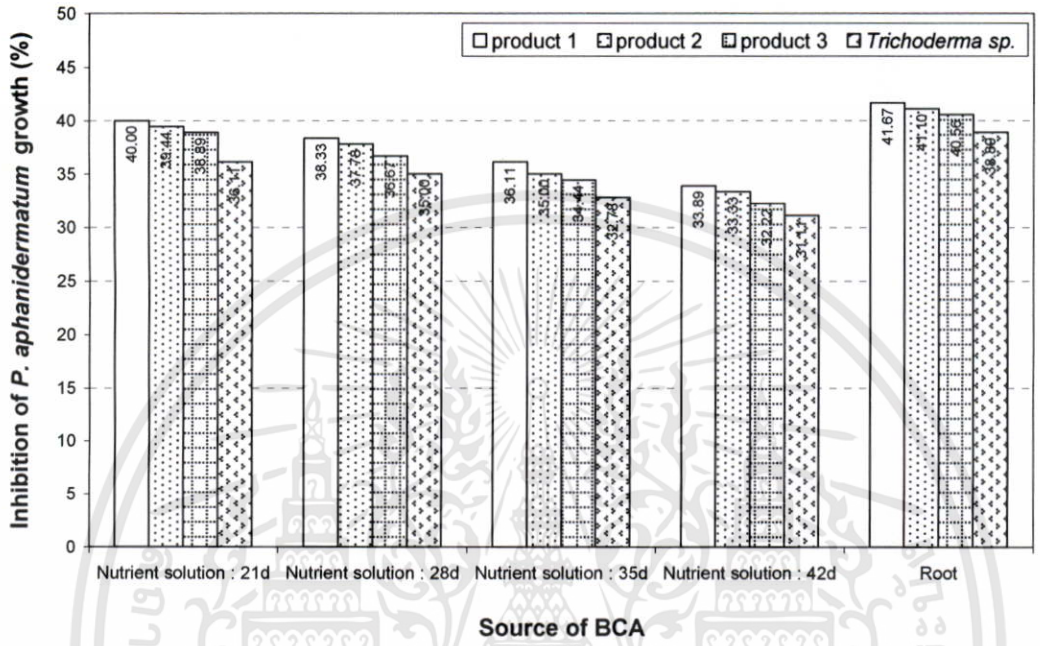


Figure 3 *In vitro* ability of biocontrol agents (isolated weekly from DFT-nutrient solution and root of kale at harvest) to control growth of *Pythium aphanidermatum* by Bi-culture test.

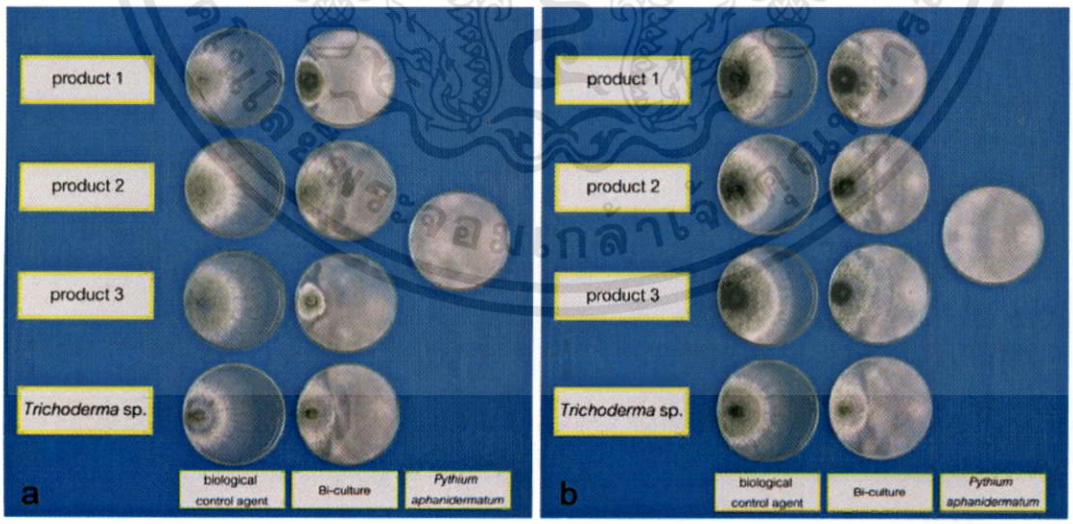


Figure 4 Bi-culture antagonistic test (at 60 hrs.) between biocontrol agents [isolated from DFT-nutrient solution (a) and root of kale (b) at harvest] and *Pythium aphanidermatum*.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าเห็ดหอม

ด้านการเจริญเติบโต

เมื่อพืชอายุ 28 วัน เริ่มพบว่าคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าสิ่งทดลองควบคุม โดยเฉพาะคะน้าเห็ดหอมที่ใส่ Product 3 มีการเจริญเติบโตน้อยกว่าสิ่งทดลองควบคุมทั้งทางด้านความสูง (12.23 และ 18.13 ซม./ต้น) จำนวนใบ (5.00 และ 5.93 ใบ/ต้น) และขนาดใบ (4.89 x 8.43 และ 7.15 x 11.49 ซม./ใบ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อมาเมื่อพืชอายุ 35 วัน กลับพบว่าผลกระทบด้านลบของการใส่ Product 1, Product 2 และ *Trichoderma* sp. เริ่มเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น เนื่องจากคะน้าเห็ดหอมเริ่มปรับตัวอยู่ในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ได้ โดยคะน้าเห็ดหอมที่ใส่ *Trichoderma* sp. มีการเจริญเติบโตดีขึ้นเทียบเท่ากับสิ่งทดลองควบคุม ทั้งทางด้านความสูง (26.64 และ 25.90 ซม./ต้น) จำนวนใบ (7.80 และ 7.80 ใบ/ต้น) และขนาดใบ (12.43 x 16.59 และ 11.17 x 16.02 ซม./ใบ) จนกระทั่งในวันเก็บเกี่ยว (พืชอายุ 42 วัน) พบว่าคะน้าเห็ดหอมที่ใส่ *Trichoderma* sp. และคะน้าเห็ดหอมที่ใส่ Product 1 มีการเจริญเติบโตค่อนข้างดีแต่ไม่แตกต่างกันทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับสิ่งทดลองควบคุม ทั้งทางด้านความสูง (35.18, 33.95 และ 33.97 ซม./ต้น ตามลำดับ) และจำนวนใบ (9.53, 9.93 และ 9.27 ใบ/ต้น ตามลำดับ) ส่วนขนาดใบพบว่า คะน้าเห็ดหอมที่ใส่ *Trichoderma* sp. มีขนาดใบใหญ่กว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (17.11 x 20.83 และ 15.35 x 19.13 ซม./ใบ) แต่คะน้าเห็ดหอมที่ใส่ Product 3 ยังคงมีการเจริญเติบโตทางด้านความสูง (24.88 ซม./ต้น) จำนวนใบ (8.53 ใบ/ต้น) และขนาดใบ (12.17 x 14.79 ซม./ใบ) น้อยกว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Table 1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1 Effect of biocontrol agents added in DFT-nutrient solution on growth (stem height, leaf number and size) of kale at 21, 28, 35 and 42 days.

Plant age (day)	Biocontrol agents	Plant growth			
		Stem height (cm/plant)	Leaf number (leaf/plant)	Leaf size (cm/leaf)	
				Width	Length
21	control	12.65a[1]	3.93a	4.66a	9.80a
	Product 1	12.05a	4.00a	4.89a	9.29a
	Product 2	12.71a	3.73a	5.05a	9.97a
	Product 3	12.09a	3.87a	4.67a	9.06a
	Trichoderma sp.	12.09a	4.07a	4.86a	9.23a
	C.V. (%)	12.47	11.62	15.02	14.82
28	control	18.13a	5.93a	7.15a	11.49a
	Product 1	17.16ab	5.93a	7.09a	12.18a
	Product 2	15.87b	5.73a	6.91a	10.95a
	Product 3	12.23c	5.00b	4.89b	8.43b
	Trichoderma sp.	16.95ab	5.47ab	7.50a	12.46a
	C.V. (%)	11.44	11.77	15.04	22.35
35	control	25.90a	7.80a	11.17b	16.02a
	Product 1	25.17ab	8.00a	11.80ab	15.86a
	Product 2	23.89b	8.00a	11.19b	14.87b
	Product 3	18.93c	7.40a	8.84c	11.63c
	Trichoderma sp.	26.64a	7.80a	12.43a	16.59a
	C.V. (%)	8.42	11.50	11.96	8.86
42	control	33.97ab	9.27ab	15.34b	19.13b
	Product 1	33.95ab	9.93a	15.99ab	20.02ab
	Product 2	31.65b	9.67a	15.42b	18.76b
	Product 3	24.88c	8.53b	12.17c	14.79c
	Trichoderma sp.	35.18a	9.53a	17.11a	20.83a
	C.V. (%)	10.23	13.27	12.80	11.78

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้านผลผลิต

คะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ Product 1 และ *Trichoderma* sp. มีน้ำหนักสดของต้น (95.11 และ 89.56 กรัม/ต้น) และราก (5.19 และ 5.11 กรัม/ต้น) มากกว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ Product 2 มีน้ำหนักสดของต้นและราก (74.53 และ 4.47 กรัม/ต้น) ไม่แตกต่างจากสิ่งทดลองควบคุม (70.95 และ 4.09 กรัม/ต้น) แต่คะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่ Product 3 มีน้ำหนักสดของต้น (32.72 กรัม/ต้น) น้อยกว่าสิ่งทดลองควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (Figure 5 และ 6)

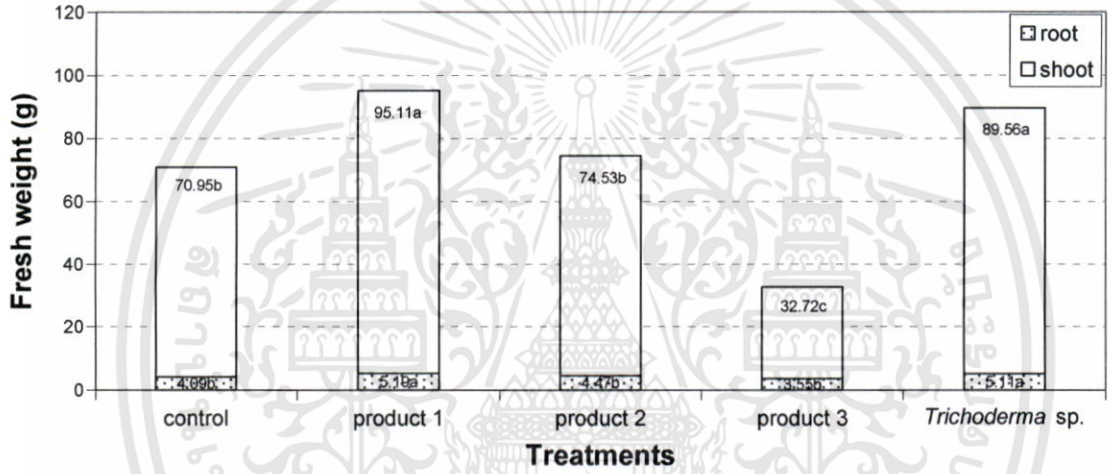


Figure 5 Effect of biocontrol agents added in DFT-nutrient solution on yield (shoot and root fresh weight) of kale.

ผลการทดลองข้างต้น แสดงให้เห็นว่าการใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์รูปแบบสปอร์น้ำ ไม่ว่าจะเป็นจากชีวผลิตภัณฑ์ (Product 1) หรือ *Trichoderma sp.* จากดินเกษตรกรรรม จะส่งเสริมการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบ DFT แต่การใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์แบบผง (Product 3) จะส่งผลเสียต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในระบบดังกล่าว น่าจะเป็นผลมาจากองค์ประกอบของชีวผลิตภัณฑ์แบบผง (Product 3) เมื่อใส่ในสารละลายธาตุอาหารจะมีลักษณะเป็นเมือกวุ้นเกาะที่รากพืช ทำให้ไม่สามารถดูดออกซิเจนและธาตุอาหารได้ดีเท่าที่ควร แสดงว่าชีวผลิตภัณฑ์รูปแบบดังกล่าวไม่เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ DFT แต่อาจใช้ได้ผลดีกับระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบอื่น ดังรายงานของ Ozbay *et al.* (2004) กล่าวว่า การใช้ *T. harzianum* รูปแบบผง (PlantShield™, 1 x 10^7 CFU/g) สามารถควบคุมโรครากเน่าโคนเน่าของมะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill., cultivar 'Caruso') ที่เกิดจาก *Fusarium oxysporum* f. sp. radicis-lycopersici ในระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดินแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Substrate Culture และเพิ่มผลผลิตมะเขือเทศที่ปลูกในวัสดุปลูกที่เป็นขุยมะพร้าว และ rockwool ได้ 37 และ 25 % ตามลำดับ

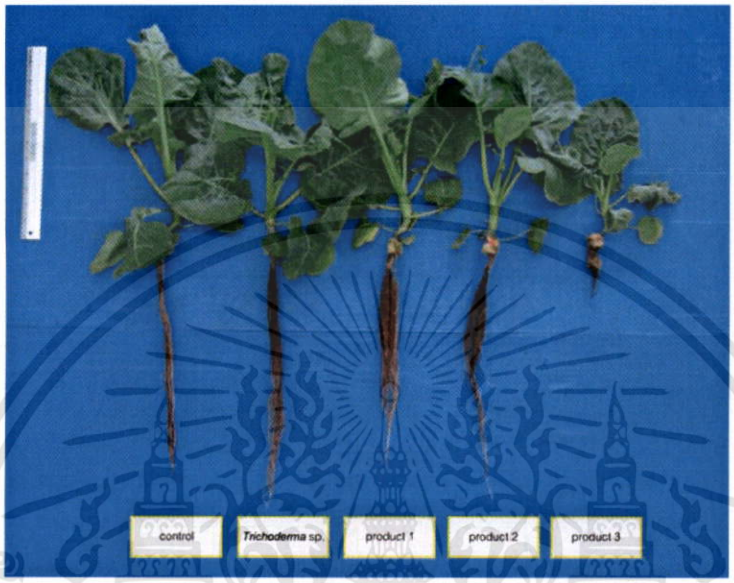


Figure 6 Kales grown in DFT-nutrient solution added with biocontrol agents.

สรุปผลการทดลอง

การศึกษาถึงรูปแบบชีวผลิตภัณฑ์ป้องกันกำจัดโรคพืช *T. harzianum* จำนวน 3 รูปแบบ ได้แก่ Product 1 (แบบสปอร์น้ำ) Product 2 (แบบหัวเชื้อ) และ Product 3 (แบบผง) เปรียบเทียบกับ *Trichoderma* sp. (แบบสปอร์น้ำ) ที่แยกจากดินเกษตรกรรม โดยใส่ในสารละลายธาตุอาหารที่ใช้ปลูกคะน้าเห็ดหอมในระบบ Deep Flow Technique (DFT) พบว่า จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ทุกชนิดนอกจากจะสามารถมีชีวิตอยู่รอดได้ในสารละลายธาตุอาหารตลอดการทดลอง (รวมระยะเวลาทั้งสิ้น 22 วัน) แล้วนั้น ยังสามารถเจริญเข้าครอบครองบริเวณรากพืชได้โดยพบในปริมาณมากกว่าที่ตรวจพบจากสารละลายธาตุอาหาร และจุลินทรีย์ปฏิปักษ์ที่อยู่รอดได้นั้น (แยกจากสารละลายธาตุอาหารในขณะที่พืชอายุ 21, 28, 35, 42 วัน และรากพืชในวันเก็บเกี่ยว) ยังคงศักยภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Pythium aphanidermatum* ในสภาพห้องปฏิบัติการได้สม่ำเสมอประมาณ 40% ส่วนผลกระทบของรูปแบบชีวผลิตภัณฑ์ต่อการเจริญเติบโตของพืช พบว่าคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ได้รับผลกระทบด้านลบในช่วงแรก (7 วันหลังใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์) แต่ต่อมาจะเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้น (14 วันหลังใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์) เนื่องจากพืชเริ่มปรับตัวอยู่ในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์ได้ ยกเว้น Product 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(แบบผง) ที่ส่งผลกระทบด้านลบตลอดการทดลอง จนกระทั่งวันเก็บเกี่ยว พบว่าคะน้าเห็ดหอมที่ปลูกในสารละลายธาตุอาหารที่ใส่จุลินทรีย์ปฏิปักษ์แบบสปอร์น้ำ ไม่ว่าจะเป็นจากชีวผลิตภัณฑ์ (Product 1) หรือ *Trichoderma sp.* จากดินเกษตรกรรรม มีน้ำหนักสดของต้นและรากมากที่สุด แต่ชีวผลิตภัณฑ์แบบผง (Product 3) ส่งผลเสียต่อน้ำหนักสดของต้นและราก

เอกสารอ้างอิง

จิระเดช แจ่มสว่าง และ ชูชาติ ตันอังสนากุล. 2538. ไตรโคเดอร์มา: เชื้อราควบคุมโรคพืช. *ใน* งานแสดงเกษตรและอุตสาหกรรมโลก: หนังสือที่ระลึกเนื่องในโอกาสงานแสดงเกษตรและอุตสาหกรรมโลก ในส่วนของอาหารเพื่อมวลมนุษย์. อักษรสยามการพิมพ์, กรุงเทพฯ.

จิระเดช แจ่มสว่าง กนกนาฏ เรืองวิเศษ อำไพวรรณ ภราดร์นุวัฒน์ ชวลิต ยังประยูร จักนีย์ ชุ่มจิตต์ และ สุขวัฒน์ จันทรปรรณิก. 2540. ศักยภาพของเชื้อรา *Trichoderma harzianum* ในการลดปริมาณเชื้อรา *Phytophthora palmivora* และเพิ่มความอุดมสมบูรณ์ของทุเรียนที่เป็นโรครากเน่า. หน้า 315. *ใน* รายงานการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 35 สาขาพืช (บทคัดย่อ). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พรหมมาศ คูหากาญจน์ ศุภชัย รตโนภาส และณนิมนันต์ เจนอักษร. 2539. การแพร่กระจายของเชื้อราบางชนิดในสารละลายหมุนเวียนของระบบปลูกพืชโดยไม่ใช้ดิน. *วารสารเกษตรพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง* 14(2): 26-37.

มานะ กาญจนมณีเสถียร อนงค์ หนูด้วง และสากล สุวลักษณ์. 2543. การคัดเลือกสายพันธุ์และการศึกษาเพื่อจำแนกเชื้อราปฏิปักษ์ *Trichoderma* spp. ที่มีศักยภาพในการควบคุมเชื้อราสาเหตุโรคพืชที่สำคัญ. *วารสารวิชาการเกษตร* 18(1): 4-15.

วิเชียร ตีทอง เกษม สร้อยทอง และสมเดช กนกเมธากุล. 2543. การควบคุมโรครากเน่าโคนเน่าของส้มโชกุน *(Citrus reticulate* Blanco c.v. Shogun) โดยวิธีแบบผสมผสาน. *วารสารวิจัยและส่งเสริมวิชาการเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้* 17(2): 31-42.

Benoit, F. 1992. Practical guide for simple soilless culture techniques. European Vegetable R&D Center.

Chamber, S.M. and E.S. Scot. 1995. *In vitro* antagonism of *Phytophthora cinnamomi* and *P. citricola* by isolates of *Trichoderma* spp. and *Gliocladium virens*. *Phytopathology* 143(8): 471-477.

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Di-Pietro, A.D., R.M. Gut, J.P. Pachlatko, F.J. Schwinn and P.A. Di. 1992. Role of antibitics produced by *Chaetomium globosum* in biocontrol of *Pythium ultimum*, a causal agent of damping-off. *Phytopathology* 82(2): 131-135.

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.

Jenkins, S.F. and C.W. Averre. 1983. Root disease of vegetables in hydroponic culture system in North Carolina greenhouse. *Plant Disease* 67(9): 968-970.

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

Moulin, F., P. Lemanceau and C. Alabourette. 1994. Pathogenicity of *Pythium* species on cucumber in peat-sand, rockwool and hydroponics. *European Journal of Plant Pathology* 100(1): 3-17.

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.

Roiger, D.J. and S.N. Jeffers. 1991. Evaluation of *Trichoderma* spp. for biological control of *Phytophthora* crown and root rot of apple seeding. *Phytopathology* 81(8): 910-917.

Rubatzky, V.E. and M. Yamaguchi. 1997. World vegetables: principles, Production, and nutritive values. 2nd ed. Chapman&Hall, New York.

Srinon, W. and K. Soytong. 2004. Effects of antagonistic fungi on population dynamic of plant pathogen in soil and plant residues of grap in the field. 2:215-220 *In* Proceedings of the 1st KMITL International Conference on Integration of Science&Technology for Sustainable Development. King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok.

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

Stanghellini, M.E., D.H. Kim, J. Rakocy, K. Gloger and H. Klinton. 1998. First report of root rot of hydroponically grown lettuce caused by *Pythium myriotylum* in a commercial Production facility. *Plant Disease* 82(7): 831.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9th International Congress of Plant Pathology (ICPP 2008)
Healthy and safe food for everybody

August 24-29, 2008
Torino, Italy

Dr. T. Jaenaksorn and H. Rachniyom
Faculty of Agricultural Technology, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand
Email: kjtanimn@kmitl.ac.th

OFFERED PAPER:
Effectiveness of soluble silicon and biological control agents for management of Pythium root rot of hydroponically-grown kale (Brassica oleracea L. var. acephala DC.)

Torino, February 13, 2008

We are pleased to inform you that your offered paper has been accepted and included among posters presentation of the 9th International Congress of Plant Pathology that will be held in Turin on August 24-29, 2008.

Poster papers have equal status as of invited oral presentations. Abstract of papers will be printed and available to all delegates at the Congress.

We ask you to kindly comply with the following general rules concerning the presentation.

- A display panel will be allocated to each poster. Posters will be A0 paper size (840 mm by 1,188 mm, **portrait format only**). The organiser will supply the material needed to attach the posters to the panel.
- Posters must be legible from a distance of at least 2 metres. Headings and subtitles should have the smallest letters in 80-point font (lowercase 12 mm, capitals 17 mm) in the text the smaller letters should be at least 36-point font (lowercase 7mm, capitals 9 mm) with a line thickness of 1 mm.
- Each poster will have a single, easy to follow message, be readable in few minutes, eye-catching, have logical layout, and include a photograph of the presenting authors for identification, along with authors' names and addresses. Use colour pictures, graphs and diagrams in preference to tables.
- Avoid excessive details and keep the number of words to a minimum. Use only key phrases or points. Authors will be beside posters for detailed discussion at certain times.

Posters will stay in place from Sunday, August 24 to Wednesday, August 27, with special time allocated for poster viewing. **All news and updating regarding this issue will be available on the web site** www.icpp2008.org

We look forward to meeting you in Torino.

Yours sincerely

Maria Lodovica Gullino
Professor, University of Torino
Chairperson ICPP 2008

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Dear Professor Jaenaksorn,
Please read the message below from Professor Gullino.
Sincerely
Laura Castellani

Invitation for a short oral presentation at ICPP 2008

Dear Professor Jaenaksorn,

the Scientific Committee of the 9th International Congress of Plant Pathology (ICPP 2008) decided to add to the invited lectures of the Concurrent Sessions also a few short (5 minutes) presentations of offered papers. In this way, more people will have an opportunity to present the results of their research. Such presentation will be given during the Concurrent Session, after the invited lectures, during the time devoted to Poster Discussion.
With the help of the Session Organisers, you paper entitled "Effectiveness of soluble silicon and biological control agents for management of Pythium root rot of hydroponically-grown kale *(Brassica oleracea L.* var. acephala DC.)" has been selected for a short oral presentation at Session: Diseases of soilless crops.

On the web site (www.icpp2008.org) you can find the tentative final circular, with the session schedule.
I'm kindly asking you to indicate **to Dr. Laura Castellani (laura.castellani@unito.it)** if you will accept this invitation **by April 20, 2008**.
For your presentation, please prepare a maximum of 8 power point slides, of good quality. Slides must be delivered to the persons who will be in charge of the presentations much in advance. For further assistance, please contact the Scientific Secretariat.
Please notice that you will not receive any reminder. If you will not answer, the abstract ranked after yours will be automatically chosen and the opportunity of having a short oral presentation will be offered to another participant.

Thanking very much for your cooperation, I send you my best wishes.

M. Lodovica Gullino
Vice-President International Society for Plant Pathology
Chairperson 9th International Congress of Plant Pathology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวหทัยรัตน์ ราชนิยม เกิดเมื่อวันที่ 30 เมษายน 2524 จังหวัดจันทบุรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วท.บ (ศึกษาศาสตร์-เกษตร) คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ปีการศึกษา 2545 ในระหว่างการศึกษาระดับปริญญาตรี ผ่านการฝึกงานด้านเกษตรที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงห้วยลึก อำเภอเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่ และผ่านการฝึกสอนที่โรงเรียนชลราษฎรอำรุง อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี จำนวน 1 ภาคการศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้